



REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE AERÓDROMOS

DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE
PEQUEÑOS AERÓDROMOS
REGIÓN DE AYSÉN

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
AERÓDROMO PUERTO RAÚL MARÍN BALMACEDA

SCMA-PR-GE-MS-DI-001-REV0

Rev. N°	Fecha	Emitido para	Preparó	Revisó	Jefe Disciplina	AMEC-CADE	MOP-DAP
						APROBÓ	
0	23/11/13	APROBADO	MS	HAJ	.	HAJ	VR
B	13/04/13	REVISIÓN	MS	HAJ	.	HAJ	VR
AMEC-Cade 			N° AMEC-CADE				
			SCMA-PR-GE-MS-DI-001				
			N° DAP - MOP				
			DAP. TR. XI. N° 0004				
PROYECTO N° W40090							

ÍNDICE		
ITEM	CONTENIDO	PAGINA
1.	INTRODUCCIÓN	6
1.1	Objetivos Generales	6
1.2	Objetivo Específico	6
1.3	Alcance	7
1.4	Documentación de Referencia	8
1.5	Resumen Ejecutivo	10
2.	EMPLAZAMIENTO DEL AERÓDROMO	11
3.	ANTECEDENTES GEOTECNICOS	15
3.1	Descripción de trabajos de Terreno	15
3.2	Descripción de trabajos In Situ	15
3.3	Ensayes de Laboratorio y de terreno	17
3.4	Estratigrafía y espesor pavimento pista	17
3.5	Estratigrafía del Subsuelo natural (subrasante)	19
3.6	Pavimento Existente	22
3.7	Empréstitos	22
3.7.1	Localización del Proyecto y vías de acceso.	24
4.	MARCO GEOLÓGICO	25
4.1	Marco Geológico Regional	25
4.2	Marco Tectónico Regional	29
4.3	BASAMENTO ROCOSO (Devónico–Cretácico)	31
4.3.1	Complejo Metamórfico Andino Oriental CMAO) Indiferenciado (Ordovícico – Carbonífero superior) (Hervé, 1993) OCcm	31
4.3.2	Rocas Intrusivas (Cretácico Inferior-Jurásico Superior)	32
4.3.3	Plutón Los Patos Kglp (Cretácico Inferior(?))	32
4.3.4	Relleno No Consolidado (Pleistoceno-Holoceno) (Suelos Naturales Detectados En Nuestra Prospeccion)	32
4.4	ESTRUCTURAS LOCALES DESTACADAS	34
4.4.1	Sector Fiordo Mitchel	34
4.4.2	Zona de Falla Caiquenes (ZFC)	35
4.4.3	Zona de Falla Balboa (ZFB)	36
4.4.4	Macizo Lago Verde	36
4.4.5	Fallas Steele	36
4.5	SISMICIDAD REGIONAL Y LOCAL	36
4.6	Geología Sector aeródromo Raúl Marín Balmaceda	41

4.7	Modelo Estratigráfico	41
5.	PROPIEDADES INDICE	45
5.1	Ubicación de Los Suelos Finos Presentes en la Carta de Plasticidad	45
5.2	Granulometría.....	46
5.3	Pesos Unitarios.....	48
5.4	Propiedades Mecánicas para Cargas Estáticas	48
5.5	Módulos de Deformación para Suelos Arenosos (U-2)	49
6.	BASES DE DISEÑO	50
6.1	Tipo y Profundidad De Fundación	50
6.2	Tensiones de contacto admisibles para eventuales estructuras.....	50
6.3	Constantes de Balasto para fundaciones de estructuras	50
6.4	Parametros de diseño de Pistas Aeródromo (CBR,Mr)	53
6.4.1	Relaciones entre el modulo de reacción de la subrasante (K), obtenido por Pruebas de Carga, el CBR y el Módulo Dinámico.	53
6.4.2	Consideraciones necesarias	54
6.4.3	Cálculo.....	54
6.5	Tabla de resumen parámetros de diseño	54
6.6	Sectorización de valores obtenidos en la región	56
7.	CLASIFICACIÓN SISMICA DEL SUBSUELO	60
7.1	GENERALIDADES	60
7.2	ACELERACIÓN MÁXIMA HORIZONTAL MEDIDA EN LA REGIÓN	62
7.3	CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE FUNDACION (U-2), NCH 433 OF.96, REV. 2009; DECRETO Nº 61, 2 DE NOVIEMBRE 2010.....	63
8	SECUENCIA GENERAL DE EXCAVACIONES Y NORMAS DE SEGURIDAD	66
8.1	Rellenos En Zona De Excavaciones	66
8.2	Rellenos.....	66
8.3	Taludes.....	67
9.	RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS GENERALES	67
9.1	Rellenos Estructurales	67
9.1.1	Recomendación MSA	67
9.2	Rellenos No Estructurales.....	71
9.3	Retiro de material inadecuado:	71
9.4	Método de excavación.	71
10	TRATAMIENTO DEL SELLO.....	72
11	CONSERVACIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA.....	72
12	LIMITACIONES DE ESTE ESTUDIO.....	72

13	SITUACIONES IMPREVISTAS Y RECEPCIÓN DE SELLOS.....	72
14	CONCLUSIONES	73
15	ANEXOS.....	74

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	PLANTA DE UBICACIÓN DE AERÓDROMO PUERTO RAÚL MARÍN BALMACEDA	12
Ilustración 2	PLANTA DE UBICACIÓN DE PROYECTO DE DIAGNÓSTICO	13
Ilustración 3	PLANTA DE UBICACIÓN DE PROYECTO DE DIAGNÓSTICO	14
Ilustración 4	UBICACIÓN EN PLANTA DE CALICATAS.....	16
Ilustración 5	SECCIÓN TRANSVERSAL EN SECTOR CERCANO A PISTA.....	18
Ilustración 6	SECCIÓN TRANSVERSAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	18
Ilustración 7	PARED CALICATA TIPO.....	20
Ilustración 8	ESTRATIGRAFÍA ESQUEMÁTICA.....	20
Ilustración 9	PERFIL ESTRATIGRÁFICO ESQUEMÁTICO	21
Ilustración 10	UBICACIÓN DE EMPRÉSTITOS	23
Ilustración 11	DOMINIOS MORFOTECTÓNICOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO Y SU RELACIÓN CON LAS DIVISIONES FISIográfICAS DE LA MISMA.....	26
Ilustración 12	MARCO TECTÓNICO DE LOS ANDES DEL SUR Y PATAGÓNICOS	27
Ilustración 13	ENTORNO REGIONAL DE LA ZONA DEL PUNTO TRIPLE DE TAITAO.....	28
Ilustración 14	ESQUEMA ESTRUCTURAL SIMPLIFICADO EN EL ENTORNO DEL FIORDO MITCHEL.....	35
Ilustración 15	PROYECCIONES DE SIETE SISMOS EN LA REGIÓN	38
Ilustración 16	REGISTRO DE SISMOS DE PROFUNDIDAD FOCAL MENOR QUE 30KM.	40
Ilustración 17	MAPA DE EPICENTROS.....	40
Ilustración 18	PLANTA GEOLOGICA DEL SECTOR EN ESTUDIO	41
Ilustración 19	UNIDADES GEOLOGICAS PRESENTES.....	41
Ilustración 20	PERFIL ESTRATIGRÁFICO MODELO	42
Ilustración 21	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA REGIONAL	43
Ilustración 22	UBICACIÓN DE FRACCIONES MAS FINAS EN CARTA DE PLASTICIDAD	45
Ilustración 23	CURVAS GRANULOMÉTRICAS Y BANDAS RECOMENDADAS POR DAP	47
Ilustración 24	MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE EN FUNCION DEL CBR (Ref.1.4.7)	53
Ilustración 25	CLASIFICACIÓN USCS, MODULOS DE REACCION(k) (pci), RESILIENTE (psi) y CBR (%) EN EL ENTORNO DE INTERÉS.	56
Ilustración 26	SECTORIZACIÓN SEGÚN CLASIFICACIÓN USCS, MODULOS DE REACCION(k), RESILIENTE y CBR.....	57
Ilustración 27	k Y MR EN FUNCIÓN DE CBR EN AERODROMOS XI REGIÓN Y EN RAÚL MARÍN BALMACEDA.....	58
Ilustración 29	REGISTRO DE ACELERACIONES F/27 2010	61
Ilustración 30	REGISTRO DE ACELERACIONES F/27 2010	61
Ilustración 31	ZONAS SÍSMICAS NCH 433 REGIÓN EN ESTUDIO	64
Ilustración 32	BANDAS GRANULOMÉTRICAS RECOMENDADAS PARA BASE Y SUBBASE TAMAÑO MÁX.2"	70

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 PLANILLA DE COORDENADAS DE CALICATAS	17
TABLA 2 CBR DE LA SUBRASANTE (ADVISORY CIRCULAR)	19
TABLA 3 CARACTERISTICAS DE HIPOCENTROS ENTORNO FIORDO MITCHEL	38
TABLA 4 UNIDADES GEOLOGICAS DE NORTE A SUR Y DE ESTE A OESTE	44
TABLA 5 RESUMEN PROPIEDADES INDICE	48
TABLA 6 MODULO DE ELASTICIDAD SUELO NATURAL, BALASTOS PARA FUNDACIONES EVENTUALES	52
TABLA 7 DETERMINACION DE MODULO DE RESILIENTE Y MODULO DE REACCION A PARTIR DEL CBR	54
TABLA 8 COMPARACION CON VALORES REFERENCIALES ADVISORY CIRCULAR 150/5320-6E	55
TABLA 9 COMPARACION ENTRE VALORES REFERENCIALES FAA Y LOS OBTENIDOS EN LABORATORIO Y/O RECOMENDADOS	55
TABLA 10 VALORES OBTENIDOS CON MODELOS, ANALISIS Y/O ENSAYES	59
TABLA 11 ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS FEBRERO 27 DE 2010	62
TABLA 12 VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN SUELOS FINOS U-2	62
TABLA 13 CLASIFICACION SÍSMICA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN	63
TABLA 14 PARAMETROS DEPENDIENTES DEL SUELO PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS	65
TABLA 15 PARAMETROS DEPENDIENTES DEL SUELO SEGÚN TIPO DE SUELO	65
TABLA 16 TENDIDOS DE TALUDES	67
TABLA 17 RECOMENDACIÓN TMAX 2"	67
TABLA 18 RECOMENDACIÓN DAP TMAX 2", 1 ½", 1"	68
TABLA 19 RECOMENDACIÓN TMAX 2"	68
TABLA 20 RECOMENDACIÓN TM 50b, MANUAL DE CARRETERAS	68

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos Generales

La red de pequeños aeródromos cumple con un rol fundamental en conectividad territorial, apoyo social, en el desarrollo económico regional y en la soberanía del país. Dado que las necesidades iniciales de conectividad terrestre han cambiado en el tiempo, se ha evidenciado la necesidad de revisar su rol inicial y determinar los nuevos roles que están cumpliendo de acuerdo al desarrollo actual de la región, para lo cual es necesario actualizar el estado y condiciones de operatividad de la infraestructura asociada a dicha red.

Por lo anterior es necesario contar con un catastro actualizado completo de las características físicas de cada aeródromo, la documentación legal actualizada que lo constituye como bien público, entre otros que permita ejecutar un plan de mantenimiento que sea sostenible en el tiempo, y bajo una metodología programar las inversiones de la Región a futuro.

Es así como la Dirección de Aeródromos del Ministerio de Obras Públicas (DAP), Región de Aysén, dispuso la contratación del Estudio Básico denominado “Diagnóstico de los Pequeños Aeródromos, Región de Aysén”, el cual permitirá detectar las necesidades de obras de normalización, y/o mejoramiento y de conservación de cada aeródromo, considerando un horizonte de 10 años

1.2 Objetivo Específico

El presente estudio tiene por objetivo la caracterización geotécnica del subsuelo de emplazamiento de la pista del Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda, a partir del desarrollo de un análisis de diagnóstico de la subrasante existente. Ello se realizó a partir de observaciones de terreno, de prospecciones con calicatas, y de antecedentes proporcionados por la DAP.

El diagnóstico se realizó contrastando las disposiciones establecidas en el documento de la referencia 1.4.5 del acápite 1.4 del presente documento: “**Advisory Circular 150/5320-6E “Airport Pavement Design and evaluation” de la U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration**”, y el software provisto por la página de la “FAA Office of Airport Safety and Standards” que proporciona un programa computacional actualizado para el diseño de pavimentos de aeródromos. Lo anterior para verificar la capacidad estructural del pavimento existente.

Se entregan a su vez bases de diseño para el cálculo estructural de la pista y eventuales estructuras anexas que se requieran para la operación a partir de la caracterización del subsuelo natural.

El grado de compacidad del terreno se determinó en base a mediciones insitu y ensayos de laboratorio según se detalla más adelante en este documento siendo la densidades in situ mayor a 80% de la Densidad Relativa para suelos granulares limpios.

1.3 Alcance

Se entrega a partir de prospecciones en calicatas adyacentes a la pista la caracterización de la subrasante (suelo natural) a partir de ensayos de laboratorio y análisis de gabinete.

Se determinó la estratigrafía del relleno y la del suelo natural, así como también la capacidad de absorción, propiedades mecánicas estáticas y dinámicas (sísmicas); lo anterior con el objeto de estimar la magnitud de asentamientos diferenciales, bases de diseño de la pista de aterrizaje junto con la condición de apoyo y recomendaciones constructivas.

El acápite siguiente presenta antecedentes bibliográficos complementarios utilizados para desarrollar el presente documento. En el **Capítulo 2** se presenta la planta de ubicación del Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda y de todos aquellos que forman parte del presente Proyecto que se desarrolla en la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.

El **Capítulo 3** entrega los Antecedentes Geotécnicos utilizados tales como trabajos de prospección, perfil estratigráfico del subsuelo obtenido a partir de la observación directa de las calicatas y de ensayos de laboratorio considerados. Se refiere a su vez a empréstitos disponibles en el sector.

El **Capítulo 4** presenta el marco geológico de la zona de interés con el objetivo descartar eventuales zonas de riesgo geológico y de identificar y caracterizar la zona de emplazamiento.

En el **Capítulo 5** se entregan las propiedades índice del subsuelo¹ natural, las propiedades mecánicas para solicitaciones estáticas y sísmicas respectivamente².

El **Capítulo 6** se proporcionan las bases de diseño de la pista y de fundaciones para eventuales estructuras que pudieran requerirse para futuras obras de mejoramiento de infraestructura en el recinto del aeródromo.

En el **Capítulo 7** se entrega la clasificación sísmica del subsuelo según NCh 433 Of.96 Rev.2009, y Decreto Supremo DSN°61 , 2 de Noviembre 2011, post sismo del Maule Febrero 27, 2010.

El **Capítulo 8** se refiere a la secuencia general de excavaciones y normas de seguridad.

El **Capítulo 9 y 10** consideran recomendaciones constructivas.

Los **Capítulos 11 y 12** se refieren a puntos referenciales y limitaciones del estudio. El Capítulo 13 advierte respecto de situaciones imprevistas y recepción final de sellos.

¹ Las propiedades han sido estimadas considerando las observaciones de terreno y complementadas con la experiencia de esta consultora.

² Se han estimado considerando suelos homólogos de la XI y XII Regiones, que han sido ensayados con motivo de proyectos varios desarrollados por esta oficina.

El **Capítulo 14** es de Conclusiones.

El **Capítulo 15** es de Anexos:

Anexo A Estratigrafía de calicatas de prospección

Anexo B Certificación de Laboratorio.

Anexo C Album Fotográfico

Anexo D Documentos Antecedentes recopilados en la DAP.

1.4 Documentación de Referencia

Para el desarrollo del estudio se dispuso de la siguiente información y antecedentes bibliográficos:

- 1.4.1 Exploración geotécnica en base a tres calicatas de 1,5 m de profundidad cada una.
- 1.4.2 Plano de ubicación del Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda proporcionado por la oficina AMEC-Cade.
- 1.4.3 Antecedentes de control llevado a cabo por DAP Regional en el Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda los que junto con aquellos efectuados en otros aeródromos permitieron elaborar el cuadro “Caracterización de pista existente” que se entrega en el acápite 1.5, “Resumen Ejecutivo”.
- 1.4.4 Antecedentes disponibles en MSA Geoconsultores relativos a la geotécnica del sector de implantación del Proyecto³.
Entre estos destacan:
 - 1.4.5 Proyecto Carretera Austral, Proyectos de abastecimiento de Agua Potable Rural y Proyecto HidroAysén, el cual aunque no está en la zona exactamente proporcionó abundante y completa información respecto de Geología, Hidrogeología y Geotecnia de la Región
 - 1.4.6 Advisory Circular 150/5320-6E “Airport Pavement Design and evaluation” de la U.S.Department of Transportation.Federal Aviation Administration⁴.
 - 1.4.7 Nch 433 Of.1999 y Decreto Supremo DS 61, Noviembre de 2010 post sismo Maule 2010.
 - 1.4.8 Manual de Carreteras Volumen 5, Especificaciones Técnicas Generales de Construcción,Marzo 2008.
 - 1.4.9 Ensayos de placa de carga efectuados en la pista de Aeródromo AMB. *Petrus Ingenieros Ltda.* desarrollados por Ingenieros de esta oficina ⁵
 - 1.4.10 Informes Geotécnicos varios de obras emplazadas en terrenos homologados al suelo de apoyo de la pista del Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda entre los que destacan:
 - Estudios Geotécnicos para METRO S.A (Lineas 1, 2, 3, 4, 4A,5, 6)

³ Estos antecedentes se utilizaron en todos los aeródromos ya que formaron parte de la base de datos para obtención de promedios.

⁴ Este documento y sus distintos acápites constituyen el referente para verificación y calificación de pista existente. El alcance del Estudio de Mecánica de Suelos no es el diseño de eventuales nuevas pistas.

⁵ A partir de estos ensayos se determinan las propiedades resistentes del suelo, el que por cierto difiere del suelo del sector , en AMB hay pumicita que es una arena limosa NP, de origen volcánico.

- Estudios Geotécnicos Autopistas Urbanas y Autopista 5 Sur, Sector paralelo al trazado de línea EFE.
 - Estudios Geotécnicos Subterráneos
- 1.4.11 “Intensidades sísmicas en el área de daños del terremoto del 27 de febrero de 2010, Maximiliano Astroza I., Francisco Cabezas M., María Ofelia Moroni, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 2010⁶.
- 1.4.12 Estudios geotécnicos varios desarrollados con motivo de Proyecto Hidroaysén (Ingeroc), entre los que destaca el Estudio Geológico, geomorfológico y de peligros geológicos sector fiordo Mitchell
- 1.4.13 Caracterización Hidrogeológica de la XI Región.
Publicacion República de Chile Ministerio de Obras Publicas Dirección General de Aguas Mapa Hidrogeológico de Chile, escala 1: 2.500.000, texto explicativo
Contribución del Comité Chileno para el Programa Hidrológico. ⁷
- 1.4.14 Mapa Geológico de Chile, Escala 1:1.000.000, perteneciente a la Serie Carta Geológica de Chile de SERNAGEOMIN (2002), que cubre completamente el área de estudio. Versión Digital.Servicio Nacional de Geología y Minería⁸
- 1.4.15 Bibliografía utilizada para Estudios de Ingeniería asociados a proyectos Hidroaysén
- 1.4.15.1 Yoshida, K. (1981) Informe geológico a e Yoshida, K. (1980)
- 1.4.15.2 Heressman, A. (1978), Estudio Zócalo Patagónico y cuerpos intrusivos en el área comprendida entre los ríos Baker y de Los Ñadis, Lago O'Higgins y Puerto Brown a escala 1:250.000.
- 1.4.15.3 Lacassie, J.P. (2001) Estudio a escala 1:370.000 para determinar la proveniencia sedimentaria y el régimen tectónico depositacional de las metaturbiditas del Complejo Metamórfico Andino Oriental y caracterización de rasgos micro y macro-estructurales
- 1.4.15.4 De La Cruz et al. (2004, presentan parte de los resultados de un extenso estudio geológico de la región oriental de Aysén (Proyecto Aysén), entre las latitudes 44° y 49°S y entre la frontera internacional y la longitud 73°W.
- 1.4.15.5 Geología Preliminar, Compilada y Fotointerpretada de Río Pascua y Puertos, Escala 1:50.000 (2006) Geología del Vaso Río Baker, escala 1:10.00-1:25.000 (2006)
- 1.4.16 Descripción de 2 yacimientos de áridos, Sector Río Pascua (2006)
- 1.4.17 Descripción de 3 yacimientos de áridos, Sector Río Baker (2006)
- 1.4.18 Informe Geológico Consolidado – Proyecto hidroeléctrico Aysén (2009)

⁶ Este documento se usó como referencia general, en el se analiza el Sismo del Maule y sus intensidades. Ello permitió luego de un análisis cualitativo y comparativo comparar los comportamientos de un mismo suelo (homologados) con aquellos ubicados en otra zona sísmica que presentan las mismas propiedades.

⁷ Se Revisó XI Región.

⁸ GOBIERNO DE CHILE, SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA, Subdirección Nacional de Geología, MAPA GEOLOGICO DE CHILE: VERSION DIGITAL PUBLICACION GEOLOGICA DIGITAL, No. 4, 2003

1.5 Resumen Ejecutivo

Se requiere caracterizar la subrasante de la pista existente presentes en el sector de emplazamiento del Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda según lo exige “Advisory Circular 150/5320-6E Airport Pavement Design and evaluation” U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration y toda la normativa chilena referente a Mecánica de Suelos, Metodologías, Ensayos y Prospecciones para la posterior verificación de la pista.

La determinación de los parámetros se logró a partir de la campaña de terreno, ensayos de laboratorio, análisis de gabinete . Este análisis deberá sustentar usando recomendaciones entregadas por el programa FAARFIELD (entre otros), tal verificación.

El presente documento consideró para su desarrollado los antecedentes complementarios indicados en el **Capítulo 2**, la prospección de terreno con calicatas (**Capítulo 3**) y análisis del Marco Geológico (**Capítulo 4**) del sector de interés, entregándose:

- Ubicación y características de las prospecciones para rasante (Capítulo 3).
- Caracterización rasante existente, Perfil estratigráfico (Ilustración 11, Capítulo 4).
- Disponibilidad de material seleccionado para rasante (Capítulo 3, Acápito 3.7)
- Límites Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad
Se determina con método Mecánico y Tipo de acanalador ASTM (Anexo B, Certificación de Laboratorio) (Capítulo 5, acápite 5.1, y Anexo B)
- Peso Unitario (Capítulo 5, acápite 5.3)⁹
- Humedad Natural .((Capítulo 5 y Anexo B)
- Densidad in situ :para establecer la relación : humedad densidad (Anexo B)
- Clasificación USCS (Unified System Clasification Soil), en Capítulos 3, 5 y Anexo B:
- Granulometría (Capítulo 5, Acápito 5.2)
- CBR:California Bearing Ratio : establece relación entre el valor del CBR y la densidad seca (Capítulo 6, acápite 6.4)
- Módulo de reacción de la subrasante (k)para pavimentos (Capítulo 6, acápite 6.4)
- Álbum fotográfico (Anexo C, Capítulo 15).

⁹ Este parámetro se entrega cuando fue posible obtener muestra inalterada y ensayarla

RESULTADOS.

CARACTERIZACION PISTA MAICILLO EXISTENTE¹⁰:

Se obtienen los siguientes parámetros

- Peso Unitario Seco : 2,00 t/m³
- Peso Unitario total: 2,25 t/m³
- Humedad Natural :15%
- Estratigrafía del material se entrega en acápite 3.5 del Capítulo 3.
- Límites de plasticidad de suelos finos (matriz): NP
Se determina con método Mecánico y Tipo de acanalador ASTM.
- Clasificación USCS (Unified System Clasification Soil): GP
- CBR: > **80%**
- Grado de Compacidad (> 80% DR)
- Banda Granulométrica corresponde a subrasante pavimento flexible.
- Módulo de reacción de capas granulares base y subbase (k): **92,7 MPa/m**
- Módulo Resiliente **143,49 Mpa**

PARAMETROS DE DISEÑO - PROPIEDADES SUELO NATURAL¹¹¹²:

Se adoptan los siguientes parámetros

- Peso Unitario Seco : 1,390 t/m³
- Peso Unitario total: 1,700 t/m³
- Humedad Natural 22 %
- Estratigrafía del suelo natural se entrega en acápites 3.5 del Capítulo 3 y 4.7 del Capítulo 4.
- Granulometría del suelo se entrega en Capítulo 5, acápite 5.2
- Clasificación USCS (Unified System Clasification Soil): **SP**
- CBR:17%
- Módulo de reacción de la subrasante (k) para pavimentos:
75,6 Mpa/m = 279,01 (relación Manual de Carreteras);
213,7pci = 57,91 Mpa/m (relación FAA)
- Módulo Resiliente para pavimentos: **104,99 MPa = 15227,20 psi**

2. EMPLAZAMIENTO DEL AERÓDROMO

El aeródromo se ubica en la XI Región, según se muestra en las Ilustraciones 1, 2 Y 3.

¹⁰Valores medios estimados considerando las observaciones de terreno, antecedentes entregados mandante y supuestos

¹¹ Se resumen en Tabla 3, Capítulo 5, Acápite 5.3.

¹² Datos por ensayos de terreno y laboratorio

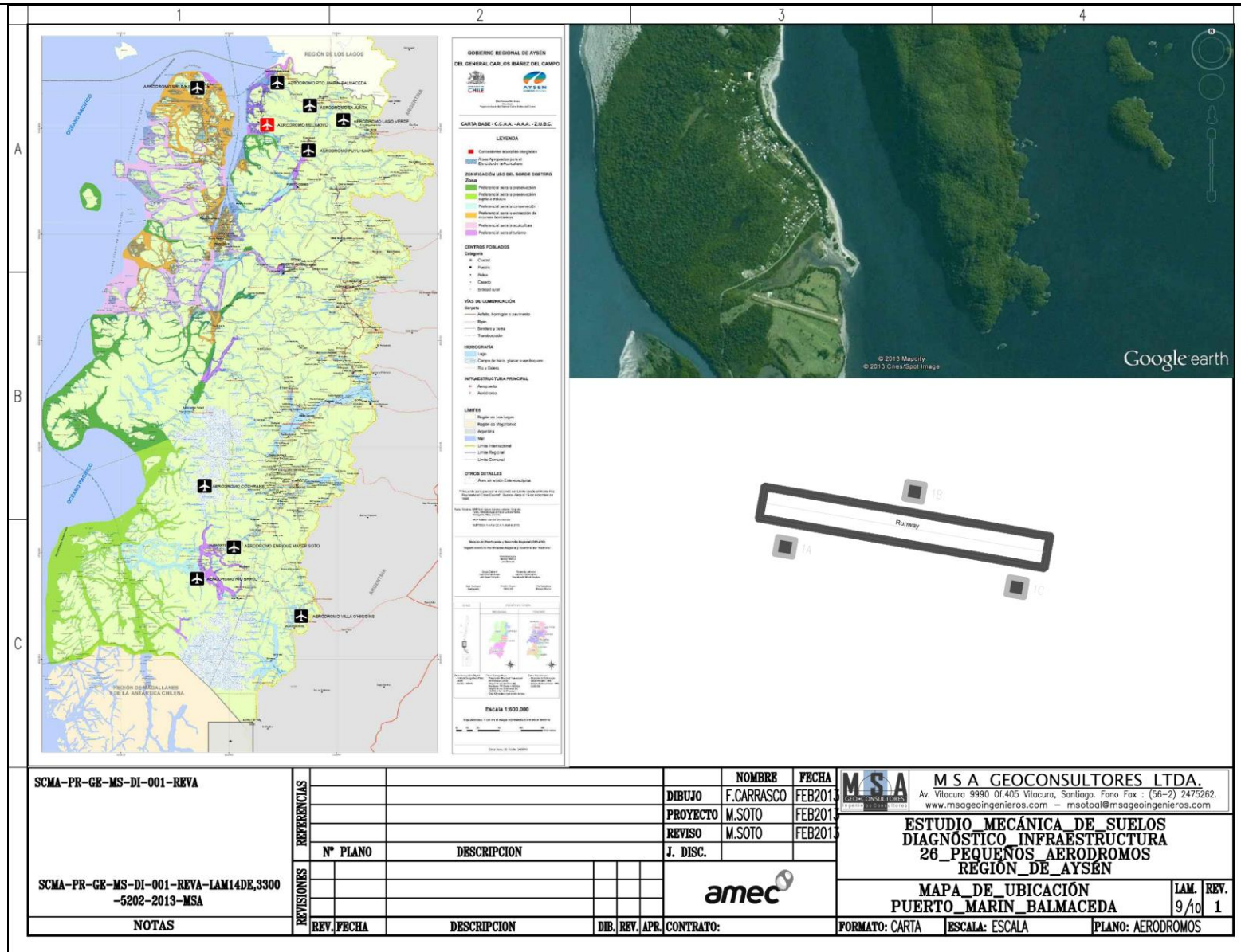
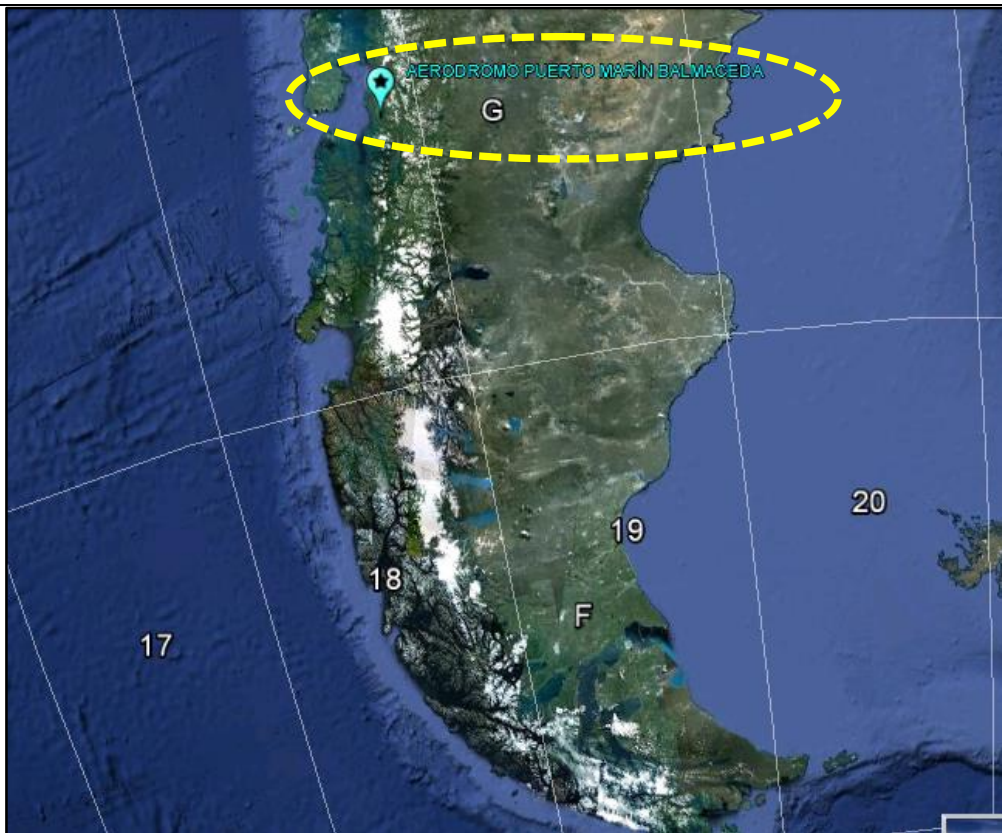


Ilustración 1 PLANTA DE UBICACIÓN DE AERÓDROMO PUERTO RAÚL MARÍN BALMACEA

AMEC-Cade José Domingo Cañas 2640 Teléfono (562) 640 6600 FAX (562) 274 5315 Santiago CHILE



**Ilustración 3 PLANTA DE UBICACIÓN DE PROYECTO DE DIAGNÓSTICO
Y EVALUACIÓN DE 26 PEQUEÑOS AERÓDROMOS**

3. ANTECEDENTES GEOTECNICOS

3.1 Descripción de trabajos de Terreno

La campaña de terreno consistió en los trabajos de prospección de suelos y levantamientos topográficos necesarios para desarrollar el proyecto. Para este efecto, se trabajó con dos equipos en paralelo.

La campaña geotécnica la desarrolló un equipo de trabajo compuesto por:

- Un Ingeniero Civil.
- Un laboratorista y
- Dos ayudantes

Los trabajos de terreno fueron liderados por el Ingeniero Civil quien supervisó los trabajos, y veló por la completitud y la calidad de los mismos, liderando el trabajo de investigación desarrollado.

3.2 Descripción de trabajos In Situ

Se diseñó una campaña de prospección con pozos excavados manualmente. Las calicatas se distribuyeron uniformemente en el terreno de emplazamiento de la pista. Se programaron 3 calicatas de 1,50 ml cada una en cada uno de los aerodromos.

La ubicación precisa de las calicatas se entrega en la siguiente ilustración. En ella las calicatas se ubican en un óvalo rojo.

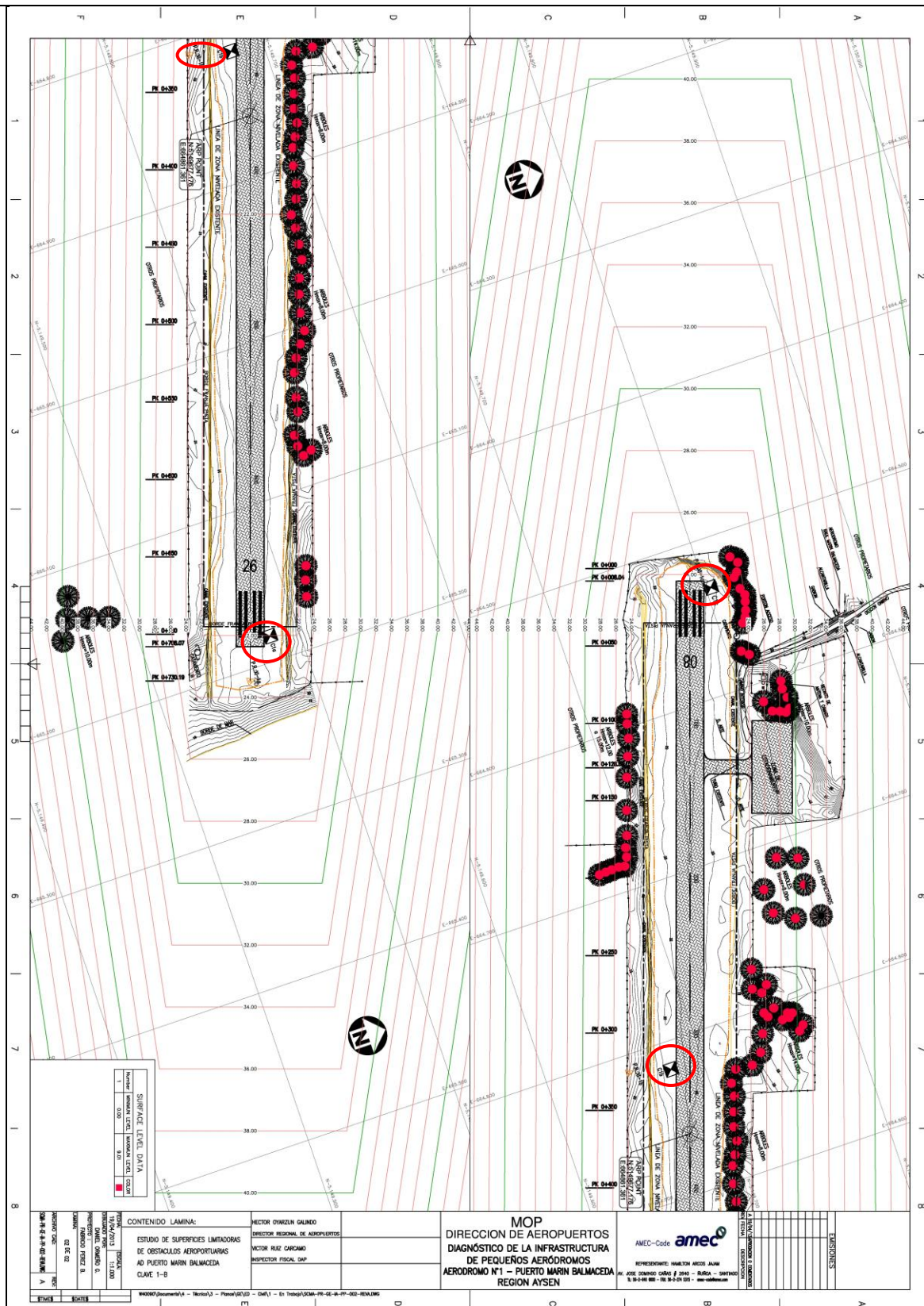


Ilustración 4 UBICACIÓN EN PLANTA DE CALICATAS

La inspección visual de las paredes de las calicatas permitió constatar un alto grado de uniformidad estratigráfica, lo cual es coincidente con la estratigrafía esperada.

Se excavaron 4,50 ml en total, según detalle que entrega la siguiente Tabla.

AERÓDROMO	DESIGNACION CALICATA EN AEROPUERTO	CALICATA	PROF. programada (m)	PROF. Excavada
1	A	C1A	1,5	1,5
1	B	C1B	1,5	1,5
1	C	C1C	1,5	1,5

TABLA 1 PLANILLA DE COORDENADAS DE CALICATAS

3.3 Ensayes de Laboratorio y de terreno

En las calicatas se efectuó la descripción estratigráfica y se extrajeron muestras que fueron sometidas a ensayos de laboratorio cuyos resultados se entregan en Anexos (Estratigrafías) y B (certificación) del Capítulo Anexos.

Los ensayos se ejecutaron en el Laboratorio UCV, siendo validados con la metodología de homologación y base de datos disponible en el archivo técnico MSA. La ejecución de los mismos fue supervisada permanentemente por esta oficina.

Se tomaron muestras para determinación de la humedad definiéndose a partir de ella el perfil de humedades y propiedades índice. En la unidad de suelos granulares se tomaron muestras perturbadas para la realización de ensayos de clasificación completa y determinación de peso de las partículas. Las muestras se extrajeron del fondo de las calicatas según se presenta en las fotografías del Anexo C del **Anexo**.

Los resultados de ensayos de terreno y laboratorio se presentan en el Modelo Estratigráfico (Capítulo 4, Acápites 4.7) y en las figuras del **Capítulo 5**.

3.4 Estratigrafía y espesor pavimento pista¹³

El aeródromo tiene una pista de pavimento flexible (adcretos), consistente en una base (0,2m a 0,3m) de arena compactada cuyo CBR es cercano y > al 80% y tiene un espesor total de al menos 30 cm, como se muestra en la fotografía siguiente y en esquema de la ilustración 6.

¹³ Material de la SFC de la pista, constitutivo del pavimento flexible de la misma.

METODO ESTANDARTIZADO PARA REPORTE DE RESISTENCIA DE PAVIMENTOS DE AERODROMOS- PCN-ACN-DAC. Estas son condiciones requeridas; en este caso particular se constató que el espesor es menor por lo cual se ha colocado una capa adicional de 0,20m.

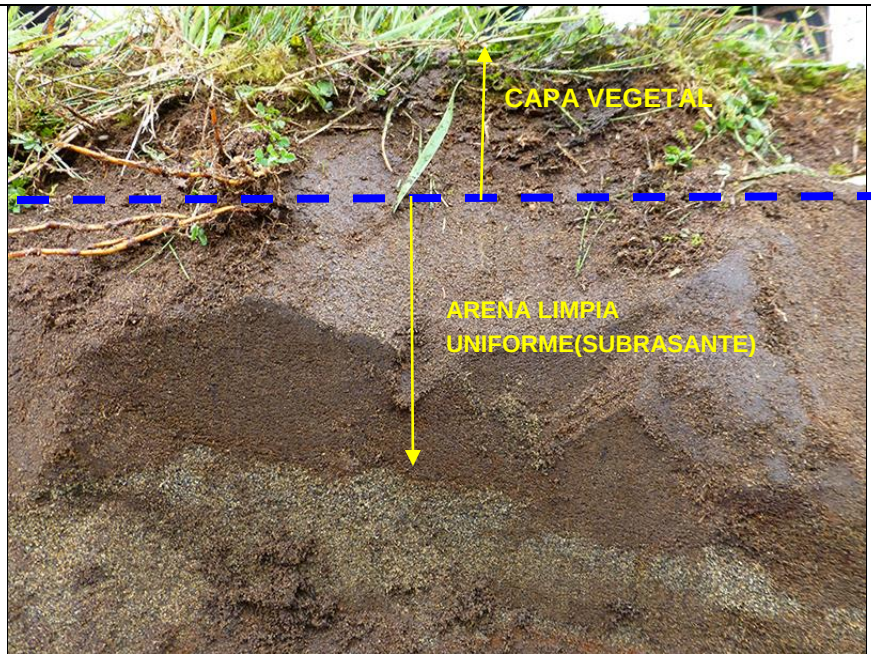


Ilustración 5 SECCIÓN TRANSVERSAL EN SECTOR CERCANO A PISTA.

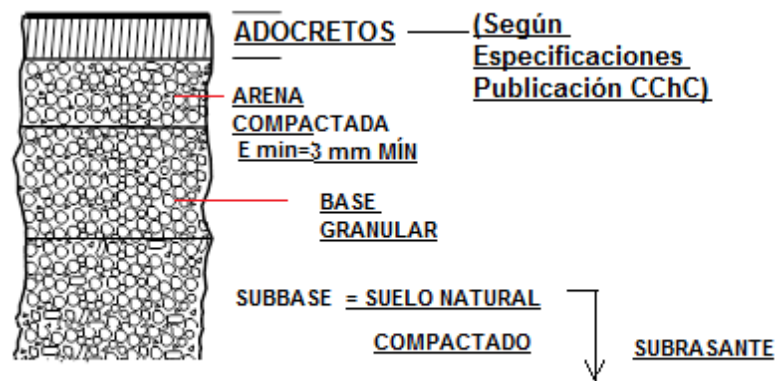


Ilustración 6 SECCIÓN TRANSVERSAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

- Revestimiento: Recibe directamente cargas de tránsito. Resiste esfuerzos rasantes (horizontales) y proporciona superficie de rodamiento adecuada : ripio
- Base Granular: Resiste y distribuye esfuerzos normales (verticales); Base arenosa
- Sub-base: Complementaria de Base (por economía) o Correctiva de Subrasante (transición). En este caso no hay
- Subrasante: Unidad de fundación del paquete estructural del pavimento flexible que resiste esfuerzos normales sin grandes deformaciones. Suelo de apoyo de base granular, cama de arena y adocretos.

Los espesores resultantes del pavimento existente son mayores al crítico.

Según Ref. 1.4.5 se tiene:

CONDICIONES ESTÁNDAR DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE PARA EL CÁLCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES ACN			
CATEGORÍA RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE	SOPORTE DE LA SUBRASANTE CBR-VALOR	REPRESENTA	CÓDIGO DESIGNACIÓN
Alto	15	$CBR \geq 13$	A
Medio	10	$8 < CBR < 13$	B
Bajo	6	$4 < CBR \leq 8$	C
Muy Bajo	3	$CBR \leq 4$	D

TABLA 2 CBR DE LA SUBRASANTE (ADVISORY CIRCULAR)

3.5 Estratigrafía del Subsuelo natural¹⁴ (subrasante)

Se distinguen básicamente tres unidades de suelo, las cuales se describen como sigue:

- Unidad **U-1** Capa vegetal . **Espesor típico del estrato 0,30m.**
(1 A :0,30m 1B:0,50m 1C:0,30m)
- Unidad **U-2** Arena limosa levemente arcillosa, consistencia media a alta color gris, humedad media a alta, **espesor típico 1.20 m**, subyace a la capa vegetal, plasticidad baja a nula. (1 A :1,30m 1B:1,10m 1C:1,30m)
- Unidad **U-3** Grava arenosa compacta, color gris, humedad alta, **espesor típico 0,00 m**, subyace al estrato arenoso, y se detectó sólo en la calicata 3C. Clasificación preliminar GP. (1 A :0,00m 1B:0,00m 1C:0,00m)
NO PRESENTE EN ESTE AERÓDROMO.

Los espesores corresponden a los observados según se muestra en la fotografías¹⁵.
La siguiente fotografía presenta la situación observada en terreno.

¹⁴ Se ha considerado suelo "bajo pista", considerando alcance del estudio. En Anexo A se entrega tabla estratigrafía de terreno.

¹⁵ Por favor proporcionar antecedentes adicionales si los hubiese para incorporarlos al informe. El informe entrega lo deducido a partir de observaciones de nuestro equipo de terreno.

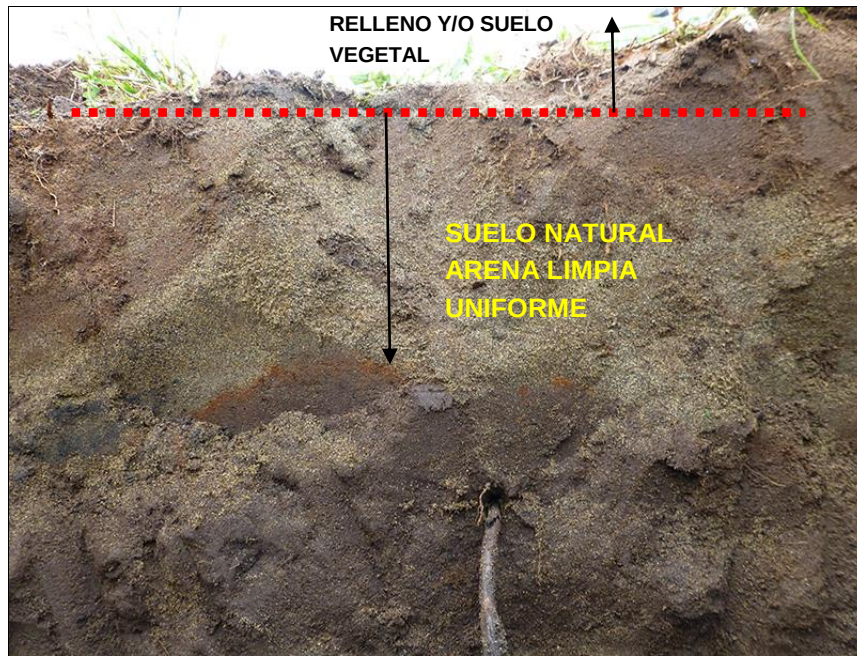


Ilustración 7 PARED CALICATA TIPO.

Durante la presente campaña se detectó presencia de agua a un metro de profundidad en la calicata C

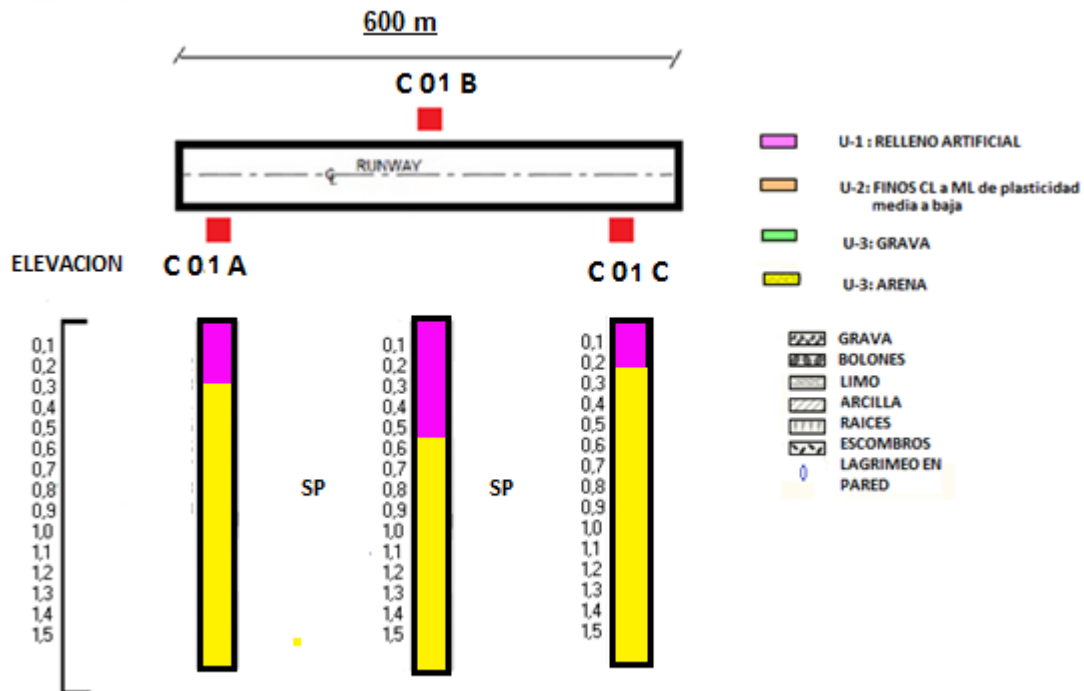


Ilustración 8 ESTRATIGRAFÍA ESQUEMÁTICA

1		
RAUL MARIN B	RAUL MARIN B	RAUL MARIN B
1A	1B	1C
Suelo Vegetal designado Mallin		
0,1	0,1	0,1
0,2	0,2	0,2
0,3	0,3	0,3
0,4	0,4	0,4
0,5	0,5	0,5
0,6	0,6	0,6
0,7	0,7	0,7
mallin 35-65-0	0,8 30-70-0	0,8 30-70-0
1,0	1,0	1,0
U-2	U-2	U-2
1,2	1,2	1,2
1,3	1,3	1,3
1,4	1,4	1,4
1,5	1,5	1,5
1,6	1,6	1,6

Ilustración 9 PERFIL ESTRATIGRÁFICO ESQUEMÁTICO

El suelo de apoyo de la subrasante de la pista del aeródromo es una arena limosa no plástica **SP**. Con los antecedentes obtenidos en terreno, se comprobó que la base granular que subyace a cama de arena se apoya en este estrato.

Se trata de una arena pobremente graduada que pasa entre la malla 10 y la 200, prácticamente sin contenido de finos (ver Ilustración Acápito 5.2).

3.6 Pavimento Existente

La pista se encuentra en regular estado sin embargo está operativa. La superficie es firme, estable, suave y se encuentra libre de residuos que podrían poner a las aeronaves en riesgo de sufrir daños, y con ello, comprometer la vida de los usuarios.

Por otro lado, el paquete estructural tiene espesor deficitario en ciertos sectores lo cual no ha perjudicado su estado, pero sí ha requerido mejoramiento.

3.7 Empréstitos¹⁶

La extracción del material de empréstito, se obtiene desde un sector de la playa y se cuenta con la autorización de la armada.

Observaciones:

3.7.1 El material de empréstito encontrado en el aeródromo presumiblemente se puede encontrar a no más de 10 Km del aeródromo

3.7.2 Los pozos podrían cumplir con los requerimientos de las ETG del MOP

3.7.3 Los permisos de los posibles pozos deben ser autorizados por los organismos pertinentes.

¹⁶ Según antecedentes proporcionados por el mandante.



AMEC-Cade José Domingo Cañas 2640 Teléfono (562) 640 6600 FAX (562) 274 5315 Santiago CHILE

3.7.1 Localización del Proyecto y vías de acceso.

Región:	XI Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.
Provincia:	Coyhaique
Comuna:	Lago Verde
Sector:	Sector Cisne Medio.
Ubicación Proyecto:	A 6 Km. al Noreste de Villa Amengual por Ruta X-25, en predio particular.

Para la identificación de este predio, se utiliza el nombre de "El Munil" según el registro de dominio y el Rol de avalúo fiscal N° 532-19 (Ver anexo: Certificado del Servicio de Impuestos Internos).

La vía de acercamiento al proyecto corresponden a la Ruta X-25 (camino a Villa La Tapera), desde cruce con Ruta 7 Norte y que se conecta con acceso al pozo.

A continuación se presenta ubicación aproximada de la superficie intervenida con las coordenadas UTM correspondientes¹⁷ a los cuatro vértices del pozo en explotación.

Área empréstito

Vértice 1	N:5.043.117	E:724.129
Vértice 2	N:5.043.112	E:724.176
Vértice 3	N:5.042.984	E:724.170
Vértice 4	N:5.042.961	E:724.117

¹⁷ DATUM WGS 84, Uso 18. Map Source Application.

4. MARCO GEOLÓGICO

Vistos los antecedentes indicados en el Capítulo 2 en una primera etapa se estimaron bases de diseño en forma preliminar sobre suelos homólogos.

Sobre la base de resultados de laboratorio se establecen las propiedades físicas y mecánicas que permiten establecer bases de diseño definitivas en el Capítulo 6 las que se resumieron en acápite 1.5.

Ello es válido para los suelos granulares (U-3) y suelos areno limosos (U-2) detectados en este aeródromo.

En los siguientes párrafos se entrega una detallada descripción de la geología de la zona de interés lo cual es necesario para la zonificación geológica del sector de emplazamiento del Aeródromo Raúl Marín Balmaceda y de la región que se entrega al final del capítulo.

4.1 Marco Geológico Regional

La Región de Aysén está formada por 3 dominios morfotectónicos paralelos al margen continental que coinciden, en parte, con sus rasgos fisiográficos. El dominio de antearco (Precordillera) que incluye, principalmente, metamorfitas del Complejo Metamórfico Los Chonos, remanentes de un prisma de acreción formado por subducción activa en el Triásico superior-Jurásico inferior, extensión austral del complejo de subducción del Paleozoico superior-Triásico de Chile Central (Hervé et al., 1987). En el extremo occidental de este dominio (Península de Taitao), una asociación de magmatitas pliocenas que afloran cercanas a la fosa de Chile - Perú, se emplazaron debido a subducción de la Dorsal de Chile en las cercanías del actual *Punto Triple de Taitao* (PTT,

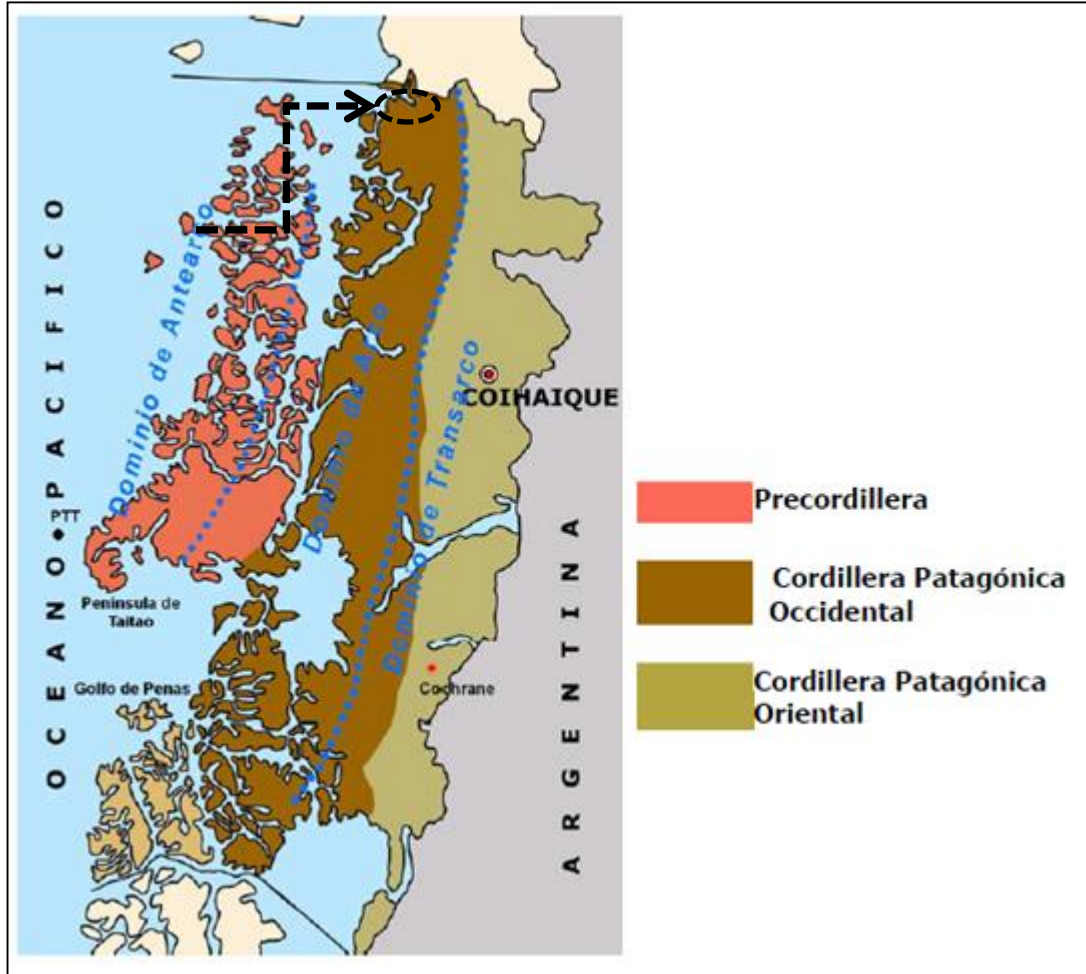


Ilustración 11 DOMINIOS MORFOTECTÓNICOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO Y SU RELACIÓN CON LAS DIVISIONES FISIAGRÁFICAS DE LA MISMA.

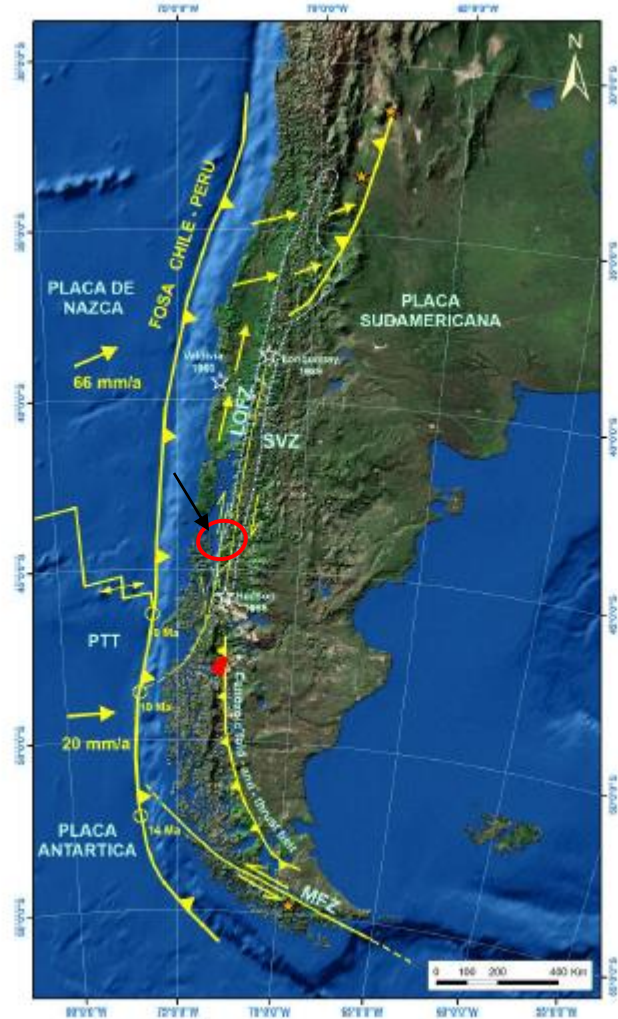
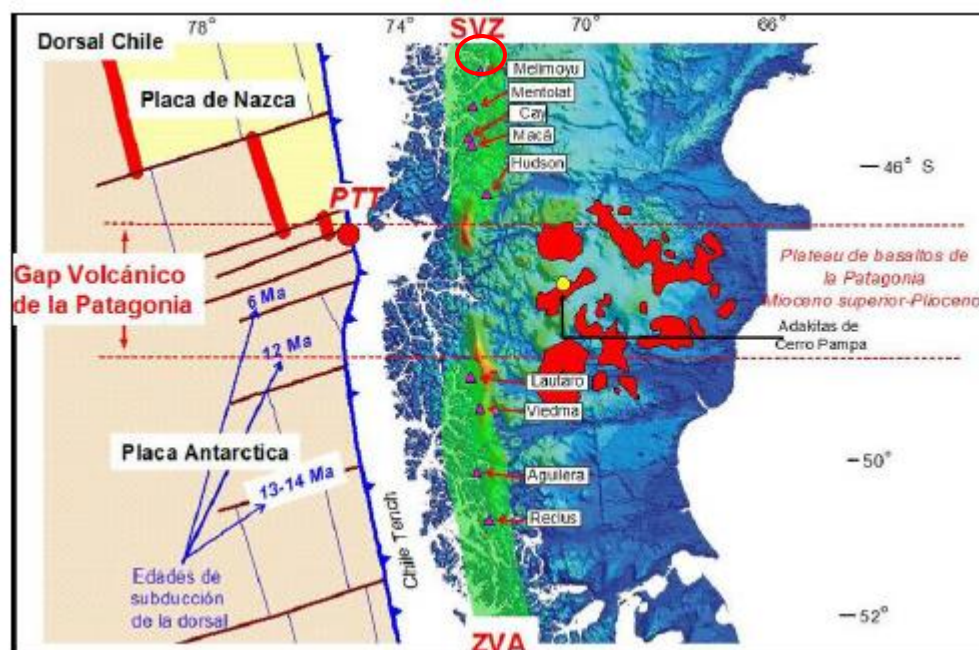


Ilustración 12 MARCO TECTÓNICO DE LOS ANDES DEL SUR Y PATAGÓNICOS
FLECHAS INDICAN DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO DE LAS PLACAS TECTÓNICAS. ESTRELLAS DESTACAN EPICENTROS DE SISMOS HISTÓRICOS OCURRIDOS EN LA ZONA PREVIOS AL 2010. PTT: PUNTO TRIPLE DE TAITAO; FLOZ: ZONA DE FALLA DE LIQUIÑE-OFQUI, SVZ: ZONA VOLCÁNICA SUR Y MFZ: ZONA DE FALLA MAGALLANES (MODIFICADO DE VARIAS FUENTES)



Entorno regional de la Zona del Punto Triple de Taitao. Se destaca el *Gap Volcánico de La Patagonia*, con volcanismo activo desarrollado al norte y sur de éste (SVZ y ZVA). Al oriente del *gap* se está el *Plateau de basaltos de la Patagonia* (Mioceno Superior – Plioceno), además se destacan las adakitas del Cerro Pampa (AURUM-INGEROC, 2009, modificado de Mpodozis, comunicación escrita).

Ilustración 13 ENTORNO REGIONAL DE LA ZONA DEL PUNTO TRIPLE DE TAITAO

El dominio de arco (Cordillera Patagónica Occidental) –sector indicado con clip rojo- está formado, principalmente, por el Batolito Patagónico, del Jurásico Superior-Mioceno Superior, el cual intruyó localmente a metamorfitas de protolito sedimentario, el Complejo Metamórfico Andino Oriental (CMAO) del Devónico–Carbonífero; sobre estas litologías se construyeron estratovolcanes calcoalcalinos típicos de márgenes de subducción como el Hudson y el Macá. En el centro de este dominio se ubica la Zona de Fallas Liquiñe-Ofqui (ZFO), activa al menos desde el Mioceno. Este es un sistema de falla dextral transpresional mayor, intra-arco, de más de 1.100 km de largo, a lo largo del cual han ocurrido importantes movimientos del bloque occidental dentro del margen continental (Hervé, 1994; Cembrano et al., 1996, 2002).

En el dominio de trasarco (Cordillera Patagónica Oriental) se ha reconocido secuencias volcánicas con intercalaciones sedimentarias, formadas entre el Jurásico Superior, Cretácico y Plioceno, depositadas sobre el arriba mencionado Complejo Metamórfico Andino Oriental. En el Cuaternario los tres dominios sufrieron los efectos de glaciación seguida de deglaciación, con importantes consecuencias geomorfológicas, entre otras, cambios del nivel base, inversión de drenaje, y alzamiento cortical. Durante este lapso, el río Baker inició el desagüe del lago General Carrera hacia el Océano Pacífico. Ciertos procesos actuales, como incisión fluvial y remociones en masa, en general sólo retrabajan material previamente generado por erosión glacial. Después de la última retirada del hielo, grandes cuencas remanentes se llenaron con el producto de la fusión

de los hielos, formando así grandes lagos como el O'Higgins-San Martín, entre otros, contenidos por morrenas terminales al este de ellos. Las rocas y estructuras y unidades de roca aflorantes en cada uno de estos dominios a escala regional pueden visualizarse en el Mapa Geológico de Chile 1:1.000.000 (Sernageomin, 2002). Se destacan fallas NE, NS y NNW y fotolinamientos con similar orientación.

En el Cretácico inferior, finalizando el 'rifting' del Jurásico Medio-Superior, se desarrolló una transgresión marina, en la parte norte de la Cuenca Austral en posición de trasarco. Para fines del Cretácico Inferior, una tectónica compresiva habría revertido estas cuencas; sin embargo, las evidencias de esto sólo se reconocen lejanamente, tanto al norte como al este del sector del fiordo Mitchell. La presencia regional de plutones alcalinos del Cretácico Superior, por su parte, sugiere su emplazamiento en un régimen tectónico extensional. En sectores al norte y sur del área, se ha identificado sistemas de fallas inversas con orientación NE a NS, algunas con un componente de rumbo y sugerentes de transpresión. Varias de estas fallas en la parte norte, son posteriores al Mioceno inferior alto- Mioceno medio bajo. Localmente, se ha inferido la presencia de fallas de rumbo. La presencia del granito San Lorenzo de unos 6 Ma y expuesto a 3.706 m.s.n.m. sugiere una exhumación relativamente rápida, probablemente ocasionada por solevantamiento asociado a la subducción de un segmento de la Dorsal de Chile en esta zona durante el Mioceno superior alto.

4.2 Marco Tectónico Regional

La Región de interés se ubica en el extremo austral de los Andes del sur o Cordillera Patagónica; el sector es afectado por una tectónica determinada por la convergencia del borde occidental de la placa continental Sudamericana, bajo la cual subducen, desde el oeste, las placas oceánicas de Nazca al norte de los 46°12' S y Antártica al sur de esta latitud.

El límite entre las placas de Nazca y Antártica está dado por una dorsal o cordillera oceánica de expansión activa (Dorsal Chile), la que interseca la Fosa Chile-Perú a los 46°12'S (Ilustraciones 12 y 13), dando origen a una triple conjunción de la fosa Chile-Perú, la fosa Chile y la Dorsal Chile, esto es el denominado Punto Triple de Taitao (**PTT**).

En este lugar, la dorsal colisiona muy oblicuamente con la fosa, en tanto las zonas de fractura asociadas a aquélla se disponen unos N80°W, prácticamente perpendiculares respecto a la fosa.

Al norte del PTT la tasa de convergencia de las placas Nazca y Sudamérica es de 6,6 a 9 cm por año y con dirección de convergencia es entre 70 y 45° oblicua con respecto a la fosa (Dewey y Lamb, 1992). Parte de esta convergencia oblicua ha sido acomodada a lo largo de la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO), sistema de falla dextral transpresional mayor, intra-arco de más de 1.100 km de largo y que está conectada a una posición anterior del PPT, al sur del Golfo de Penas (Hervé, 1994; Cembrano et al., 1996, 2002 (Ilustraciones 12 y 13).

Por otra parte, inmediatamente al sur del PTT, tramo la tasa de convergencia de las placas Antártica y Sudamericana es de aproximadamente sólo 2 cm por año en dirección casi ortogonal respecto a la fosa; más al sur aún del PTT, la convergencia es más oblicua y tanto la costa como la fosa rotan hacia el este (Ilustración12). Al norte del Punto Triple, el eje de la dorsal interseca la Zona de Falla Darwin a los 45° 52' S y la Zona de Falla de Taitao a los 46° 08' S, la dorsal se caracteriza por expansión normal, la asociación con numerosos pequeños volcanes y un destacado alto magnético paralelo a su eje (Lewis, 2006). Al sur de los 46°12' S, la dorsal desaparece bajo la fosa, junto con los volcanes y el alto magnético. La subducción de la Dorsal Chile bajo la Placa Sudamericana se inició hace 14 Ma (Mioceno medio), cuando confluyeron costa afuera, la fosa Chile-Perú y la Dorsal de Chile formando un punto de intersección triple de placas, que desde entonces ha migrado progresivamente hacia el norte hasta alcanzar su ubicación actual, al noroeste de Península Tres Montes (Cande y Leslie, 1986). Durante el Plioceno (hace 6,0, 3,0 y 0,3 Ma) se produjo, en esa zona, la repetida subducción de 3 cortos segmentos de la Dorsal de Chile. Este proceso fue acompañado del emplazamiento de una compleja asociación de rocas intrusivas y volcánicas en la Península de Taitao, en una posición tectónica poco frecuente, muy cerca de la Fosa Chile-Perú. La subducción de dicha dorsal oceánica activa ha tenido algunas consecuencias tectónicoestructurales, tales como, un escaso acortamiento en el margen oriental de la Cordillera, al este del PPT, una zona de Benioff con actividad sísmica moderada, y lo más importante en el marco de este estudio, supuestas evidencias de neotectónica (Lagabriele et al., 2004; Melnick et al., 2009).

El volcanismo de arco consecuentemente interrumpido propició la formación de una ventana astenosférica en la placa continental, originándose entonces un campo volcánico basáltico alcalino de tras arco (Kay et al., 1993; Gorrington et al., 1997, 2003; D'Orazio et al., 2000, 2001; Lagabriele et al., 2004; Espinoza et al., 2001). El Lago General Carrera-Buenos Aires, por su parte, ha sido interpretado como una estructura morfo-tectónica mayor, de elongación E-W, de aproximadamente 1.800 km² de área y 585 m de profundidad máxima (in Lagabriele et al., 2004). En este sector se ha inferido actividad neotectónica a partir de mesetas delineadas por abruptos escarpes de erosión y frecuentes deslizamientos gravitacionales, lo que indicaría una inversión reciente del relieve en respuesta a movimientos verticales regionales.

La captura de ríos y cambios en la dirección de su flujo junto a cambios en la pendiente general, todos eventos más y menos recientes, son indicadores de actividad neotectónica. Al norte de la Meseta de Chile Chico, por otra parte, se ha observado morrenas truncadas por fallas y con 2 m de desplazamiento vertical (Lagabriele et al., 2004). El curso rectilíneo de los glaciares, a su vez, estuvo y sigue fuertemente influenciado por lo que se ha interpretado como fallas, normales o transtensionales orientados N50-60E, N20-40W y E-W, algunas de las cuales mostrarían evidencias de actividad reciente (Lagabriele et al., 2004; Melnick et al., 2009). Un rasgo tectónico relevante de todo el margen continental al sur de la península de Taitao, en notorio contraste con el resto del margen chileno, es la drástica disminución del número de sismos, mayoritariamente generados a menos de 30 km de profundidad y concentrados

en la zona de la fosa (AURUM - INGEROC, 2009). Esto se asocia directamente con la velocidad de convergencia de 2 cm/año entre las placas antártica y Sudamericana, en contraste con los 6,6 a 9 cm/año verificados entre las placas de Nazca y Sudamérica, al norte del PTT. Un resumen de la actividad sísmica entre los 44° y 49° de lat sur, desde 1973 a la fecha muestra que los sismos son, salvo excepciones, de menos de 33 Kms de profundidad, en la Dorsal Chile subducida, al este del PTT.

Los sismos se concentran en la dorsal y sólo algunos se ubican en la fosa al sur de Taitao. En el continente destaca un cúmulo sísmico aproximadamente a los 45°45' S y 72°40' W, correspondientes a la actividad sísmica asociada a la erupción del volcán Hudson en 1991 (Naranjo et al., 1993).

No obstante la baja frecuencia sísmica en la zona estudiada, las ondas generadas en grandes sismos ocurridos al norte del PPT la han alcanzado y afectado en el pasado; tal fue en el caso en el deslizamiento en el flanco norte del valle del Río Murta, desencadenado por el terremoto de Valdivia de 1960 (Fuenzalida y Skármeta, 1976).

4.3 BASAMENTO ROCOSO (Devónico–Cretácico)

El basamento rocoso del área de estudio está compuesto por rocas metamórficas del Complejo Metamórfico Andino Oriental (CMAO, Ordovícico – Carbonífero) y rocas ígneas lutónicas e hipabisales del Batolito Patagónico (Jurásico Superior (?) – Cretácico Inferior en el sector estudiado)

4.3.1 Complejo Metamórfico Andino Oriental CMAO) Indiferenciado (Ordovícico – Carbonífero superior) (Hervé, 1993) OCcm

Se trata de una unidad extensamente aflorante dentro del área Lago Vargas -Lago Leal, excepto en sectores menores hacia el norte, oeste y centro-oeste de la misma. En la zona estudiada, el CMAO está constituido por metamorfitas de protolito sedimentario, caracterizadas por un metamorfismo regional de grado bajo a medio, intensamente plegadas, que aproximadamente 50 kilómetros hacia el NNE, fuera del área acá levantado, infrayacen discordantemente rocas sedimentarias y volcánicas de la Formación Ibáñez (Heresmann, 1978) del Jurásico Medio alto - Superior. Estas metamorfitas polideformadas se caracterizan por esquistos micáceos con intercalaciones de metaareniscas y foliación bien desarrollada, además de metaareniscas con intercalaciones de metapelitas y foliación primaria, todo dentro de una secuencia intensamente plegada. De manera subordinada y puntual se reconoce metalutitas calcáreas y silíceas, mármoles, metacherts y metaareniscas, interpretadas como originado en depósitos turbidíticos de abanico marino (Welkner et al., 2004). Regionalmente y de manera ocasional se observa migmatitas de aspecto general masivo. En el sector estudiado o en su vecindad inmediata no se dispone de antecedentes paleontológicos ni geocronológicos directos que permitan fechar estas metasedimentitas, mientras que sus escasas relaciones estratigráficas, sólo permiten inferir una edad prejurásica para ellas (Heresmann, 1978). Estudios realizados al CMAO en diversos

sectores de la Región de Aysén, incluyen dataciones de los plutones que las intruyen, mientras que otros han fechado directamente las metasedimentitas; estos resultados, que se resumen en Welkner et al. (2004), muestran que la mayor parte de los protolitos de este complejo tienen edades del Ordovícico-Carbonífero tardío (ca. 460 Ma a ca. 310 Ma; Hervé et al., 2000; Thomson et al., 2000); sin embargo, además localmente se incluye protolitos fechados en el lapso Pérmico superior-Jurásico Inferior (Thomson et al., 2000).

4.3.2 Rocas Intrusivas (Cretácico Inferior-Jurásico Superior)

En el área enmarcada para válidar para el presente estudio se reconoce solamente una unidad plutónica relevante, la cual es asignable al Batolito Patagónico (Yoshida, 1981; Bruce et al., 1991) en su segmento del Cretácico Inferior. Por sus características petrográficas, texturales y de emplazamiento locales se la ha denominado Plutón Los Patos, por aflorar en la vecindad de la laguna los Patos, a su vez localizada en la quebrada El Camino, fuera del área de mapeo, al norte de Puerto Yungay.

4.3.3 Plutón Los Patos Kglp (Cretácico Inferior(?))

Se trata de una litología de grano medio a grueso y composición global tonalítica de biotita y anfíbola, tonalidades grises claras a raramente rosáceas. Se presentan escasas gradaciones hacia envolventes tonalíticas leucocráticas, granodioríticas, dioríticas cuarcíferas y graníticas de biotita y anfíbola. Este plutón está surcado por una relativamente baja densidad de diques de espesores decimétricos y de composición microdiorítica a andesítica afanítico y finamente porfíricos con tonalidades grises oscuras con tinte verdoso. Tanto la roca plutónica como los diques intruyen a metamorfitas del Complejo Metamórfico Andino Oriental. Los diques, en general suelen proyectarse más distalmente dentro de las rocas metamórficas.

4.3.4 Relleno No Consolidado (Pleistoceno-Holoceno) (Suelos Naturales Detectados En Nuestra Prospeccion)

Se entiende como Relleno No Consolidado al conjunto de depósitos cuaternarios (Pleistoceno – Holoceno) de origen glacial, fluvial, fluvio-glacial, coluvial, aluvial, lacustre y de remoción en masa, los cuales presentan presentan grados medianos a nulos de litificación dentro del área de estudio. A continuación se describen estos depósitos presentes en la región y en particular en el sector del aeropuerto. Esta caracterización se realizó utilizando Ref. 1.4.15 en adelante.

Depósitos glaciales

Depósitos semi a no consolidados, polimícticos de escasa expresión areal compuestos por bloques, gravas, arenas, limos y arcillas, mal seleccionados transportados y depositados por acción de glaciares o por agua de deshielo. Se reconocen afloramientos de este origen en toda el área de estudio, aunque a la escala de trabajo se destaca los siguientes tres facies principales:

Depósitos fluvio-glaciales antiguos Qg(b1)

Gravas clastosoportadas con imbricación gruesa, oligomícticas, subredondeadas, con matriz arenosa, intercaladas con capas de arenas y limos con estratificación cruzada, en artesa y plana.

Depósitos morrénicos indiferenciados Qg(c)

Gravas y bloques aislados, oligo a polimícticos, angulosos a redondeados, inmerso en una matriz de limo, arcillas y escasa arena. Depósitos mal seleccionados sin estructuras sedimentarias o con estratificación muy gruesa.

Depósitos morrénicos adosados Qg(c1)

También se trata de gravas y bloques aislados, oligo a polimícticos, angulosos a redondeados, inmerso en una matriz de limo, arcillas y escasa arena, con mala selección y estratificación burda. Se distribuyen en forma de coberturas delgadas en los flancos medianamente altos de las quebradas, a veces con precario aspecto aterrazado; constituyen remanentes de antiguas morrenas, preferentemente laterales, que paulatinamente fueron quedando colgadas de las laderas de valles glaciales poco a poco profundizados.

Depósitos de remoción en masa Qrm

Depósitos caóticos, mal seleccionados, formados por fragmentos angulosos cuyo tamaño varía entre bloque y arcilla. Generados por fenómenos gravitacionales o sísmicos, de movilización lenta a rápida, que movilizaron variables volúmenes de suelo y/o rocas. Están asociados a zonas de ruptura o debilidad curvilíneas con escarpes abiertos en dirección de la pendiente natural ubicados en la parte superior del depósito.

Depósitos coluviales Qc

Depósitos no consolidados compuestos por gravas angulosas, en general monomícticas, con matriz de arena y limo en porcentajes variables. Se forman en escarpes montañosos o en laderas de cerros con pendientes fuertes. En ocasiones pueden confundirse o combinarse con el aspecto y el mecanismo de los depósitos de remoción en masa.

Depósitos fluviales actuales Qf2

Depósitos no consolidados compuestos por gravas clastosoportadas, oligomícticas, redondeadas y esféricas interdigitadas con lentes arenosos a limosos. Se forman en el cauce actual de los principales cursos fluviales y en las llanuras de inundación actual. Están constituidos por gravas con redondeamiento regular a bueno, que gradan o se interdigitan con lentes de arena. Presentan estratificación horizontal y cruzada e imbricación. Incluyen depósitos de barras e islotes formados por gravas clastosoportadas y arenas, con estratificación mal desarrollada, con clastos redondeados, de regular a buena selección y depósitos de llanura de inundación, constituidos por limos y arcillas, acumulados inmediatamente adjuntos al río, en zonas planas y deprimidas, durante las crecidas de los ríos. Se están formando asociados a la desembocadura del río Bravo. Las facies distales de los depósitos fluviales engranan con depósitos marinos en la desembocadura del río Bravo.

Gravas y bolones Qf2(a)

Localmente muestran imbricación, estratificación tanto cruzada como en artesa, así como lenticulaciones elongadas de arenas y limos.

Arenas, limos y arcillas Qf2(b)

Sectorialmente muestran estratificación horizontal y zonas con abundante materia orgánica.

Arenas, limos y arcillas Qf2(c)

Presentan, además, escasos guijarros y estratificación progradada que caracteriza depósitos de origen deltaico.

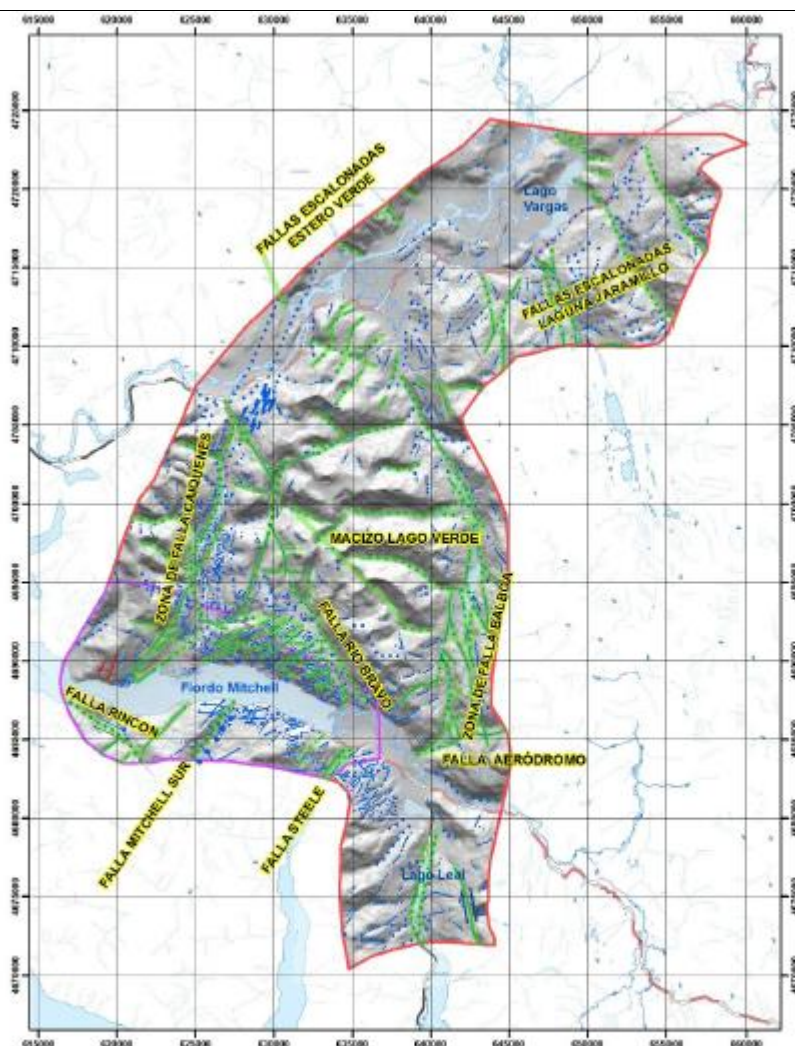
Arenas gruesas a finas Qf2(d)

Incluyen, además, gravas de clastos redondeados a subredondeados localizados en cauces meándricos recientemente abandonados.

4.4 ESTRUCTURAS LOCALES DESTACADAS

4.4.1 Sector Fiordo Mitchel

En el sector al igual que en la región las fallas y fracturas a toda escala muestran altos ángulos de manteos, lo cual se interpreta como debido a la predominancia de una tectónica de rumbo preferentemente dextral, más transpresiva que transtensiva, lo cual característicamente es responsable de generar un estilo tectónico marcado por fallas y fracturas subverticales. Consecuentemente, siendo la tectónica dominante de esta zona como la arriba descrita, las fallas y fracturas fotointerpretadas, en ausencia de mejor evidencia, también han sido asumidas como subverticales.



Esquema estructural simplificado en el área de estudio entre los lagos Vargas y Leal, incluyendo el área, enmarcada en magenta, del fiordo Mitchell. Se destaca los dos zonas de falla más importantes, Caiques por el oeste y Balboa, por el este, ambas flanqueando el Macizo Lago Verde, surcado por fallas sintéticas y antitéticas completamente derivadas y hasta entrecruzadas a partir de las dos zonas de falla principales.

Ilustración 14 ESQUEMA ESTRUCTURAL SIMPLIFICADO EN EL ENTORNO DEL FIORDO MITCHEL

4.4.2 Zona de Falla Caiques (ZFC)

Esta estructura de rumbo NEE se infiere y observa en el valle o quebrada El Camino que contiene la laguna Caiques, de la cual la zona de falla toma su nombre; la ZFC se proyecta escasamente en el área de mapeo en la vecindad de Puerto Yungay, aunque curvando y diluyendo la densidad de sus ramas adquiriendo, además, una trayectoria en dirección NE, sin que se observe una prolongación de sus trazas en el margen sur del fiordo (Ilustración siguiente). Al norte y fuera de este último sector, esta estructura de ambiguo carácter transcurrente dextral, se compone de varias fallas asimilables al sistema de rumbos oscilantes entre N-S y NNE, descrito más arriba, las cuales se observan conectadas y entrelazadas entre sí mediante fallas NWW y NW, las que están

además enraizadas en un sistema de pequeños échelons, apenas esbozados, especialmente hacia el oeste de la estructura central de esta zona de falla.

4.4.3 Zona de Falla Balboa (ZFB)

Esta zona de falla rumbo general N-S con un quiebre NW, aunque no entra directamente en esta área de estudios, tiene influencia estructural sobre ella, ya que la bordea estrechamente por su extremo oriental. En las cercanías del fiordo Mitchell, el rumbo de esta zona de falla es N-S, aunque más al norte sufre un quiebre de rumbo al NW debido a atraspaso con una falla perteneciente a un sistema en échelon. En general, la ZFB coincide con largos tramos del valle formado por los ríos Del Paso y Balboa, que además alberga a la Laguna Balboa, sector este último que resulta ser un punto de confluencia de fallas menores estrechamente escalonadas y de rumbo aproximado NWW, que en conjunto sirven para conectar diferentes segmentos en la trayectoria central de la ZFB. La ZFB también es segmentada por el tramo SE de la falla Río Bravo (ver más adelante), inmediatamente al E, fuera del área de estudio del Fiordo Mitchell.

Estas dos fallas principales se encuentran compuestas por un sistema de segmentos, a menudo de trazas curvas, que en conjunto marcan sus rumbos generales, lo cual es concordante con su calidad de fallas de rumbo.

4.4.4 Macizo Lago Verde

Falla - Río Bravo Esta estructura de rumbo NW queda apenas incluida en el área de mapeo definida para el fiordo Mitchell, precisamente en su extremo oriental, incluyendo una parte de su recorrido en roca y otra parte cubierta por los depósitos no consolidados en torno al río Bravo. La mayor parte de su trayectoria se concreta hacia el Macizo Lago Verde, inmediatamente al norte, así como al SE de la desembocadura del río Bravo en el fiordo Mitchell.

4.4.5 Fallas Steele

Esta falla-fractura de rumbo NE, consiste de dos trazas paralelas que se proyectan desde el estero homónimo hacia el la ladera meridional del área de estudio en el fiordo Mitchell, muy cerca de las instalaciones del puerto Río Bravo. Se desconoce la naturaleza real de estas estructuras, así como otra de similar orientación que se exponen por la misma ladera unos pocos kilómetros hacia el oeste

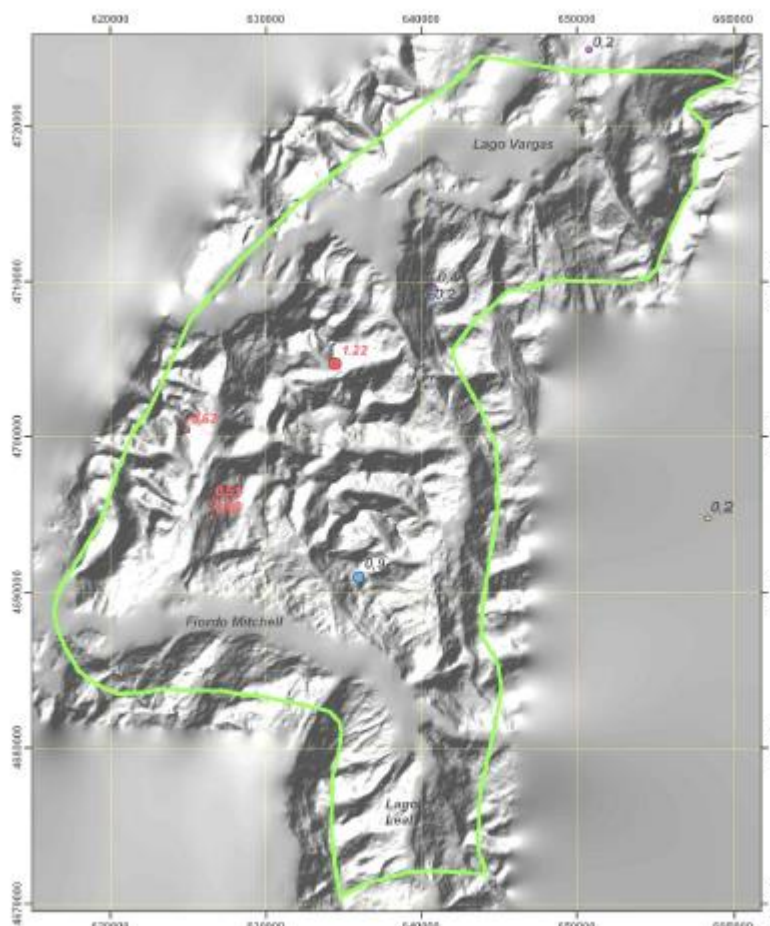
4.5 SISMICIDAD REGIONAL Y LOCAL

Las Ilustraciones siguientes muestran la actividad sísmica determinada en la región y en particular para el sector que involucro a proyectos de HidroAysén durante el período 30 de abril al 31 de julio de 2009 (Departamento de Geofísica, U. de Chile, 2009) superpuesta a aquella detectada durante dos años entre 2005 y 2006 (Bataille, 2006). La sismicidad registrada entre mayo y julio de 2009 se ubica prácticamente sobre los

mismos sitios de alta concentración que entrega el estudio de Bataille. La actividad sísmica más relevante es aquella que ocurre en torno a los 47.4°S y 73.3°W, epicentros que se extienden hacia el SW de la estación Baker 2 (ilustraciones siguientes). En la misma figura se puede apreciar sismicidad asociada al volcán Hudson (46°S; 73°W), a la Laguna San Rafael, como al sector sur de la Isla Javier y costa afuera (entre 48°S y 48.5°S).

El evento máximo en la región alcanzó una magnitud de 5,3 durante el lapso de registro. Dicho evento se verificó inmediatamente fuera de las ilustraciones siguientes, en la placa de Nazca, probablemente asociado al régimen de esfuerzos de las zonas de fractura, y no en la placa Sudamericana como ocurre con el resto de los eventos de interés. Otros sismos de interés fueron aquellos que ocurrieron unos pocos kilómetros hacia el Oeste de Puerto Yungay, fuera del área de estudio, así como un par de eventos en las cercanías de 47.9°S – 73.3°W. Todos son sismos de magnitudes = 1 que ocurren al interior de la placa continental Sudamericana y no en el contacto entre ésta y la placa oceánica de Nazca. Lo más probable es que estos sismos sean una respuesta a zonas de debilidad en la placa continental. La incertidumbre de las localizaciones epicentrales (Departamento de Geofísica, U. de Chile, 2009) se estimó en unos 5 km en la componente E-W y de 3 km en la componente N-S y alrededor de unos 6 km en la profundidad. Esta incertidumbre, según la misma fuente, aumenta a medida que los epicentros se alejan más allá de la apertura de la red de estaciones instalada, que en este caso es de unos 50 kms.

Sobre el conjunto de estructuras que conforma la Zona de Falla Caiquenes y que controla la dirección del valle del río del Camino, se ha detectado muy escasa microsismicidad con magnitudes menores a 1 y profundidades de hasta 4,5 kms, unos 5,5 kms al norte de Puerto Yungay, fuera del sector de mapeo (Ilustración y tabla siguiente). La forma más o menos recta del valle en sentido N-S y la microsismicidad registrada, permitieron sugerir la posibilidad que los lineamientos N-S a NNE podrían corresponder a la continuación hacia el sur del sistema estructural Lago Guillermo–Ventisquero Nef, el cual incluye la denominada falla Cachet (Menlick et al., 2009), con presunta “actividad” neotectónica. Las observaciones realizadas en especial inmediatamente al norte de nuestra zona de estudio (AURUM-INGEROC, 2010a, b) no permiten sostener dicha posibilidad, ya que nada indica que haya conexión ni continuidad espacial con el mencionado sistema estructural.



Se muestra las proyecciones de siete sismos registrados por las campañas de Bataille (2006, con magnitudes destacadas en rojo) y el Departamento de Geofísica de la U. de Chile (2009, con magnitudes destacadas en negro). La zona de estudio está enmarcada en verde.

Ilustración 15 PROYECCIONES DE SIETE SISMOS EN LA REGIÓN

Magnitud	Prof (Kms)	Coord E	Coord N	Localidad	Origen
0,62	0,1	624915	4700599	Ladera W Q. El Camino	Bataille, 2006
0,51	4,5	626444	4695799	Ladera E Q. El Camino	Bataille, 2006
0,58	4,4	626479	4694988	Ladera E Q. El Camino	Bataille, 2006
1,22	7,7	634401	4707729	N de Macizo Lago Verde	Bataille, 2006
0,4	25	640816	47095667	Ladera E Q. El Balboa	U.Chile, 2009
0,2	12,7	640644	4709306	Ladera E Q. El Balboa	U.Chile, 2009
0,9	18	635913	4691037	N de confluencia F.Mitchell-Río Bravo	U.Chile, 2009

TABLA 3 CARACTERÍSTICAS DE HIPOCENTROS ENTORNO FIORDO MITCHEL

Las Ilustraciones siguientes muestran la actividad sísmica determinada en la zona de interés para los proyectos de HidroAysén durante el período 30 de abril al 31 de julio de 2009 (Departamento de Geofísica, U. de Chile, 2009) superpuesta a aquella detectada durante dos años entre 2005 y 2006 (Bataille, 2006). La sismicidad registrada entre mayo y julio de 2009 se ubica prácticamente sobre los mismos sitios de alta concentración que entrega el estudio de Bataille. La actividad sísmica más relevante es aquella que ocurre

en torno a los 47.4°S y 73.3°W, epicentros que se extienden hacia el SW de la estación Baker 2 (Figuras 2.4 y 2.5). En la misma figura se puede apreciar sismicidad asociada al volcán Hudson (46°S; 73°W), a la Laguna San Rafael, como al sector sur de la Isla Javier y costa afuera (entre 48°S y 48.5°S).

El evento máximo en la región alcanzó una magnitud de 5,3 durante el lapso de registro. Dicho evento se verificó inmediatamente fuera de las ilustraciones citadas, en la placa de Nazca, probablemente asociado al régimen de esfuerzos de las zonas de fractura, y no en la placa Sudamericana como ocurre con el resto de los eventos de interés. Otros sismos de interés fueron aquellos que ocurrieron unos pocos kilómetros hacia el Oeste de Puerto Yungay, fuera del área de estudio, así como un par de eventos en las cercanías de 47.9°S – 73.3°W. Todos son sismos de magnitudes = 1 que ocurren al interior de la placa continental Sudamericana y no en el contacto entre ésta y la placa oceánica de Nazca. Lo más probable es que estos sismos sean una respuesta a zonas de debilidad en la placa continental. La incertidumbre de las localizaciones epicentrales (Departamento de Geofísica, U. de Chile, 2009) se estimó en unos 5 km en la componente E-W y de 3 km en la componente N-S y alrededor de unos 6 km en la profundidad. Esta incertidumbre, según la misma fuente, aumenta a medida que los epicentros se alejan más allá de la apertura de la red de estaciones instalada, que en este caso es de unos 50 kms.

Sobre el conjunto de estructuras que conforma la Zona de Falla Caiquenes y que controla la dirección del valle del río del Camino, se ha detectado muy escasa microsismicidad con magnitudes menores a 1 y profundidades de hasta 4,5 kms, unos 5,5 kms al norte de Puerto Yungay, fuera del sector de mapeo (Ilustración 15 y Tabla 3). La forma más o menos recta del valle en sentido N-S y la microsismicidad registrada, permitieron sugerir la posibilidad que los lineamientos N-S a NNE podrían corresponder a la continuación hacia el sur del sistema estructural Lago Guillermo–Ventisquero Nef, el cual incluye la denominada falla Cachet (Menlick et al., 2009), con presunta “actividad” neotectónica. Las observaciones realizadas en especial inmediatamente al norte de nuestra zona de estudio (AURUM-INGEROC, 2010a, b) no permiten sostener dicha posibilidad, ya que nada indica que haya conexión ni continuidad espacial con el mencionado sistema estructural. La Ilustración 16 en círculos azules indica: sismicidad con profundidades focales menores que 30 km, registrados entre mayo y julio de 2009. Los Círculos amarillos indican: sismicidad observada durante 2005 y 2006 (Bataille, 2006 in Informe de Línea Base del EIA - Departamento de Geofísica U. de Chile). Se destaca en la figura el cúmulo de sismos alineados N50 a 80W al oeste de la estación Baker 2 (BAK2).

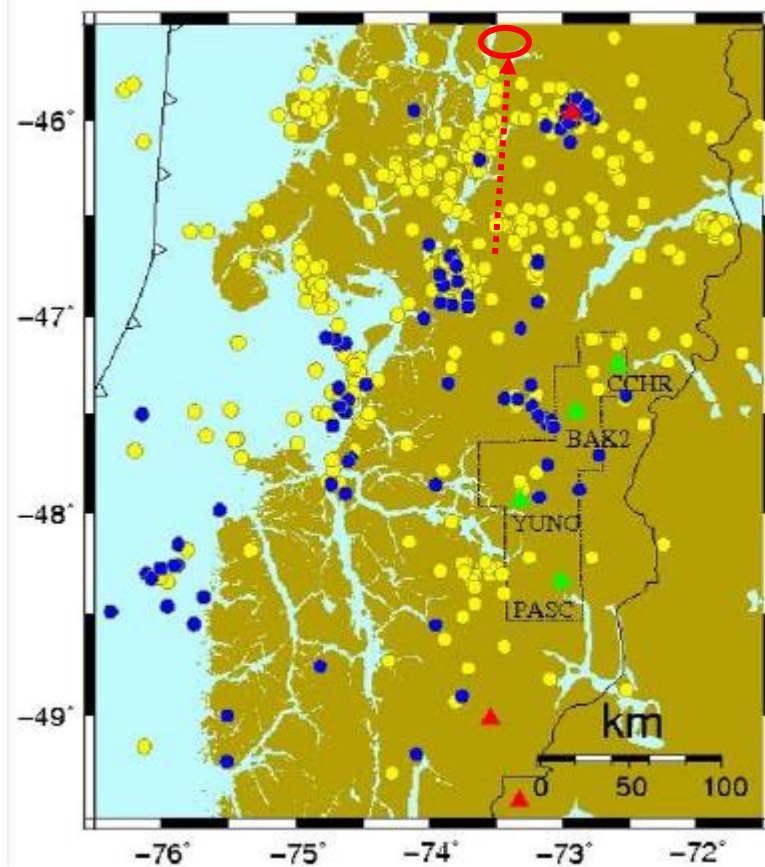


Ilustración 16 REGISTRO DE SISMS DE PROFUNDIDAD FOCAL MENOR QUE 30KM.

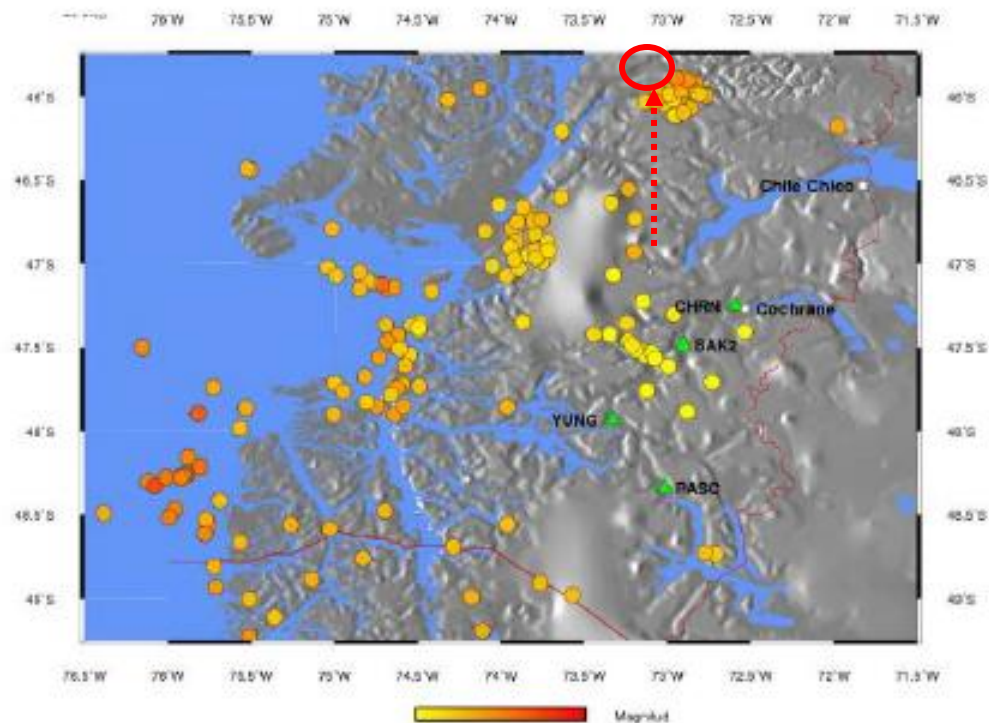


Ilustración 17 MAPA DE EPICENTROS

La ilustración anterior presenta el registro durante el período 30 de abril al 31 de julio a partir de la red local instalada por el Departamento de geofísica de la U. de Chile. En triángulos verdes se distinguen las 4 estaciones sismológicas

4.6 Geología Sector aeródromo Raúl Marín Balmaceda

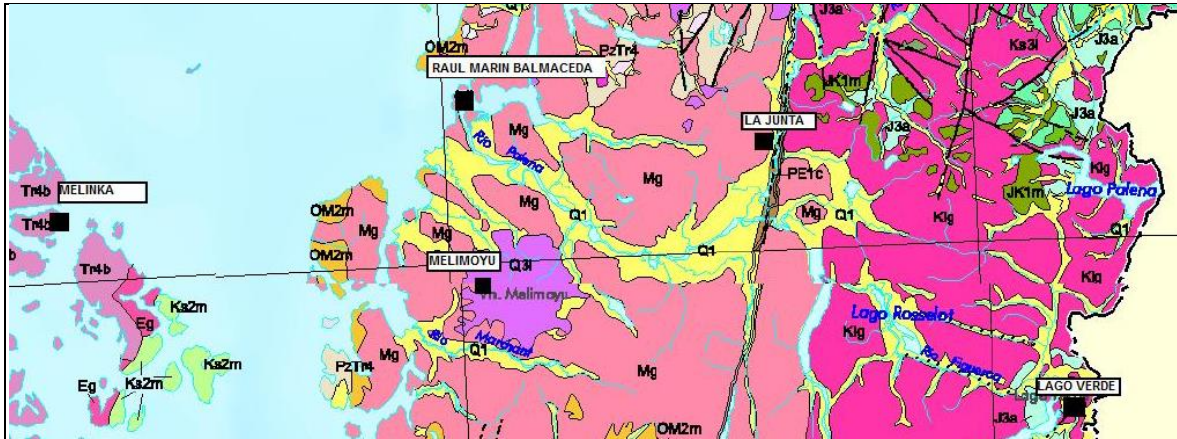


Ilustración 18 PLANTA GEOLOGICA DEL SECTOR EN ESTUDIO

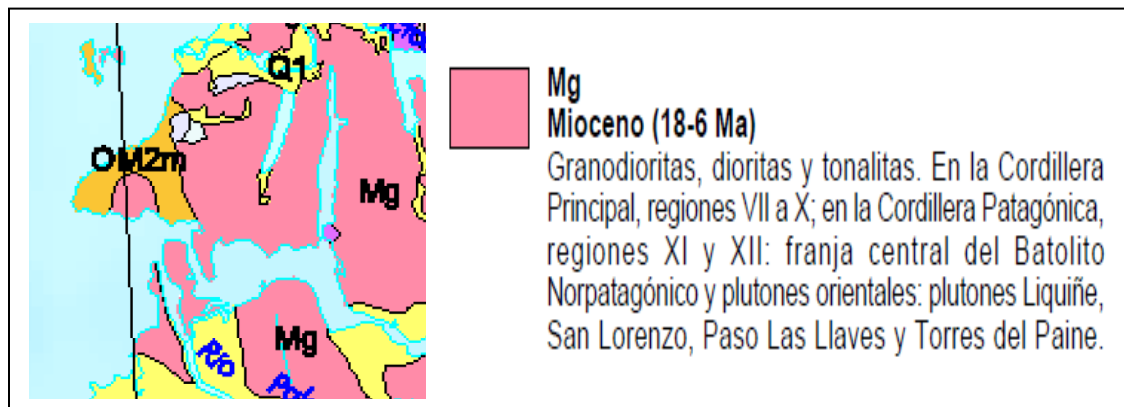


Ilustración 19 UNIDADES GEOLOGICAS PRESENTES

4.7 Modelo Estratigráfico

La estratigrafía adoptada corresponde a rellenos granulares superficiales colocados durante la construcción de la pista existente capa bajo la cual subyacen suelos granulares y/o areno gravosos a arenosos.

El modelo estratigráfico para este aeródromo en particular se presenta en la Ilustración 20 que muestra el perfil estratigráfico obtenido a partir de las columnas estratigráficas de las calicatas. La Ilustración 21 presenta marco geológico regional

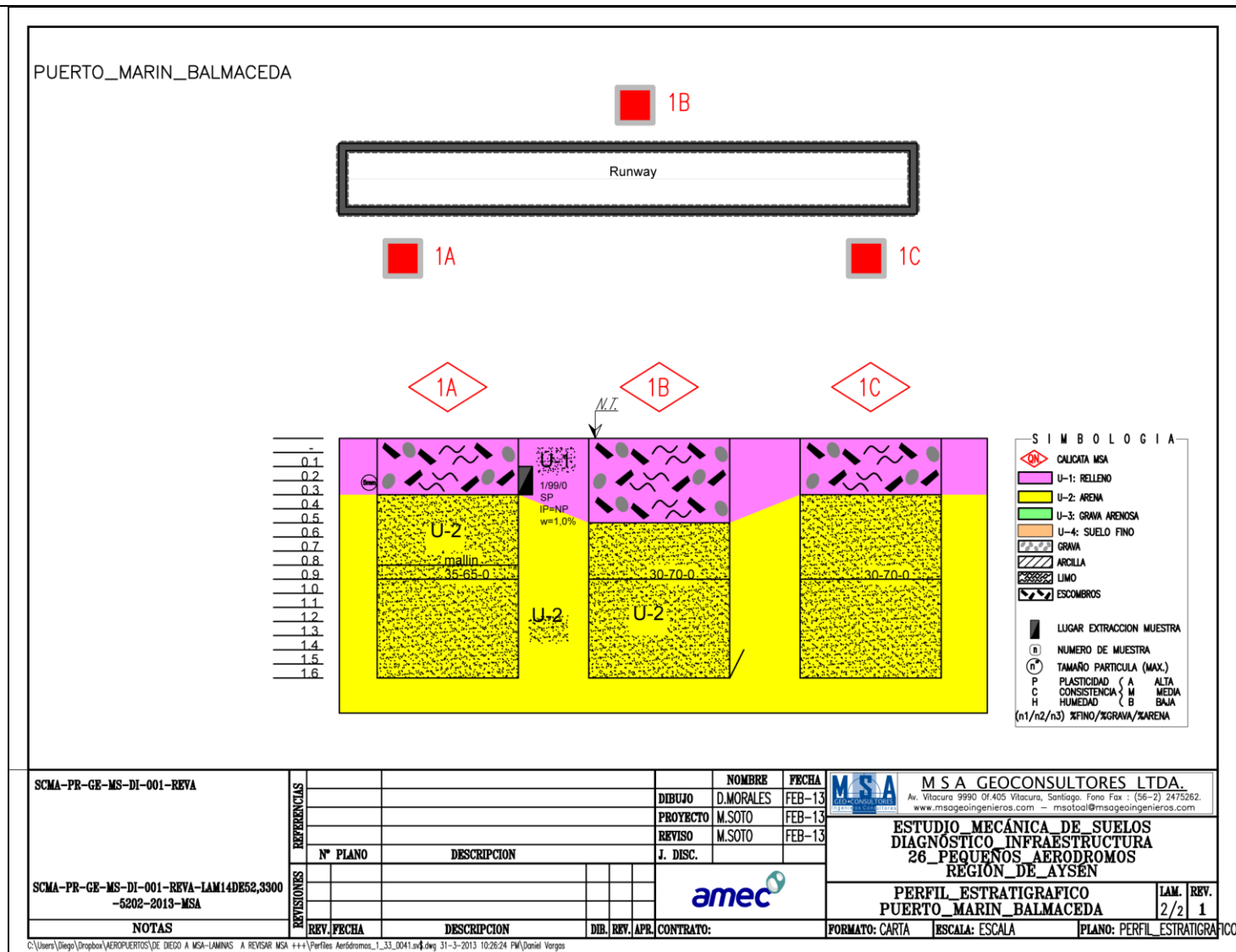


Ilustración 20 PERFIL ESTRATIGRÁFICO MODELO

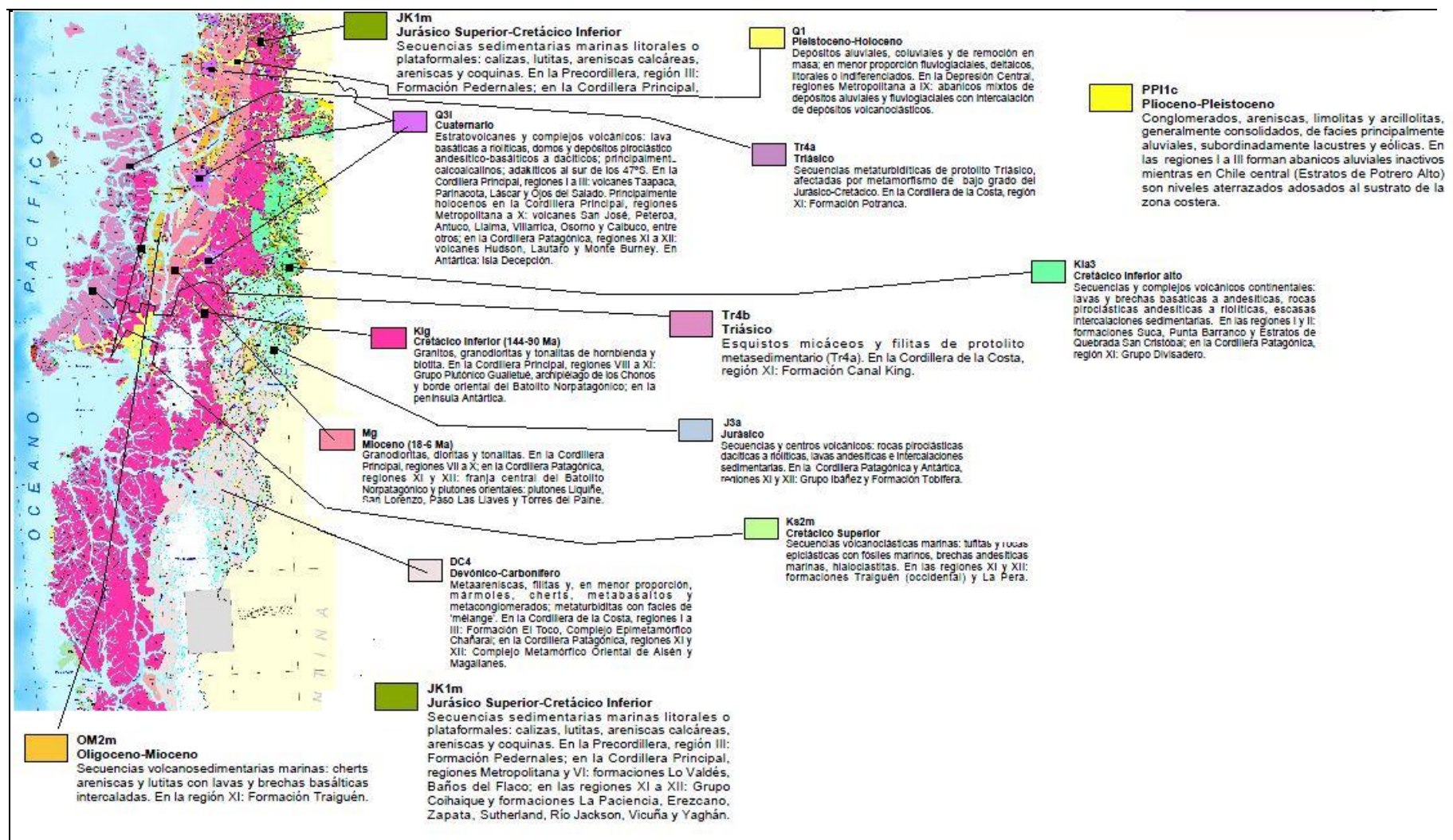


Ilustración 21 SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA REGIONAL

1	RAUL MARIN BALMACEDA	PI3	Mg	Q3l	O
2	MELINKA	Tr4b			O
3	LA JUNTA	Q1	Mg	Klg	C
4	MELIMOYU	Q1	Mg	Q3l	O
5	LAGOVERDE	Q1	J3a	Klg	E
6	PUYUHUPI	Mg	Q3l		O
7	ESTANCIA RIO CISNES	Q1	Qc		E
8	VILLA TAPER	Q1	Klg		E
9	PUERTO CISNES	Q1	OM2		O
10	CALETA ANDRADE	Q1	OM2	Mg	O
11	PUERTO AYSEN	Q1	Klg		O
12	PUERTO IBAÑEZ	Q1	J3a		E
13	RIO EXPLORADORES	Q1	Klg		O
14	RIO MURTA	Q1	Klg		O
15	FACHINAL	Q1	J3a		E
16	CHILECHICO	Q1	J3a	Qlg1	E
17	PUERTO SANCHEZ	DC4	Klg		E
18	LAGUNA SAN RAFAEL	Q1	Klg		O
19	ENTRADA BAKER	Q1	J3a		E
20	COCHRANE	DC4	J3a	Q1	E
21	CALETA TORTEL = ENRIQUE MAYER S.	Q1	Klg		E
22	RIO BRAVO	DC4	Klg		E
23	ENTRADA MAYER	DC4	J3a	Q1	E
24	RIO PASCUA	DC4			E
25	VILLA O'HIGGINS	DC4	Q1		E
26	LAGUNA REDONDA	DC4	J3a		E

TABLA 4 UNIDADES GEOLOGICAS DE NORTE A SUR Y DE ESTE A OESTE

Se aprecia que en el Nor Oeste están presentes predominantemente las siguientes unidades geológicas:

Mg, Tr4b, Q₁, Q3l, y OM₂ descritas en la Ilustración 21

En el Norte hay mayor presencia de arenas más finas, existiendo mayor uniformidad estratigráfica. En el centro hay mayor diversidad estratigráfica existiendo por igual finos, arenas y gravas. Al Sur se presentan gravas y arenas, estas últimas mas gruesas que las del norte.

A su vez en el Nor Este están presentes las siguientes unidades geológicas:

Q₁, Klg, Mg y J3a descritas en la Ilustración 21. El sector oriental centrico de la Región están presentes: Q₁, Klg, J3a. El sector poniente centro de la Región están presentes Q₁, Klg, Mg, OM₂. El sector sur oriental de la Región están presentes las siguientes unidades: DC4, Q₁, Klg, J3a descritas en Ilustración anterior.

En le sector de interés están presentes las siguientes unidades Mg, PI3 y Q3l descritas en la Ilustración 21.

5. PROPIEDADES INDICE

Se entregan a continuación propiedades índice del subsuelo según antecedentes de acápite 1.4, consideraciones indicadas en acápite 1.5 y resultados de laboratorio.

5.1 Ubicación de Los Suelos Finos Presentes en la Carta de Plasticidad

En la Ilustración siguiente, se muestra la ubicación de los suelos finos de la matriz; se trata de arcillas, arcillas limosas, limos arcillosos y arcillas limosas de plasticidades bajas a muy bajas. Las muestras se ubicaron en el promedio del rango definido de la zona.

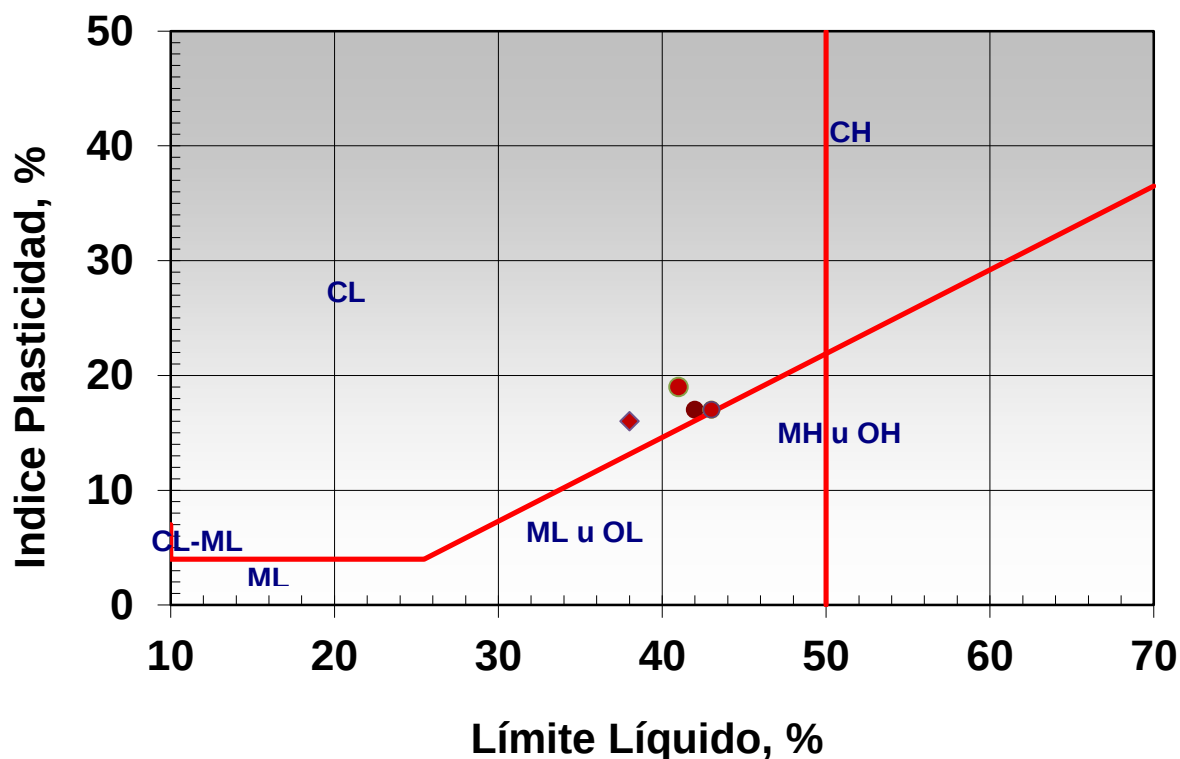


Ilustración 22 UBICACIÓN DE FRACCIONES MAS FINAS EN CARTA DE PLASTICIDAD

5.2 Granulometría

La Ilustración siguiente, presenta las curvas granulométricas de suelos granulares GP (U-3) y suelos areno limosos (U-2) homologados presentes en este caso que clasifican SM.

En gráfico se presenta en color negro la curva granulométrica de la subrasante de la pista.

Se presentan además las curvas granulométricas de los 26 aeródromos. Se aprecian los siguientes tipos de suelo:

Gravosos (curvas de color verde), arenosos (curvas amarillas), suelos limosos no plásticos (curvas color café y anaranjado).

Se presentan las bandas para los rellenos estructurales que conformarán base y subbase de pavimentos flexibles.

La banda recomendada por la DAP para tamaño máximo de 2" está representada por el sector achurado rojo.

La banda que recomienda esta oficina es más restrictiva respecto del material fino, aunque es más amplia respecto de arenas.

En el Capítulo 9 se entrega revisión de recomendaciones DAP respecto de la banda recomendada, considerando la disponibilidad de empréstitos en el entorno, propiedades del suelo natural como para ser usado en eventuales mejoramientos.

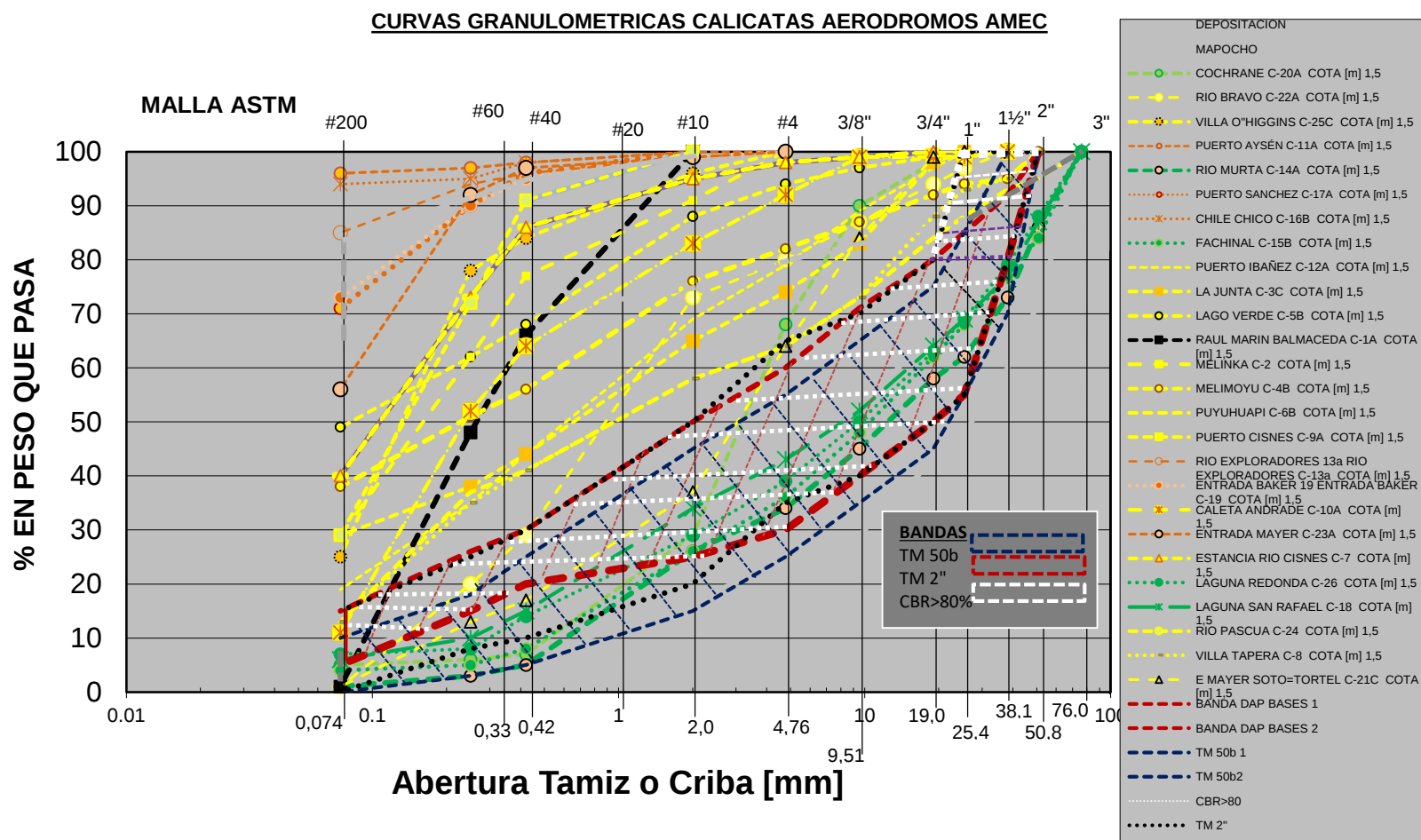


Ilustración 23 CURVAS GRANULOMÉTRICAS Y BANDAS RECOMENDADAS POR DAP

5.3 Pesos Unitarios

Se obtiene a partir de la siguientes relaciones:

Humedad
corregida

USCS	TIPO	CBR	CBR _{FAA}	γ_d	γ_d	γ_d FAA	G	e	ω	ω	S	γ_w	γ_w	k	k _{FAA}
		%	%	t/m ³	pcf	pcf		%	%	%	%	t/m ³	pcf	pci	pci
SP	D	17,0	15-25	1,39	87,0	105-120	2,718	0,951	22,00	1,00	62,91	1,700	106,1	213,7	200-300

TABLA 5 RESUMEN PROPIEDADES INDICE

Se adopta una humedad del 22% dado que el valor medido en la muestra es muy bajo (1,0%) y no es realista, fue obtenido en muestra que perdió humedad durante traslados. Si consideramos humedad de ensaye, la saturación y otros parámetros resultan anómalos.

Para efectos de diseño, ante variaciones estacionales del grado de saturación, recomendamos adoptar en este proyecto.

Peso unitario Húmedo (γ_w)

SUELO ARENOSO (U-2) $\gamma_w = 1,700$ t/m³

Peso unitario Seco γ_d :

SUELO ARENOSO (U-2) $\gamma_d = 1,390$ t/m³

Humedad ω :

SUELO ARENOSO (U-2) $w = 22\%$

En el Capítulo 6, acápite 6.4 se comparan los valores que entrega la Tabla 5 con los que entrega el Advisory Circular 150/5320-6E "Airport Pavement Design and evaluation" de la U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (Referencia 1.4.6).

5.4 Propiedades Mecánicas para Cargas Estáticas

Las ecuaciones que se presentan en siguientes acápites son las adoptadas para el diseño y corresponden a las obtenidas para suelos homólogos a los presentes a partir de numerosos ensayos de laboratorio y de terreno desarrollados sobre muestras extraídas de calicatas de prospección para proyectos desarrollados en Punta Arenas, los que se aprecian similares a los detectados en esta campaña.

La homologación y por ende la aplicación de los modelos es válida toda vez que los suelos cuentan con granulometrías y propiedades índice equivalentes como se mostró en anterior Capítulo.

5.5 Módulos de Deformación para Suelos Arenosos (U-2)

La homologación y por ende la aplicación de los modelos es válida toda vez que los suelos cuentan con granulometrías y propiedades índice equivalentes como se mostró en anterior Capítulo. módulos de deformación para suelos arenosos(u-2).

Se adopta en forma conservadora para el diseño:

$$E = 2000 + 210 Z^{1.3} \quad \text{para} \quad Z < 12\text{m}$$

Ecuación 1

E se expresa en (ton/m²) si la profundidad **Z**, medida desde la superficie del terreno, se expresa en (m)

6. BASES DE DISEÑO

6.1 Tipo y Profundidad De Fundación

El paquete estructural deberá apoyarse directamente en la Unidad **U-2**, a una profundidad estimada en 1,2m desde el nivel de terreno.

Para estructuras eventuales dadas las características del suelo y el tipo de estructura a fundar, se recomienda el empleo de fundaciones apoyadas directamente. El sistema de fundación estará compuesto por zapatas corridas y aisladas apoyadas sobre el suelo natural.

Todas las fundaciones se deberán apoyar en los suelos arenosos descritos como unidad **U-2**, respetando los valores admisibles mencionados en la sección siguiente. El sello de fundación deberá definirse penetrando un mínimo de 20cm en este estrato.

Para cada eventual unidad estructural contenida en el proyecto, el sello de fundación deberá ser homogéneo y estar constituido por un solo tipo de material a fin de garantizar continuidad de rigideces y evitar asentamientos diferenciales que puedan traducirse en agrietamiento o fractura de las estructuras.

El sello de fundación deberá ser plano y horizontal

6.2 Tensiones de contacto admisibles para eventuales estructuras

Para efectos de dimensionar las fundaciones , se establecen las siguientes tensiones de contacto admisibles a nivel de sello de fundación:

$$\sigma_{adm} = 1,8 \text{ kg / cm}^2 \text{ solicitudes estáticas permanentes}$$

$$\sigma_{adm} = 2,5 \text{ kg / cm}^2 \text{ solicitudes estáticas permanentes + eventuales (sismo)}$$

6.3 Constantes de Balasto para fundaciones de estructuras

Para efectos de determinar los asentamientos que experimentará el sistema de fundación, se recomienda emplear los valores de constante de balasto para cargas normales determinados a partir de la siguiente relación:

Se obtiene a partir de:

Zapatas
$$k_v(z) = \frac{E_e(z)}{B \cdot (1 - \nu^2)} (1.30) (1 + (B/2L))$$

Donde:

- D : diámetro del pilote en contacto con el suelo.
- B : Lado menor de una zapata.
- Z : Profundidad medida desde la superficie del terreno.
- E_e: Módulo de deformación para sollicitación estática en carga obtenida con las expresión de la Ecuación 1
- ν: Módulo de Poisson ~ 0.3

Nota: Para obtener la constante de balasto para la componente sísmica de la sollicitación, **multiplicar por 3.0** los valores obtenidos con las relaciones anteriores.

Constante de balasto vertical sísmica (k_v^{sismo})

Se determinará según la siguiente expresión:

$$k_v^{sismo} = 3 k_v$$

La homologación y por ende la aplicación de los modelos es válida toda vez que los suelos cuentan con granulometrías y propiedades índice equivalentes como se mostró en anterior Capítulo.

Grafica de E, k en función de la profundidad:

:

Z	E	K_V PILOTES	K_H PILOTES	K_{vpilas}	K_{hpilas}	$K_{vzapatas}$
0	210	292	178	256		
0,10	211	294	178	258		0
0,20	213	296	180	260	898	234
0,30	214	298	181	262	604	236
0,40	216	301	183	264	457	238
0,50	218	304	185	267	369	240
0,60	221	307	187	270	311	243
0,70	223	310	189	272	269	245
0,80	226	314	191	276	238	248
0,90	228	318	193	279	214	251
1,00	231	321	195	282	195	254
1,10	234	325	198	285	180	257
1,20	237	329	200	289	167	260
1,30	240	333	203	293	156	263
1,40	243	338	205	296	146	267
1,50	246	342	208	300	138	270
1,60	249	346	210	304	131	273
1,70	252	351	213	308	125	277
1,80	255	355	216	312	120	281
1,90	259	360	219	316	115	284
2,00	262	365	222	320	111	288
2,10	266	369	224	324	107	292
2,20	269	374	227	328	103	296

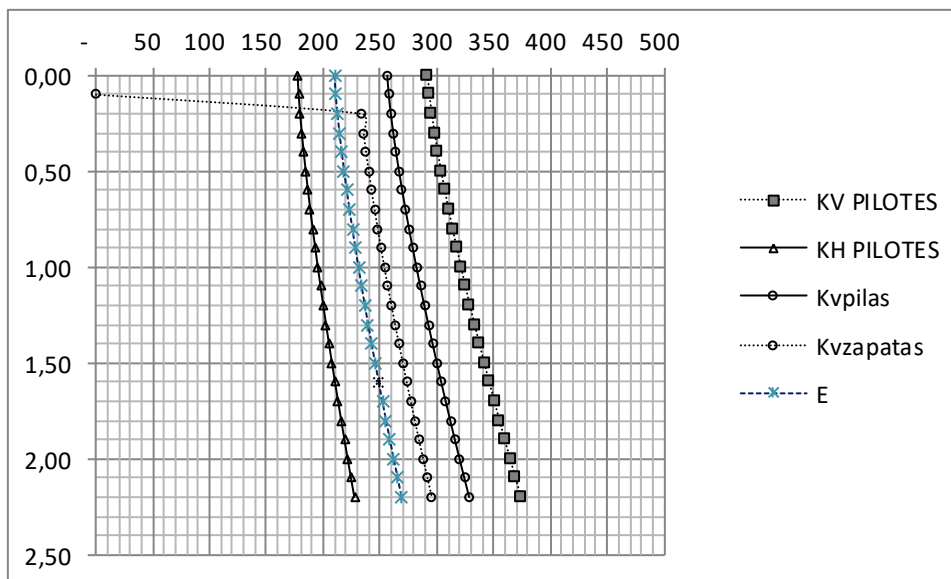


TABLA 6 MODULO DE ELASTICIDAD SUELO NATURAL, BALASTOS PARA FUNDACIONES EVENTUALES

6.4 Parametros de diseño de Pistas Aeródromo (CBR,Mr)

El pavimento flexible se diseña considerando la combinación de métodos empíricos basados en parámetros que correlacionan propiedades físicas de materiales (Índice Soporte de California (CBR), Constante de balasto) y de métodos mecanísticos basados en análisis de comportamiento mecánico de materiales (Teoría de Elasticidad (Boussinesq, Burmister), Módulos Elásticos), ya que los primeros sobredimensionan el paquete estructural.

6.4.1 Relaciones entre el modulo de reacción de la subrasante (K), obtenido por Pruebas de Carga, el CBR y el Módulo Dinámico.

Las formulas utilizadas en este caso son las siguientes:

- a. $k = 69,78 \cdot \text{Log}_{10} \text{ CBR} - 10,16$ (Mpa/m)
[Relación recomendada Manual de Carreteras]
- b. $k = \frac{1500 \cdot \text{CBR}^{0,7788}}{26}$ pci
{Relación recomendada FAA}
- c. $M_r = 17,6 \cdot \text{CBR}^{0,64}$ (Mpa) si $2\% < \text{CBR} < 12\%$
[Relación recomendada Manual de Carreteras]
- d. $M_r = 22,1 \cdot \text{CBR}^{0,55}$ (Mpa) si $12\% < \text{CBR} < 80\%$
[Relación recomendada Manual de Carreteras]
- e. El gráfico de la siguiente Ilustración permite estimar el Modulo de reacción a partir de un CBR dado . El gráfico se obtuvo a través de pruebas de carga en terreno.

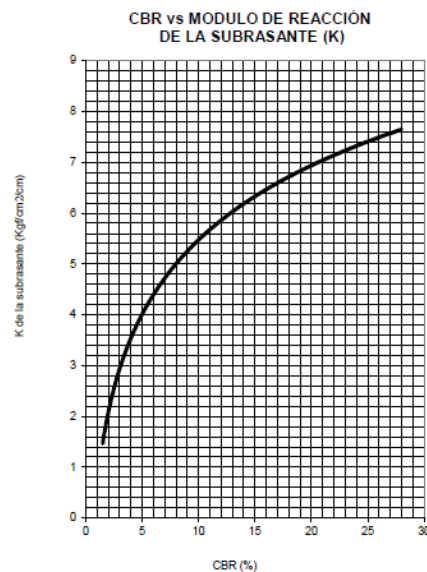


Ilustración 24 MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE EN FUNCION DEL CBR (Ref.1.4.7¹⁸)

¹⁸ Rodrigues y Pitta 1995, Relación entre CBR y k a partir de Pruebas de carga (gráfico Empírico)

6.4.2 Consideraciones necesarias

Los ensayos de CBR en materiales granulares son difíciles de interpretar ya que arrojan valores demasiado altos debido a los efectos de confinamiento del molde. Para suelos granulares la asignación de valores de CBR de la subrasante gravosa en esos casos deberán basarse en el juicio y la experiencia del especialista” según indica el FAA.¹⁹. El procedimiento de diseño de pavimentos de aeródromos de la FAA recomienda un valor máximo subrasante E de 50.000 psi (345 MPa, CBR = 33.3%) para su uso en el diseño.

Según este criterio los valores que entregó el laboratorio se corrigieron cuando se requería, considerando la experiencia de esta consultora. En este caso los valores de laboratorio están dentro de rangos aceptables para el suelo arenoso de la subrasante.

En consideración a la experiencia de esta oficina y antecedentes de CBR en suelos similares se recomienda utilizar para el diseño el CBR= 8 %, validando el que entregó el laboratorio.

6.4.3 Cálculo

La tabla siguiente presenta los valores obtenidos según los modelos indicados en la primera columna, en negrita se indican los valores que aplican en este caso:

a	K	75,60 Mpa/m	279,01	pci	17
		67,15 Mpa/m	247,81	pci	36
b		57,91 Mpa/m	213,71	pci	FAA
c	MR	107,89 Mpa	15648,79	psi	CBR<12%
d		104,99 Mpa	15227,20	psi	12<CBR<80%

TABLA 7 DETERMINACION DE MODULO DE RESILIENTE Y MODULO DE REACCION A PARTIR DEL CBR

Módulo de rigidez k: 75,60 MPa/m = 279,01 pci [Relación recomendada Manual de Carreteras]
213,71 pci = 57,91 MPa/m [relación FAA]
Modulo Resiliente: Mr: 104,99 MPa= 15227,20 psi. [Relación recomendada Manual de Carreteras]

6.5 Tabla de resumen parámetros de diseño

Se contrastaron los resultados obtenidos en laboratorio con las recomendaciones de la Advisory Circular²⁰ que se presentan en la tabla siguiente para arenas limosas, pobremente graduadas:

¹⁹ Advisory Circular 150/5320-6E “Airport Pavement Design and evaluation” de la U.S.Department of Transportation.Federal Aviation Administration remite a recomendaciones del FAA (Ref. 1.4.6)

²⁰ (Ref. 1.4.6)

GRUPOS DE SUELOS		USCS	NOMBRE	CALIDAD COMO BASE NO EXPUESTA A CONGELAMIENTO	CALIDAD COMO BASE SUBYACENTE AL PAVIMENTO	RESISTENCIA A LAS HELADAS	COMPRESIBILIDAD Y EXPANSION	CAPACIDAD DRENANTE	PESO UNITARIO SECO pcf	CBR	MODULO SUBRASANTE k pci	USCS
GRANULARES	ARENAS Y SUELOS ARENOSOS	SP	Arena pobremente graduada	razonable a bueno	No adecuado	nulo a muy leve	casi ninguno	excelente	105-120	15-25	200-300	SP

TABLA 8 COMPARACION CON VALORES REFERENCIALES ADVISORY CIRCULAR 150/5320-6E

Se aprecia que suelo de subrasante tiene propiedades ubicadas en los rangos considerados por la FAA como suelo apto para los efectos de conformar la subrasante para la estructura del pavimento flexible de la pista, y no requiere ser mejorado. Los valores se comparan en la Tabla siguiente.

3	Nº AMEC	USCS	TIPO	CBR	CBR _{FAA}	γ_d	γ_d	γ_d FAA	G	e	ω	ω	S	γ_w	γ_w	k	k _{FAA}
	1			%	%	t/m ³	pcf	pcf		%	%	%	%	t/m ³	pcf	pci	pci
		SP	D	17,0	20-40	1,39	87,0	110-130	2,718	0,951	22,00	0,60	62,91	1,700	106,1	213,71	200-300

TABLA 9 COMPARACION ENTRE VALORES REFERENCIALES FAA Y LOS OBTENIDOS EN LABORATORIO Y/O RECOMENDADOS

Los parámetros son consistentes con la clasificación del suelo.

6.6 Sectorización de valores obtenidos en la región

Las Ilustraciones siguientes presentan gráficamente los parámetros de diseño según propiedades del subsuelo para los 26 aeródromos de la región, y en particular aquellos ubicados en el entorno de Raúl Marín Balmaceda.

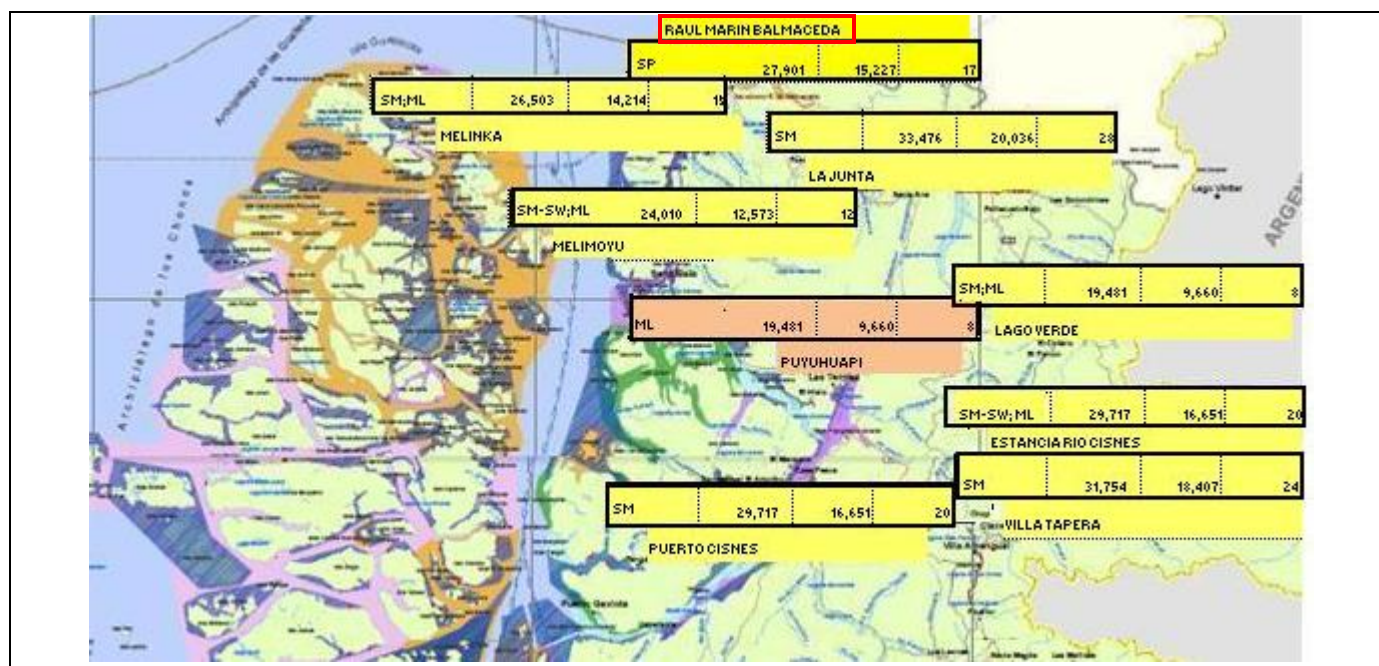


Ilustración 25 CLASIFICACIÓN USCS, MODULOS DE REACCION(k) (pci), RESILIENTE (psi) y CBR (%) EN EL ENTORNO DE INTERÉS.

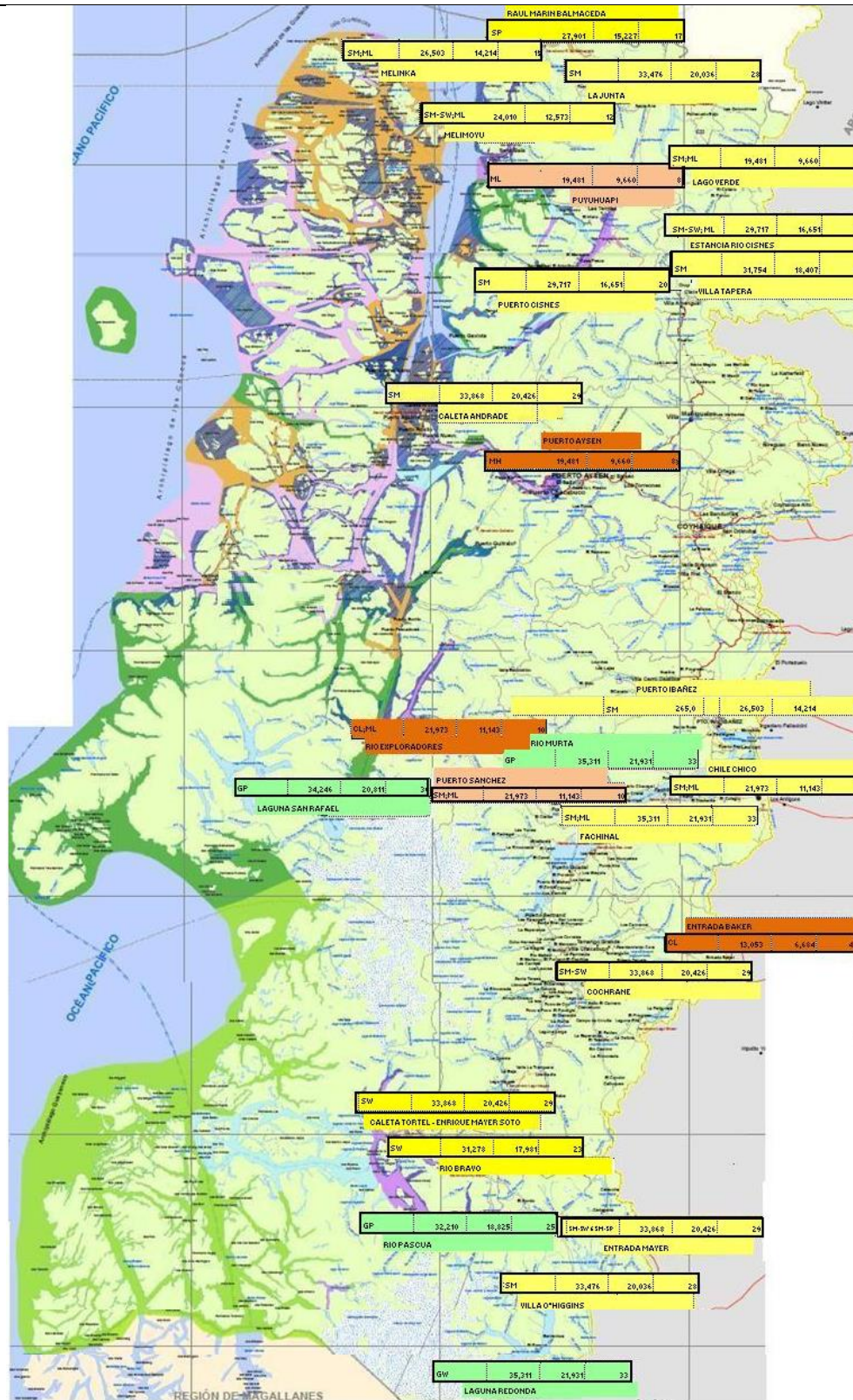


Ilustración 26 SECTORIZACIÓN SEGÚN CLASIFICACIÓN USCS, MODULOS DE REACCION(k),RESILIENTE y CBR

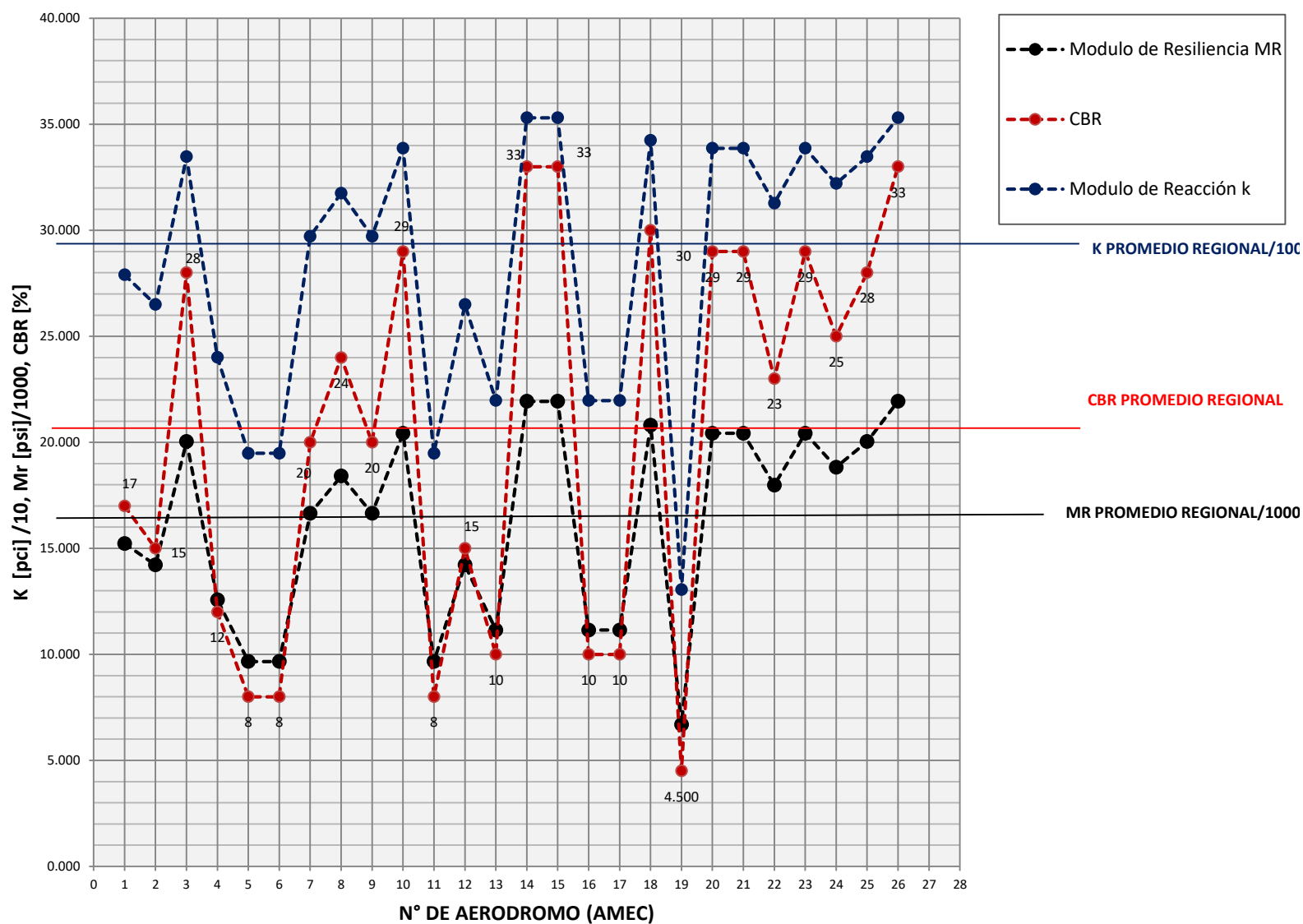


Ilustración 27 k Y MR EN FUNCIÓN DE CBR EN AERODROMOS XI REGIÓN Y EN RAÚL MARÍN BALMACEDA

	N°AMEC	AERÓDROMO	USCS	K/100	MR/1000	CBR	CODIGO	antecedentes	SFC
							AMEC	EMPRESTITO	
15	1	RAUL MARIN BALMACEDA	SP	27,901	15,227	17	SCMA	ok doc adjunt o	Adocreto
16	2	MELINKA	SM;ML	26,503	14,214	15	SCMK	ok doc adjunt o	Asfalto
13	3	LA JUNTA	SM	33,476	20,036	28	SCLJ	ok doc adjunt o	Maicillo compacto
17	4	MELIMOYU	SM-SW;ML	24,010	12,573	12	SCOO	ok doc adjunt o	Ripio compacto
14	5	LAGOVERDE	SM;ML	19,481	9,660	8	SCVE	ok doc adjunt o	Ripio
18	6	PUYUHUAPI	ML	19,481	9,660	8	SCPH	ok doc adjunt o	Asfalto
21	7	ESTANCIA RIO CISNES	SM-SW;ML	29,717	16,651	20	SCRE	no hay oficial	Ripio
19	8	VILLA TAPERA	SM	31,754	18,407	24	SCRC	no hay oficial	Ripio
20	9	PUERTO CISNES	SM	29,717	16,651	20	SCPK	no hay oficial	Ripio Compacto
22	10	CALETA ANDRADE	SM	33,868	20,426	29	SCIH	no hay oficial	Asfalto
7	11	PUERTO AYSEN	MH	19,481	9,660	8	SCAS	no hay oficial	Asfalto
12	12	PUERTO IBAÑEZ	SM;ML	26,503	14,214	15	SCII	no hay oficial	Pasto
23	13	RIO EXPLORADORES	CL;ML	21,973	11,143	10	SCEX	no hay oficial	Ripio Compactado
8	14	RIO MURTA	GP	35,311	21,931	33	SCRU	no hay oficial	Ripio
11	15	FACHINAL	SM;ML	35,311	21,931	33	SCFC	no hay oficial	Ripio
10	16	CHILECHICO	SM;ML	21,973	11,143	10	SCCC	no hay oficial	Tierra Ripio
9	17	PUERTO SANCHEZ	SM;ML	21,973	11,143	10	SCSZ	no hay oficial	Asfalto
5	18	LAGUNA SAN RAFAEL	GP	34,246	20,811	30	SCRF	no hay oficial	Asfalto
1	19	ENTRADA BAKER	CL	13,053	6,684	4,5	SCEB	no hay oficial	Ripio
2	20	COCHRANE	SM-SW	33,868	20,426	29	SCHR	ok doc adjunt o	Asfalto
3	21	CALETA TORTEL=ENRIQUE MAYER SOTO	SW	33,868	20,426	29	SCCR	ok doc adjunt o	Ripio
4	22	RIO BRAVO	SW	31,278	17,981	23	SCRB	ok doc adjunt o	Ripio
25	23	ENTRADA MAYER	SM-SW 6 SM-SP	33,868	20,426	29	SCEY	no hay oficial	Ripio
26	24	RIO PASCUA	GP	32,210	18,825	25	SCTP	no hay oficial	Ripio
6	25	VILLA O'HIGGINS	SM	33,476	20,036	28	SCOH	no hay oficial	asfalto
24	26	LAGUNA REDONDA	GW	35,311	21,931	33	SCIO	no hay oficial	ripio
PROMEDIO ARCILLAS				18,169	9,162	7,5			
PROMEDIO ARENAS LIMPIAS				31,016	17,878	23,0			
PROMEDIO ARENAS				29,537	16,914	21,4			
PROMEDIO FINOS				20,727	10,401	9,0			
PROMEDIO GENERAL				28,446	16,239	20,4			
PROMEDIO GRAVAS				34,270	20,874	30,3			

TABLA 10 VALORES OBTENIDOS CON MODELOS, ANALISIS Y/O ENSAYES

7. CLASIFICACIÓN SISMICA DEL SUBSUELO

Este capítulo entrega la clasificación sísmica del suelo de acuerdo a la Norma Chilena “NCh433.Of.1996 Mod. 2009 Diseño Sísmico de Edificios” considerando el “Decreto N° 61 del 2 de Noviembre del 2011”. Dicho decreto fija el diseño sísmico de edificios post gran sismo del Maule (Febrero 27, 2010).

7.1 GENERALIDADES

El presente acápite se refiere a la caracterización de la subrasante y/o de fundación de eventuales futuras estructuras, según la velocidad de transmisión de las ondas de corte y otros parámetros que considera la Norma Chilena Sísmica (NCh 433 Of. 96, Modificación 2010 para diseño de estructuras.

Esto considerando las aceleraciones medidas por la Universidad de Chile, cuyo registro se presenta en las Ilustraciones siguientes y en la Tabla 8 que resume mediciones en acelerógrafos.

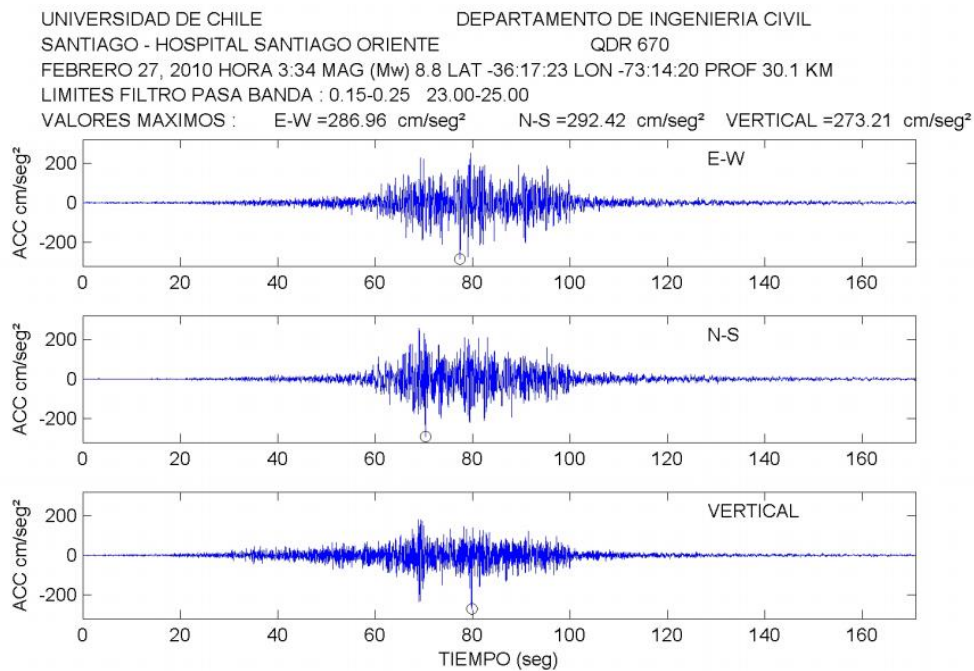


Ilustración 28 REGISTRO DE ACELERACIONES F/27 2010

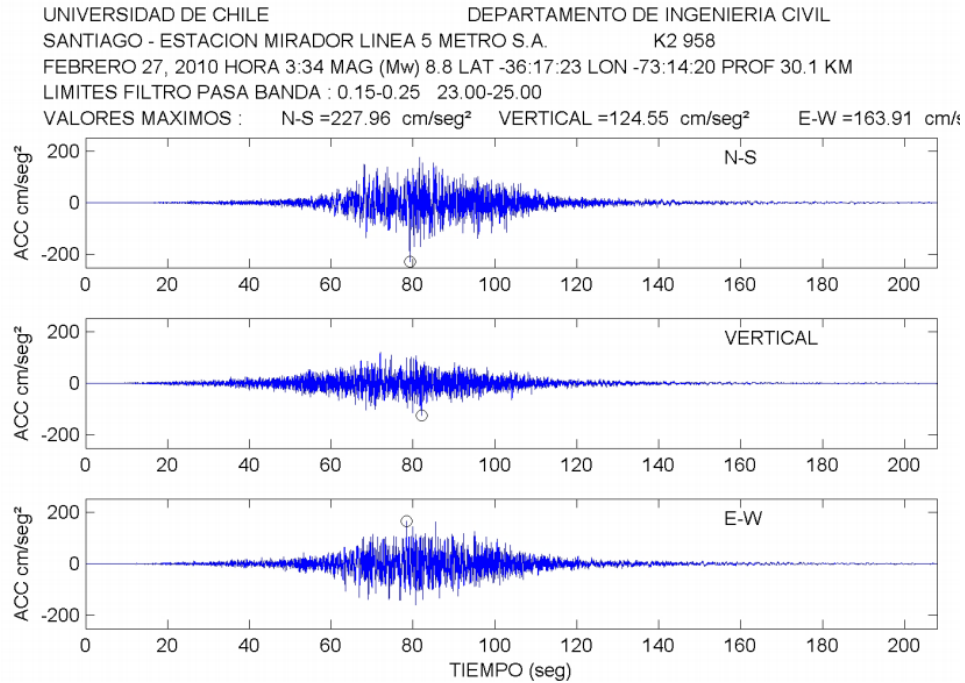


Ilustración 29 REGISTRO DE ACELERACIONES F/27 2010

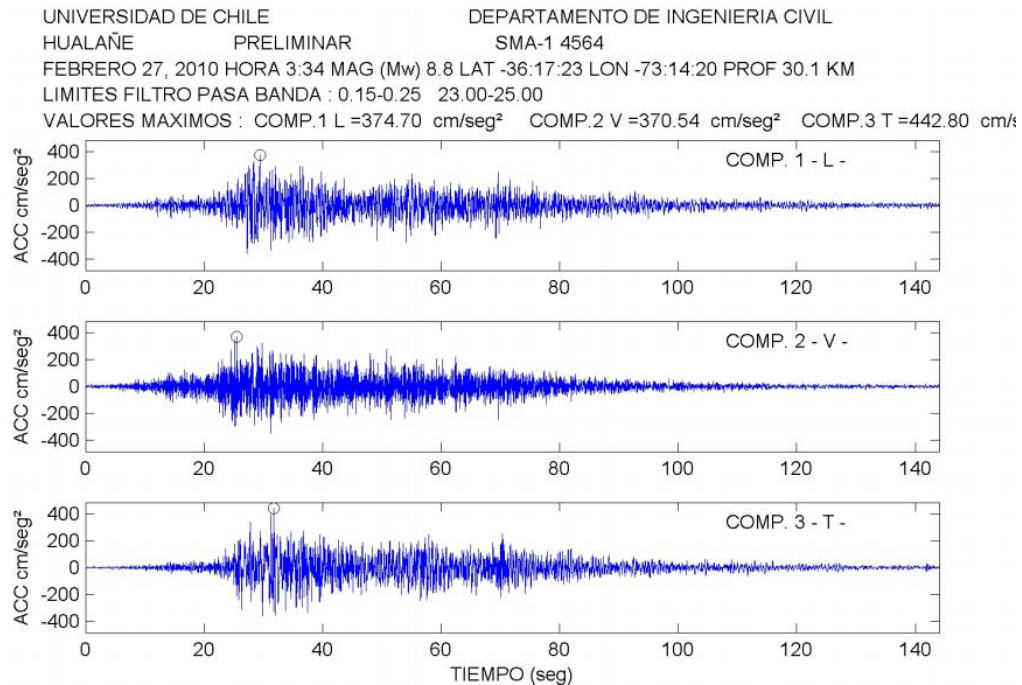


Ilustración 30 REGISTRO DE ACELERACIONES F/27 2010

Localidad	Estación	Azimut	Aceleraciones máximas (g)					
			Canal 1		Canal 2		Canal 3	
Santiago, FCFM (1) RM	ETNA	0	EW	0.183	NS	0.186	V	0.138
Santiago, centro RM	SSA-2	270	Long.	0.218	V	0.182	Trans.	0.309
Santiago, Maipú RM	QDR	0	EW	0.478	NS	0.551	V	0.240
Santiago, Peñalolen RM	QDR	0	EW	0.293	NS	0.295	V	0.280
Santiago, Puente Alto RM	QDR	0	EW	0.263	NS	0.265	V	0.130
Santiago, La Florida RM	K2	0	NS	0.236	V	0.130	EW	0.165
Matanzas (VI Región)	SMA-1	0	Long.	0.342	V	0.234	Trans.	0.308
Huastote (VII Región)	SMA-1	0	Long.	0.389	V	0.390	Trans.	0.461
Curico (VII Región)	QDR	150	NS	0.470	V	0.198	Trans.	0.409
Talca (VII Región)	SMA-1	0	Long.	0.477	V	0.244	Trans.	0.424
Constitución (VII Región)	SMA-1	0	Long.	0.552	V	0.352	Trans.	0.640

Notas:

- 1 - Instrumento en interior de edificio, interacción con estructura. No corresponde a instrumento de campo libre.
 2 - Condición de estación en proceso de evaluación, evaluación interacción equipo-estructura-suelo.
 3 - Misma estación donde se registro el Terremoto de 1985 pero no necesariamente misma orientación.

TABLA 11 ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS FEBRERO 27 DE 2010

7.2 ACELERACIÓN MÁXIMA HORIZONTAL MEDIDA EN LA REGIÓN ²¹

La supondremos similar a la máxima medida en Stgo.

Las velocidades no fueron medidas directamente sino que se adoptaron las velocidades de **suelos homologados** durante el evento sísmico de Febrero 27 de 2010, para ello se consideran mediciones ejecutadas para obras indicadas en Capítulo 2.

SUELO TIPO	DESCRIPCIÓN	V _s	q _u [MPa]	N1	Su
D	U-2	>=180		>=30	>=0,05
		(mayor o igual)	(mayor o igual) $\epsilon_{qu} < 2\%$		

TABLA 12 VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN SUELOS FINOS U-2

Se asumió una velocidad de onda de corte mayor o igual a 180 m/s para el suelo de fundación y en profundidad, con N1 >30 (conservador) y deformaciones menores al 2%, con Su > 0,05 MPa²², habiéndose constatado que ella -en suelos homólogos al del terreno en estudio- aumenta monótonamente con la profundidad (compacidad aumenta con la profundidad) hasta los 30m.

²¹ Informe Depto. Ingeniería Civil U de Chile post Sismo 2010

²² No existe en este caso riesgo de licuación ya que entre otros factores el suelo tiene porcentaje de finos >15%

A la profundidad de interés el suelo está constituido por suelos areno limosos a arenosos como se indicó en los capítulos 3 y 4.

7.3 CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE FUNDACION (U-2), NCH 433 OF.96, REV. 2009; DECRETO N° 61, 2 DE NOVIEMBRE 2010.²³

Según el comportamiento sísmico se entrega la Tabla 10 que establece los Tipos de Suelo según las propiedades de compacidad, la velocidad de transmisión de ondas de corte, resistencia a la compresión para deformaciones unitarias menores al 2%.

Suelo Tipo		V_{s30} (m/s)	RQD	q_u (MPa)	(N_1) (golpes/pie)	S_u (MPa)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	$\geq 50\%$	≥ 10 ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$)		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500		$\geq 0,40$ ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$)	≥ 50	
C	Suelo denso o firme	≥ 350		$\geq 0,30$ ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$)	≥ 40	
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180			≥ 30	$\geq 0,05$
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180			≥ 20	$< 0,05$
F	Suelos Especiales	*	*	*	*	*

N_1 : Índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 MPa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas

RQD: Rock Quality Designation, según norma ASTM D 6032

q_u : Resistencia a la compresión simple del suelo

ϵ_{qu} : Deformación unitaria desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple

S_u : Resistencia al corte no-drenada del suelo

TABLA 13 CLASIFICACION SÍSMICA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

²³ En geneal esta explicación no se entrega, sin embargo en esta oportunidad se hace a solicitud de IF.

La normativa chilena permite que para aquellas estructuras que no tengan más de dos niveles y/o pisos y que no presenten una altura mayor a 8 metros, no se justifique V_{s30} con mediciones in situ ni tampoco obliga a justificar valores del Índice de Penetración o resistencia no drenada en una profundidad de 30 metros. Se deben cumplir la norma NCh 1508 Of.2008, descartando la presencia de suelos licuables, susceptibles de densificación sísmica, colapsable, orgánico o turba.

La norma indica que para suelo Tipo C se debe justificar V_{s30} más N_1 en caso de arenas, y q_u en caso de suelos finos con la salvedad indicada en el párrafo anterior.

En el caso de suelos granulares gruesos, donde no resulta posible el uso del índice de penetración, se deberá proporcionar una descripciónstratigráfica del terreno hasta una profundidad de 30 metros, medidos desde la superficie natural, indicando el tamaño máximo nominal de partícula cada 5 metros de profundidad.

En el caso que sólo se disponga del perfil de Vs en profundidad²⁴ y que dicho perfil indique claramente que Vs aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que $V_{s30} > 350$ m/s, se podrá clasificar automáticamente como suelo Tipo D sin necesidad de mayores mediciones.

El Suelo Clasifica **Tipo D, Zona 2**²⁵.

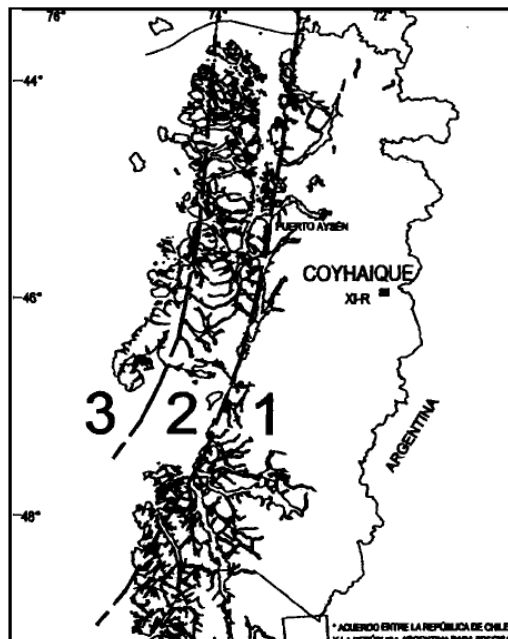


Ilustración 31 ZONAS SÍSMICAS NCH 433 REGIÓN EN ESTUDIO

²⁴ Se cuenta con perfiles para suelos homologados

²⁵ Clasificación que entrega especialista de acuerdo a resultados de laboratorio, observaciones de terreno y base de datos antecedentes.

El espectro de diseño que determina la resistencia sísmica para eventuales futuras estructuras está dado por los parámetros dependientes del tipo de suelo, que son los siguientes:

SUELO TIPO	S	T_0 seg	T' seg	n	p
D	1,20	0,75	0,85	1,80	1,0

TABLA 14 PARAMETROS DEPENDIENTES DEL SUELO PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS

Tipo de Suelo	S	T_0 seg	T' seg	n	p
A	0.90	0.15	0.20	1.00	2.0
B	1.00	0.30	0.35	1.33	1.5
C	1.05	0.40	0.45	1.40	1.6
D	1.20	0.75	0.85	1.80	1.0
E	1.30	1.20	1.35	1.80	1.0
F	*	*	*	*	*

TABLA 15 PARAMETROS DEPENDIENTES DEL SUELO SEGÚN TIPO DE SUELO

NCh 433 Of.96²⁶

²⁶ Tabla corregida que entrega DS N° 61, 2 Noviembre 2010, respecto de la original de NCh 433 Of..96,Rev. 2009.

8 SECUENCIA GENERAL DE EXCAVACIONES Y NORMAS DE SEGURIDAD

El contratista deberá decidir y abordar esta materia para compatibilizarla con su metodología y planificación constructiva considerando lo expuesto en capítulos anteriores en lo referente a taludes, secuencias constructivas respetando la norma Nch 349 Of. 1999, respecto de la seguridad en excavaciones.

Se debe dar cumplimiento a todas las normas chilenas de seguridad en excavaciones, y efectuar todas las entibaciones correspondientes.

Las presentes especificaciones y recomendaciones se refieren a aspectos de tipo constructivo relacionados en forma específica con la ejecución de las excavaciones para eventuales fundaciones y en la zona de la futura pista.

8.1 Rellenos En Zona De Excavaciones

Se considera que las fundaciones serán concretadas contra terreno ya que el suelo permite taludes verticales para conformar el cajeo de las zapatas y no se consideran rellenos de sobre excavaciones en torno a fundaciones. En el caso que los hubiese, se utilizará una grava arenosa compactada o bien- en caso de existir problemas de espacio- hormigón pobre.

Las presentes especificaciones y recomendaciones se refieren a aspectos de tipo constructivo relacionados en forma específica con la ejecución de las excavaciones para eventuales fundaciones y en la zona de la futura pista ..

8.2 Rellenos

Comprenden los rellenos de sobre-excavaciones que eventualmente pudieran producirse. El citado espacio deberá rellenarse con suelo cemento que se confeccionará con grava arenosa con tamaño máximo de 3", la que se mezclará con cemento en una dosis mínima de 2 sacos de cemento por m³ de suelo cemento elaborado.

La mezcla se preparará en betonera, con un contenido de agua suficiente como para obtener la consistencia de un hormigón medianamente fluido. El suelo cemento se colocará compactado con vibradores de inmersión.

8.3 Taludes

Los taludes temporales no podrán superar los tendidos que se indican en la tabla siguiente:

TABLA 11 TENDIDOS DE TALUDES	
Altura (m)	Tendido (H:V)
0 a 2	1:2
2 a 4	1:4
4 a 12	1:3

TABLA 16 TENDIDOS DE TALUDES

9. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS GENERALES

9.1 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:

La Ilustración siguiente presenta las bandas recomendadas por esta oficina, por la DAP y otras que se pueden utilizar sin comprometer calidad del relleno.

9.1.1 Recomendación MSA

CRIBA O MALLA ASTM	% EN PESO PASANDO ²⁷
	<u>T_{max} 2"</u>
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

TABLA 17 RECOMENDACIÓN TMAX 2"

9.1.2 Recomendación DAP según tamaño máximo

²⁷ Banda granulométrica recomendada por esta oficina para material de base, T_{máx.} 2". La Ilustración 35 presenta las bandas recomendadas por MSA, DAP y otras que se pueden utilizar sin comprometer calidad del relleno.

CRIBA O MALLA ASTM	% EN PESO PASANDO	% EN PESO PASANDO	% EN PESO PASANDO
	<u>T_{max} 2"</u>	<u>T_{max} 1½"</u>	<u>T_{max} 1"</u>
2"	100		
1 ½"	55-85	100	
1"	55-85	70-95	100
¾"	50-80	55-80	70-100
⅜"	40-70	-----	-----
Nº 4	30-60	30-60	35-65
Nº 10	-----	-----	-----
Nº 40	20-30	20-30	15-30
Nº 200	5-15	5-15	5-15

TABLA 18 RECOMENDACIÓN DAP TMAX 2", 1 ½", 1"

9.1.3 Recomendación según CBR (CBR>80)

CRIBA O MALLA ASTM	% EN PESO PASANDO
	<u>T_{max} 2"</u>
2"	100
1"	55-100
¾"	50-80
⅜"	- - -
Nº 4	30-60
Nº 10	-----
Nº 40	20-30
Nº 200	5-15

TABLA 19 RECOMENDACIÓN TMAX 2"

9.1.4 Recomendación Manual de Carreteras (TM 50b)

CRIBA O MALLA ASTM	% EN PESO PASANDO ²⁸
2"	100
1 ½"	70-100
1"	55-85
¾"	45-75
⅜"	35-65
Nº 4	25-55
Nº 10	15-45
Nº 40	5-25
Nº 200	0-10

TABLA 20 RECOMENDACIÓN TM 50b, MANUAL DE CARRETERAS

²⁸ Banda granulométrica TM 50b Manual de carreteras para material de base, T_{máx.} 2". En el gráfico de la Ilustración la banda se presenta con granulometrías límite y achurado en azul.

El material deberá ser esparcido en capas horizontales de espesor uniforme y deberá humedecerse homogéneamente hasta lograr la humedad óptima dada por el ensayo Proctor Modificado $\pm 2\%$ y será compactado hasta lograr una densidad no menor al 95% del ensayo de Proctor Modificado (En caso de que la cantidad de fino exceda el 12%) o hasta lograr una densidad no menor al 80% de la densidad relativa (En caso de que la cantidad de material fino sea menor al 12%).

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 en capas de espesor uniforme parejo, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0.50 m. entre sectores contiguos

Cada capa deberá ser aprobada por la IFO y no podrá ser recubierta antes de que se dé por aceptada la densidad.

Los controles de densidades se efectuarán por un laboratorio especializado de reconocida calidad, que cuente con la aprobación previa de la IFO y deberá ser controlado en cada capa.

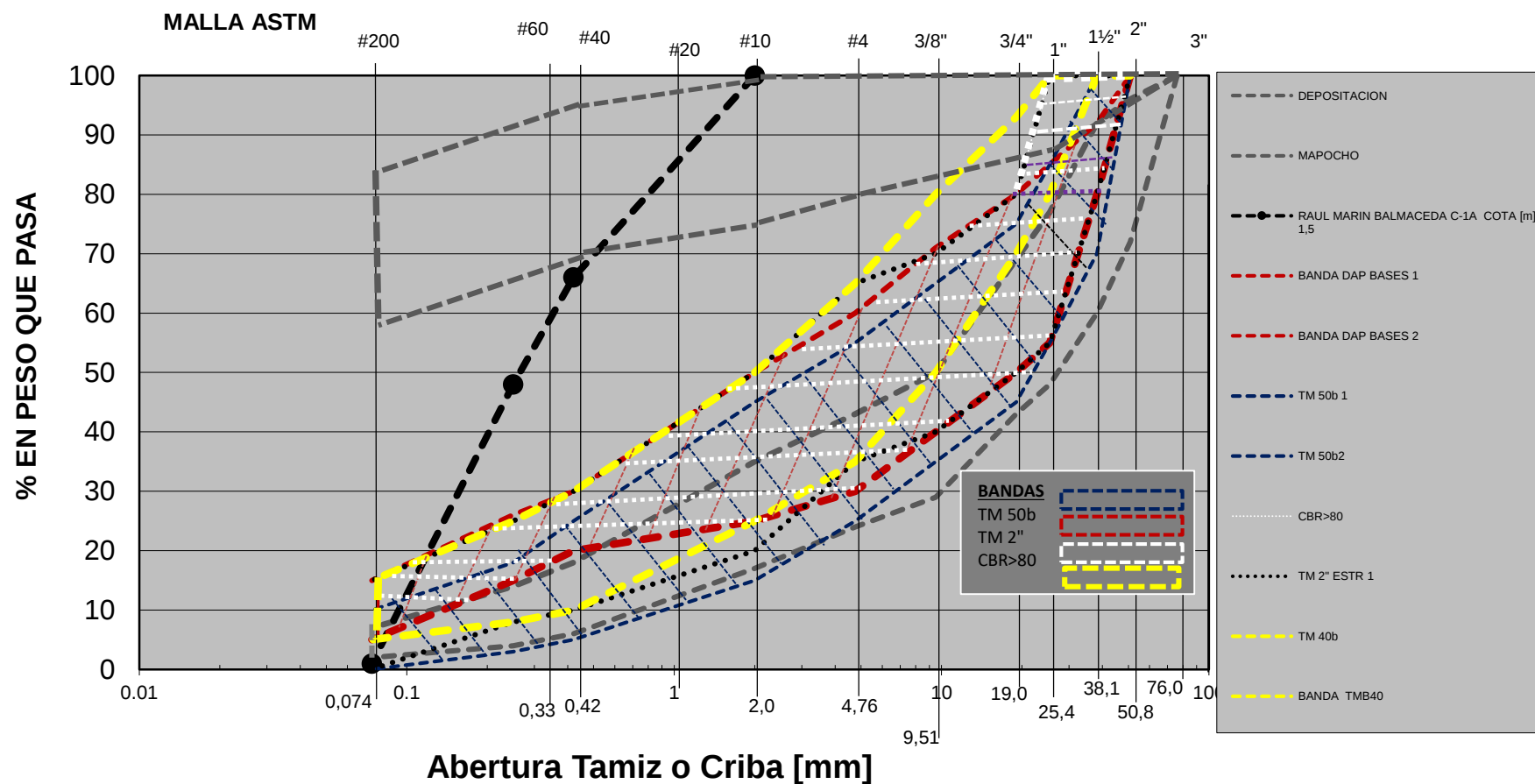
CURVAS GRANULOMETRICAS CALICATAS AERODROMOS AMEC

Ilustración 32 BANDAS GRANULOMÉTRICAS RECOMENDADAS PARA BASE Y SUBBASE TAMAÑO MÁX.2"

9.2 Rellenos No Estructurales

Como medida de prevención frente a ampliaciones y modificaciones no planificadas, se recomienda construir todo relleno con material estructural. Sin embargo, en el evento de contar con la certeza de que éstos sólo serán empleados para la construcción de jardines y áreas verdes²⁹, se recomienda un relleno con suelos granulares, con máximo de 25% de finos, atendiendo a las especificaciones siguientes:

- En la ejecución de rellenos destinados a jardines o áreas verdes, podrá emplearse el mismo material de arcilla obtenido de las excavaciones
- El material deberá ser esparcido en capas horizontales de espesor uniforme y deberá humedecerse homogéneamente hasta lograr el valor óptimo dado por el ensayo Proctor Modificado, con una variación máxima de $\pm 3\%$, para luego ser compactado hasta alcanzar una densidad no inferior al 90 % de dicho ensayo
- 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.
- Cada capa deberá ser aprobada por la IFO y no podrá ser recubierta antes que ésta dé por aceptada la densidad.
- Los controles de densidades se deberán efectuar en primera instancia al menos cada 50m², por un laboratorio especializado de reconocida calidad, que cuente con la aprobación previa de la IFO. Luego de conocer los resultados de la primera capa se podrá hacer cada 100m².
- Finalmente, se procederá a la aplicación de la capa de cobertura vegetal, de acuerdo con el proyecto de paisajismo si este existiese.

9.3 Retiro de material inadecuado:

Si se detectase rellenos contaminados, en las zonas de donde se proyecten pavimentos o radieres se deberán retirar todos los rellenos existentes. Se estima un escarpe variable y mínimo de 0,30m. En caso de necesitar compensar el material retirado, este deberá cumplir lo especificado en acápite anterior.

9.4 Método de excavación.

Las faenas de excavación para las fundaciones se podrán realizar en forma mecanizada, pero los últimos 20 cm. se efectuarán en forma manual, a objeto de minimizar la sobre

²⁹ Muy improbables en este proyecto

excavación y evitar la alteración excesiva de la estructura natural del suelo. Estas se deben efectuar de acuerdo a las dimensiones y emplazamiento indicados en los planos de proyecto. Antes de su inicio se debe contar con la aprobación de los Arquitectos. Los procedimientos de excavación deberán planificarse de manera que provoquen la menor alteración del terreno natural y evitar la sobreexcavación.

10 TRATAMIENTO DEL SELLO.

El perfilado de las excavaciones deberá incluir la horizontalidad del sello. Además, antes de proceder al emplantillado, se deberá limpiar el sello extrayendo el material suelto producto de las excavaciones y todo material extraño que se encuentre ubicado en el sello de fundación.

11 CONSERVACIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA

El Contratista deberá velar por la conservación de los puntos de referencia (P.R.), debiendo proceder a su reemplazo y nivelación cuando resulten dañados o desplazados, informando a la ITO al respecto.

12 LIMITACIONES DE ESTE ESTUDIO

Cambios de alcance pueden invalidar total o parcialmente este informe, por lo tanto, de existir modificaciones, previas o posteriores al inicio de las obras, se debe remitir a esta oficina la versión de arquitectura a construir, y solicitar la revalidación del informe de mecánica de suelos mediante documento suscrito por su autor. De igual forma se debe proceder en caso de cambios de arquitectura durante el período de construcción.

Este acápite se refiere a diseño de eventuales estructuras que signifiquen someter el suelo a cargas no consideradas en el presente informe, por ejemplo un terminal importante de tamaño mayor a estructuras de tamaño medio a pequeño como las que se han considerado(eventuales estructuras futuras proyectadas).

Este tipo de indicaciones debe contenerlas un estudio geotécnico dado que al menos constantes de balasto pueden sufrir modificaciones así como también el espectro de diseño estructural recomendado en Capítulo 7.

13 SITUACIONES IMPREVISTAS Y RECEPCIÓN DE SELLOS

Cualquier situación no prevista en el presente informe y/o sus futuras revisiones y /o modificaciones que se desearan realizar a su contenido deberán ser consultadas y

aprobadas por esta oficina. En igual forma, toda modificación significativa que se realicen a los proyectos en relación a los antecedentes disponibles, deberá ser informada a esta oficina.

La recepción de sellos de fundación debe ser realizada por un profesional de esta oficina o quien designe la Inspección Técnica en su momento, como se indicó en capítulo anterior.

14 CONCLUSIONES

PARAMETROS DE DISEÑO - PROPIEDADES SUELO NATURAL³⁰³¹:

Se adoptan los siguientes parámetros

- Peso Unitario Seco : 1,390 t/m³
- Peso Unitario total: 1,700 t/m³
- Humedad Natural 22 %
- Estratigrafía del suelo natural se entrega en acápites 3.5 del Capítulo 3 y 4.7 del Capítulo 4.
- Granulometría del suelo se entrega en Capítulo 5, acápite 5.2
- Clasificación USCS (Unified System Classification Soil): **SP**
- CBR:17%
- Módulo de reacción de la subrasante (k) para pavimentos:
75,6 Mpa/m = 279,01 (relación Manual de Carreteras);
213,7pci = 57,91 Mpa/m (relación FAA)
- Módulo Resiliente para pavimentos: **104,99 MPa = 15227,20 psi**

La pista se encuentra en regular estado sin embargo está operativa. La superficie es firme, estable, suave y se encuentra libre de residuos que podrían poner a las aeronaves en riesgo de sufrir daños, y con ello, comprometer la vida de los usuarios.

Por otro lado, el paquete estructural tiene espesor deficitario en ciertos sectores lo cual no ha perjudicado su estado, pero sí ha requerido mejoramiento.



Ingeniero Civil U de Ch
Asesora Geotécnica Senior

Santiago, 13 de Marzo 2013

³⁰ Se resumen en Tabla 3, Capítulo 5, Acápite 5.3.

³¹ Dados por ensayos de terreno y laboratorio

15 ANEXOS**ANEXO A ESTRATIGRAFIAS****CALICATA 1A**

Cota napa de agua (m)		---
Fecha de observación		ENERO 2013
Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
U-1	0.00-0.30	Relleno granular, origen fluvial,color gris,compacidad baja,Estructura homogénea,presencia de raíces
U-2a	0,30-1,50	Suelo natural arenoso, finos limosos consistencia baja, humedad media – alta, de acuerdo al lugar se denomina mallin. F/A/G :35-65-0

NO HAY AGUA EN LA CALICATA

CALICATA 1B

Cota napa de agua (m)		---
Fecha de observación		ENERO 2013
Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
U-1	0.00-0.50	Relleno granular, origen fluvial,color gris,compacidad baja,Estructura homogénea,presencia de raíces.
U-2	0,50-1,50	Estrato de arena limosa consistencia baja, humedad media – alta, de acuerdo al lugar se denomina mallin. F/A/G :30-70-0

NO HAY AGUA EN LA CALICATA

CALICATA 1C

Cota napa de agua (m)		
Fecha de observación		ENERO 2013
Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
U-1	0.00-0.30	Relleno granular, origen fluvial,color gris,compacidad baja,Estructura homogénea,presencia de raices.
U-2	0,30-1,60	Estrato de arena limosa consistencia baja, humedad media – alta, de acuerdo al lugar se denomina mallin. F/A/G :30-70-0

Estudio de Mecánica de Suelos Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda
SCMA-PR-GE-MS-DI-001 Rev. 0

76

ESTUDIO AERÓDROMOS AYSÉN			1a CAMPAÑA							
POZO N°	DEPOSITACION	MAPOCHO	11A	14A	17A	16B	15B	12A	19 B	
HORIZONTE			3	2	3	2	3	3	3	
COTA [m]			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
MUESTRA N°			1864	1865	1866	1874	1875	1876	1903	
fecha ensayo			PTO.AYSEN	RIO MURTA	PTO SANCHEZ	CHILE CHICO	FACHINAL	ING IBAÑEZ	EBAKER	
			21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013	21-02-2013	
ANALISIS GRANULOMETRICO										
Bolones sobre 3" (80)			0	0	0	0	0	0	0	
Criba de 3" (80)	100	100		100			100			
2" (50)	72	96		86			84			
1½" (40)	60	92		73			77			
1" (25)	48	77		62			68	100		
¾" (20)	43	69		58			62	97		
3/8" (10)	29	50		45			48	89		
4 (5)	24	43	100	34			36	79	100	
10 (2)	17	35	100	26	100	100	26	69	99	
40 (0,50)	6	18	98	5	96	98	8	44	95	
60 (0,25)	4	14	97	3	90	95	5	35	90	
200(0,080)	2	7	96	1	71	94	4	19	73	
LIMITES DE CONSISTENCIA, PESO ESPECIFICO Y CLASIFICACION, USCS										
Límite Líquido (%)			80			41			38	
Límite Plástico (%)			57			22			22	
Índice de Plasticidad (%)			23	NP	NP	19	NP	NP	16	
Humedad (%)			20,2	34,0	13,0	17,7	1,9	12,25	19,2	
Peso específico										
Clasificación USCS			MH	GP	ML	CL	GP	SM	CL	
PROCTOR MODIFICADO										
DMCS (Kg/lt)									1,799	
Humedad Optima (%)									2,050	
C.B.R. para 0.1" (al 95 Proctor) (%)									4,0	
C.B.R. para 0.2" (al 95 Proctor) (%)			6,0	74,00	18,00	2,00	90,00	15,00	4,5	
C.B.R. para 0.3" (al 95 Proctor) (%)										
C.B.R. DISEÑO			8,0	33,00	21,00	10,00	33,00	15,00	5	

ESTUDIO AERÓDROMOS AYSÉN			2a CAMPAÑA					
POZO N°	DEPOSITACION	MAPOCHO	3C	5B	1A	2	4B	6B
HORIZONTE			3	3	3	2	3	3
COTA [m]			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
MUESTRA N°			1930	1931	1932	1933	1934	1935
AERÓDROMO			LA JUNTA	LAGO VERDE	MARIN B	MELINKA	MELIMOYU	PUYUJAPI
fecha ensayo			21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013	21-01-2013
ANALISIS GRANULOMETRICO								
Bolones sobre 3" (80)			0	0	0	0	0	0
Criba de 3" (80)	100	100					100	
2" (50)	72	96					95	
1½" (40)	60	92		100			94	
1" (25)	48	77	100	99			92	100
¾" (20)	43	69	98	99			92	99
3/8" (10)	29	50	83	97			87	99
4 (5)	24	43	74	94		100	82	99
10 (2)	17	35	65	88	100	91	76	99
40 (0,50)	6	18	44	68	66	77	56	96
60 (0,25)	4	14	38	62	48	62	51	60
200(0,080)	2	7	29	49	1	29	38	56
LIMITES DE CONSISTENCIA, PESO ESPECIFICO Y CLASIFICACION, USCS								
Límite Líquido (%)								
Límite Plástico (%)								
Índice de Plasticidad (%)			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Humedad (%)			81,4					
Peso específico								
Clasificación USCS			SM	SM	SP	SM	SM	ML
PROCTOR MODIFICADO								
DMCS (Kg/lt)								
Humedad Optima (%)								
C.B.R. para 0.1" (al 95 Proctor) (%)								
C.B.R. para 0.2" (al 95 Proctor) (%)			28,0	8,00	36,00	48,00	12,00	41,00
C.B.R. para 0.3" (al 95 Proctor) (%)								
C.B.R. DISEÑO			28,0	8,00	17,00	15,00	12,00	8,00

Estudio de Mecánica de Suelos Aeródromo Puerto Raúl Marín Balmaceda
SCMA-PR-GE-MS-DI-001 Rev. 0

77

ESTUDIO AERÓDROMOS AYSÉN			2a CAMPAÑA							
POZO N°	DEPOSITACION	MAPOCHO	20A	21C	22A	25C				
HORIZONTE			3	3	3	3				
COTA [m]			1,5	1,5	1,5	1,5				
MUESTRA N°			1904	1905	1906	1908				
AERÓDROMO			COCHRANE	C TORTEL	RIO BRAVO	V OHIGGINS				
fecha ensayo			21-02-2013	21-02-2013	21-02-2013	21-02-2013				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO										
Bolones sobre 3" (80)			0	0	0	0				
Criba de 3" (80)	100	100								
2" (50)	72	96								
1½" (40)	60	92			100					
1" (25)	48	77	100	100	97					
¾" (20)	43	69	98	99	94					
3/8" (10)	29	50	90	84	87					
4 (5)	24	43	68	64	80	100				
10 (2)	17	35	29	37	73	96				
40 (0,50)	6	18	7	17	29	84				
60 (0,25)	4	14	6	13	20	78				
200(0,080)	2	7	5	1	1	25				
LÍMITES DE CONSISTENCIA, PESO ESPECÍFICO Y CLASIFICACIÓN, USCS										
Límite Líquido (%)										
Límite Plástico (%)										
Índice de Plasticidad (%)			NP	NP	NP	NP				
Humedad (%)										
Peso específico										
Clasificación USCS			SM-SP	SW	SW	SM				
PROCTOR MODIFICADO										
DMCS (Kg/lt)										
Humedad Óptima (%)										
C.B.R. para 0.1" (al 95 Proctor) (%)										
C.B.R. para 0.2" (al 95 Proctor) (%)			29,00	60,00	23,00	28,00				
C.B.R. para 0.3" (al 95 Proctor) (%)										
C.B.R. DISEÑO			29,00	29,00	23,00	28,00				

ESTUDIO AERÓDROMOS AYSÉN			3a CAMPAÑA								
POZO N°	DEPOSITACION	MAPOCHO	10A	23A	7	26	18	9	13a	24	8
HORIZONTE			3	2	3	3	3	3	2	3	3
COTA [m]			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
MUESTRA N°			1939	1907	1938	1987	1986	1937	1989	1987	1936
AERÓDROMO			CALETA ANDRADE	E MAYER	ESTANCIA RIO CISNES	LAGUNA REDONDA	LAGUNA SAN RAFAEL	PUERTO CISNES	R EXPLORADORES	RIO PASCUA	VILLA TAPERA
fecha ensayo			21-03-2013	21-03-2013	08-03-2013	08-03-2013	08-03-2013	08-03-2013	08-03-2013	08-03-2013	08-03-2013
	ANALISIS GRANULOMETRICO										
Bolones sobre 3" (80)			0	0							
Criba de 3" (80)	100	100				100	100				
2" (50)	72	96				88	87				100
1½" (40)	60	92	100			79	77				95
1" (25)	48	77	99		100	69	69				93
¾" (20)	43	69	99		100	63	64				88
3/8" (10)	29	50	99		99	50	52				73
4 (5)	24	43	92	100	98	39	43		100		64
10 (2)	17	35	83	99	95	29	34	100	99	100	58
40 (0,50)	6	18	64	97	86	14	15	91	96	91	41
60 (0,25)	4	14	52	92	73	8	10		94	72	35
200(0,080)	2	7	11	56	40	7	6	29	85	29	13
LIMITES DE CONSISTENCIA, PESO ESPECIFICO Y CLASIFICACION, USCS											
Limite Liquido (%)											
Limite Plástico (%)											
Indice de Plasticidad (%)			NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Humedad (%)			11,7		12,3	1,8	4,8	13,2		2,5	8,6
Peso especifico											
Clasificación USCS			SM-SW	CL	SM	GW	GP	SM	ML	SM	SM
PROCTOR MODIFICADO											
DMCS (Kg/l)											
Humedad Optima (%)											
C.B.R. para 0.1" (al 95 Proctor) (%)											
C.B.R. para 0.2" (al 95 Proctor) (%)			49,0	29,00	6,00	94,00	43,00	59,00	10	91,00	24,00
C.B.R. para 0.3" (al 95 Proctor)(%)											
C.B.R. DISEÑO			29,00	29,00	10,00	33,00	30,00	20,00	10	25,00	24,00

ANEXO B CERTIFICACIÓN DE LABORATORIO



una empresa de la
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Coyhaique, 08 de Marzo del 2013.

LEPUCV S.A. - Avenida Ogana N° 1599-B, Coyhaique

Correlativo N°16

N°1932

1 de 2

INFORME DE ENSAYOS: ÁREA MECÁNICA DE SUELOS

OBRA	Diagnostico de Pequeños Aeródromos Región de Aysén	SOLICITANTE/ CLIENTE	Amec Cade Ingeniería y Desarrollo de Proyectos
UBICACION	Raúl Marín Balmaceda - Región de Aysén	DIRECCIÓN	Jose Domingo Cañas 2640 - Santiago

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA - (Agregados Pétreos. Método para el cuarteo de Muestras.- Extracción de Muestras 8.202.2 (MC-VB, 2012) (LNV 1)

Fecha Ingreso Muestra	: 11.02.2013	N° Orden de Trabajo	: 970
Responsable Extracción	: Cliente	Responsable Ensayo	: Raúl Lira - Eduardo Aguirre

N°	Descripción Visual de Suelo	Tipo Material	Procedencia y Ubicación de la Muestra
1	Arena Fina color gris	Sello Excavación	Aeródromo N°1 - Calicata A

RESULTADOS ENSAYOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - % QUE PASA EN EL TAMIZ

Suelos. Método para determinar la Granulometría. - 8.102.1 (MC-VB, 2012) (LNV 105)

N°	Fecha Ensayo	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
1	14.02.2013	--	--	--	--	--	--	--	--	100	66	1

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Mecánica de Suelos. Límites de Consistencia: Parte 1: Determinación Límite Líquido. NCH 1517/1 Of.79 - Mecánica de Suelos. Límites de Consistencia: Parte 2: Determinación Límite Plástico. NCH 1517/2 Of.79

N°	Fecha Ensayo	Método Empleado (Mecánico/Puntual)	Tipo de Acanalador (Casa/Grande/ASTM)	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad
1	25.02.2013	Mecánico	ASTM	--	--	No plástico

DENSIDAD MÍNIMA

Standard test method for "Minimum Index Density and unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density". Determinación del Índice Mínimo de Densidad y Peso Unitario de Suelos y Cálculo de la Densidad Relativa. ASTM D 4254-00. Ensayo no acreditado. Subcontratado a LEPUCV Viña del Mar

N°	Fecha Ensayo	Volumen Molde (cc)	Método Utilizado (A, B, C)	Densidad Seca Mínima (g/cm³)	Fecha	Método Utilizado (seco) 1A-2A	Densidad Seca Máxima (g/cm³)	Método Utilizado (húmedo) 1B-2B	Densidad Húmeda Máxima (g/cm³)
1	16.03.2013	2870	A	1.55	16.03.2013	1A	1.81	1B	1.74

DENSIDAD MÁXIMA

Standard test method for "Maximum Index Density and unit Weight of Soils Using a Vibratory Table". Determinación del Índice Máximo de Densidad y Peso Unitario de Suelos utilizando Mesa Vibradora. - ASTM D 4253-00. Ensayo no acreditado. Subcontratado a LEPUCV Viña del Mar

Ensayo DR realizado en LEPUCV Sede Viña del Mar según Informe N°34241, emitido con fecha 18 de Abril de 2013.

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

Mecánica de Suelos - Determinación Razón de Soporte de Suelos compactados en laboratorio. - NCH 1852 Of.81

N°	Fecha Ensayo	N° Golpes	(%)w Antes Comp.	(%)w Después Comp.	(%)w Después Inmersión Capa sup. 25mm	(%)w Promedio Después Inmersión	V _{sec} (g/cc) Antes Inmersión	V _{sec} (g/cc) Después Inmersión	Método NCH1534/2 (B o D)	Inmersión	Sobrecarga (kg)	Expansión (%)	% C.B.R. (*)
1	21.04.2013	56	14.1	19.6	17.9	17.5	1.79	1.79	D	SI	4.54	0.00	36
		25	13.5	19.3	17.6		1.76	1.76					
		10	14.5	18.6	17.0		1.71	1.71					

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO NO DEBE SER REPRODUCIDA PARCIAL O TOTALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL GERENTE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS



una empresa de la
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Coyhaique, 08 de Marzo del 2013.

LEPUCV S.A. - Avenida Ogana N° 1599-B, Coyhaique

Correlativo N°16

N°1932

2 de 2

Nota: (*) El cálculo del CBR y la expansión, se realizó al 80% de la relación entre la Densidad Máxima y la Densidad Mínima y la humedad para la confección de las probetas, fue aquella obtenida por el ensayo de Densidad Máxima, método húmedo.

CLASIFICACIÓN U.S.C.S. - (Actividad no Acreditada ante el INN) Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) "Practica Estandarizada para la Clasificación de suelos para Propósitos Ingenieriles" (Sistema de Clasificación de suelos Unificado- USCS). ASTM D 2487-06e1		
N°	Símbolo de Grupo	Nombre de Grupo
1	SP	Arenas pobremente graduadas

CLASIFICACIÓN AASHTO- (Actividad no Acreditada ante el INN) Sistema de Clasificación de Suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials		
N°	Símbolo de Grupo	Nombre de Grupo
1	A-3	Arena Fina

CONTENIDO DE HUMEDAD Mecánica de suelos. Determinación de la humedad - NCH1515.Of.79			
N°	Fecha Ensayo	Humedad Natural (%)	Ubicación
1	12.02.2013	1.0	Aeródromo N°1 - Calicata A

V° B° Adm./Tec.

JUAN SOTO CHAVEZ
JEFE DE LABORATORIO REGIONAL
COYHAIQUE



ANEXO C ALBUM FOTOGRÁFICO

CALICATAS AERÓDROMO PUERTO RAUL MARIN BALMACEDA



C.1 **CALICATA 1-A**



Figura 1: Calicata 1-A



Figura 2: Calicata 1-A



Figura 3: Calicata 1-A



Figura 4: Calicata 1-A



Figura 5: Calicata 1-A



Figura 6: Calicata 1-A

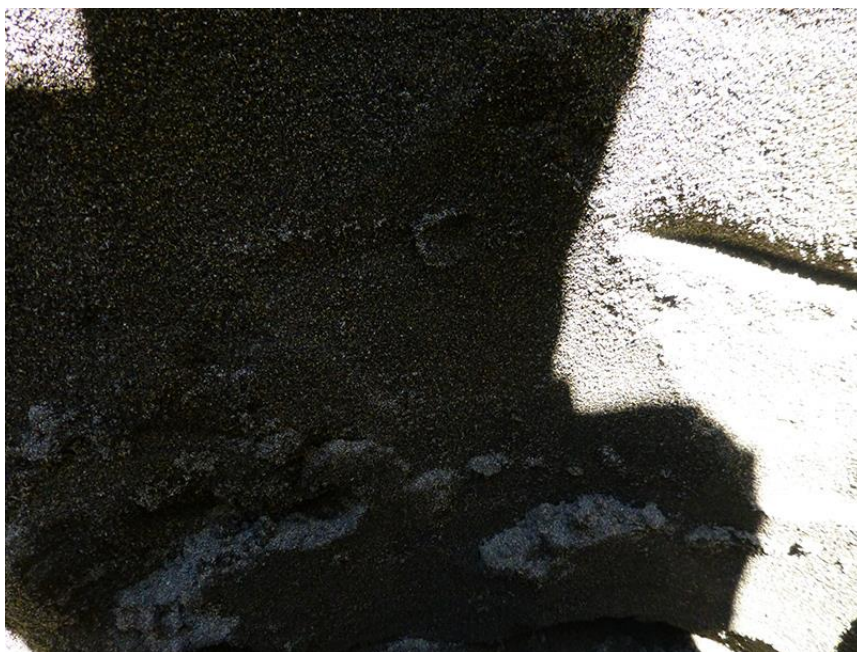


Figura 7: Calicata 1-A



Figura 8: Calicata 1-A



Figura 9: Calicata 1-A



Figura 10: Calicata 1-A



Figura 11: Calicata 1-A



Figura 12: Calicata 1-A



Figura 13: Calicata 1-A



Figura 14: Calicata 1-A

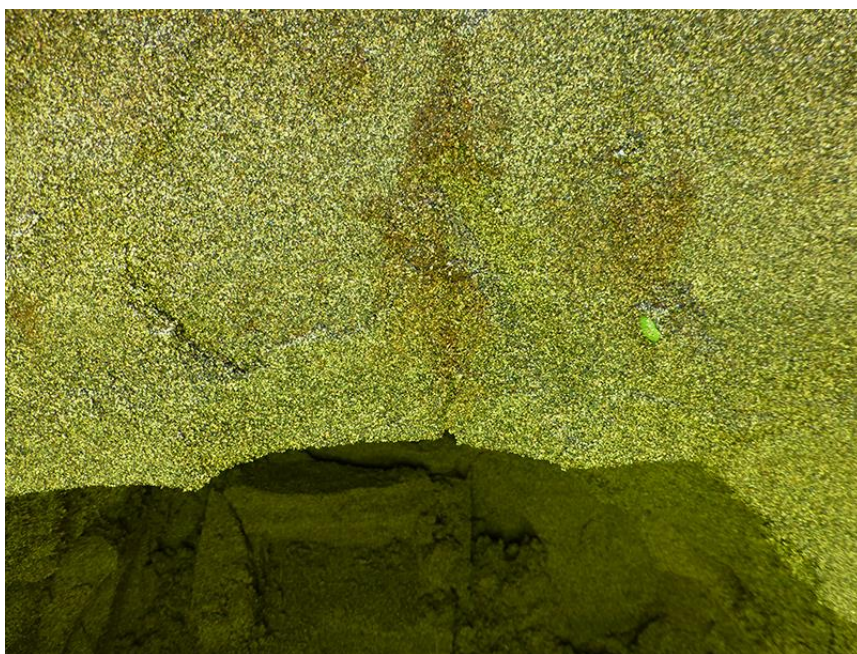


Figura 15: Calicata 1-A



Figura 16: Calicata 1-A



Figura 17: Calicata 1-A



Figura 18: Calicata 1-A



Figura 19: Calicata 1-A



Figura 20: Calicata 1-A

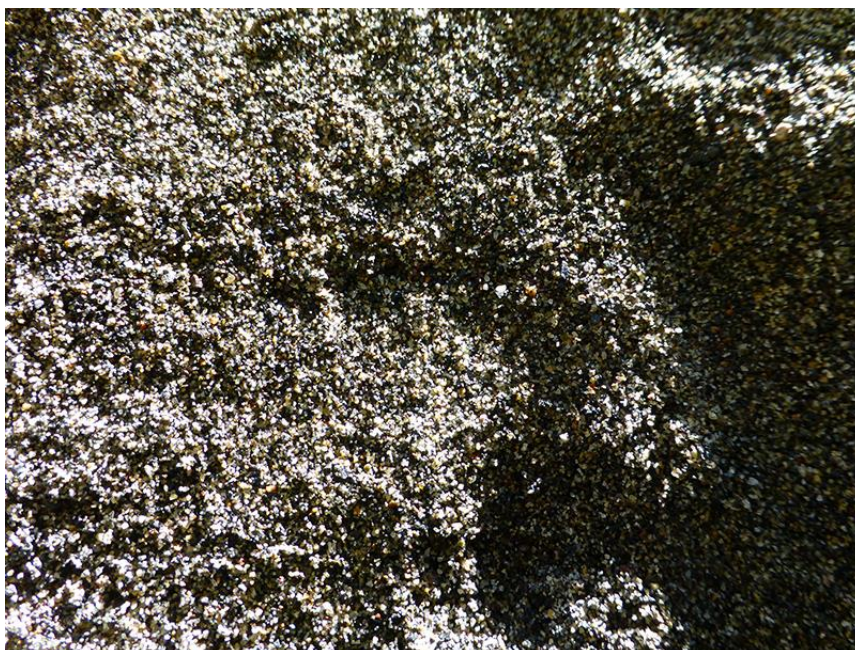


Figura 21: Calicata 1-A

C.2 CALICATA 1-B



Figura 22: Calicata 1-B



Figura 23: Calicata 1-B



Figura 24: Calicata 1-B



Figura 25: Calicata 1-B



Figura 26: Calicata 1-B



Figura 27: Calicata 1-B



Figura 28: Calicata 1-B

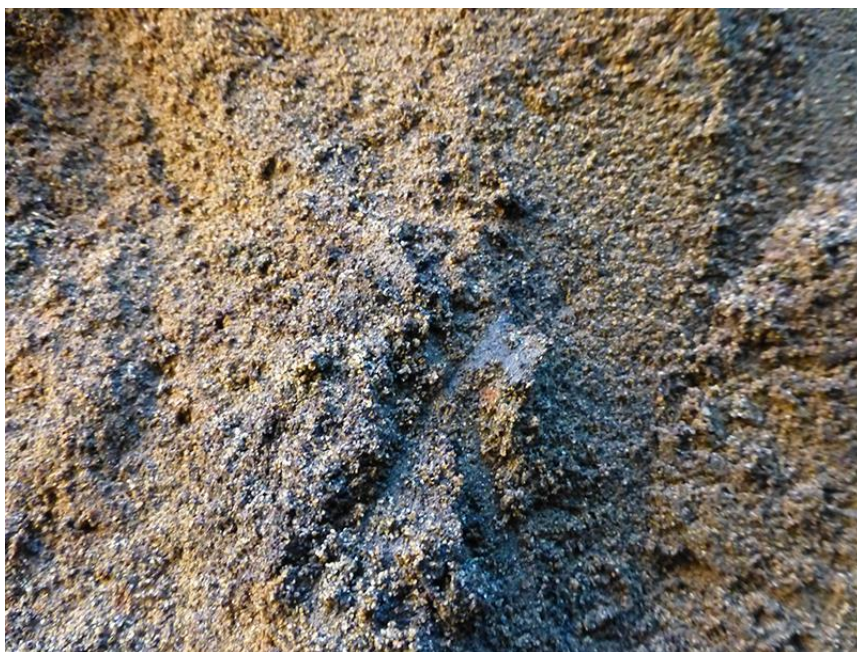


Figura 29: Calicata 1-B



Figura 30: Calicata 1-B



Figura 31: Calicata 1-B



Figura 32: Calicata 1-B



Figura 33: Calicata 1-B



Figura 34: Calicata 1-B



Figura 35: Calicata 1-B



Figura 36: Calicata 1-B



Figura 37: Calicata 1-B



Figura 38: Calicata 1-B



Figura 39: Calicata 1-B



Figura 40: Calicata 1-B



Figura 41: Calicata 1-B



Figura 42: Calicata 1-B



Figura 43: Calicata 1-B



Figura 44: Calicata 1-B

C.2 CALICATA 1-C



Figura 45: Calicata 1-C



Figura 46: Calicata 1-C



Figura 47: Calicata 1-C



Figura 48: Calicata 1-C



Figura 49: Calicata 1-C



Figura 50: Calicata 1-C



Figura 51: Calicata 1-C



Figura 52: Calicata 1-C



Figura 53: Calicata 1-C



Figura 54: Calicata 1-C



Figura 55: Calicata 1-C



Figura 56: Calicata 1-C



Figura 57: Calicata 1-C



Figura 58: Calicata 1-C

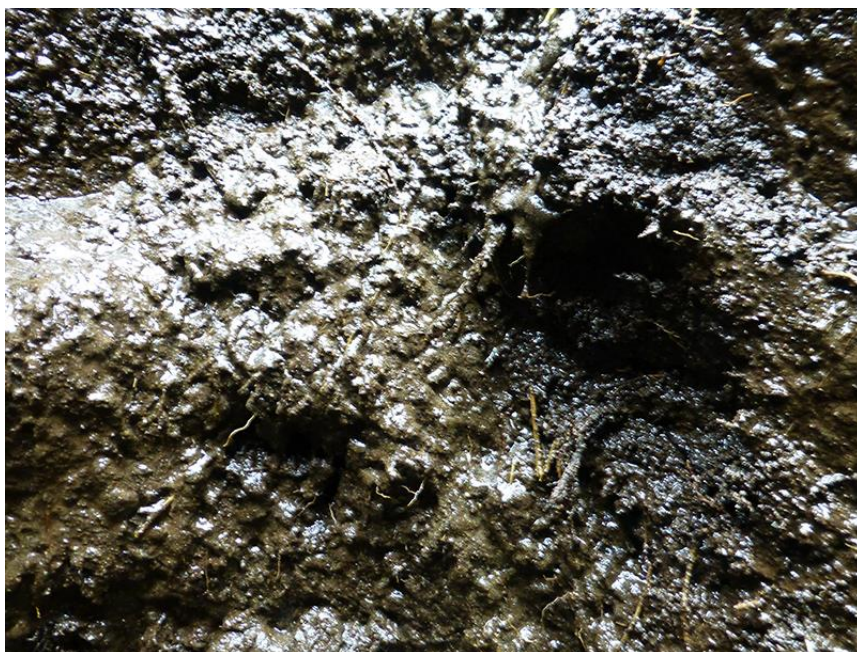


Figura 59: Calicata 1-C



Figura 60: Calicata 1-C



Figura 61: Calicata 1-C



Figura 62: Calicata 1-C



Figura 63: Calicata 1-C



Figura 64: Calicata 1-C



Figura 65: Calicata 1-C



Figura 66: Calicata 1-C

ANEXO D.- Recomendaciones Manual MINVU

SELECCIÓN DE ESTABILIZANTES SEGÚN % QUE PASA POR MALLA N° 200 Y
 EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD (*)

	Mayor que 25% pasando por tamiz N°200			Menor que 25% pasando por tamiz N°200		
Índice de Plasticidad	IP ≤ 10	10 ≤ IP ≤ 20	IP ≥ 20	IP ≤ 6 (IP x % pasando en N°200 ≤ 60)	IP ≤ 10	IP ≥ 10
Agente Estabilizador						
Emulsión Asfáltica						
Asfalto Espumado						
Cemento						
Cal						
Químico						
Mecánica						

Normalmente
no apropiado

Cuestionable

Normalmente
apropiado

(*) Es una adaptación extraída de documento Estabilización de Suelos G. Hicks 2002

MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN (**)

Objetivo	Tipo de suelo	Método de estabilización recomendado
1. Estabilización subrasante		
1.1 Mejora de distribución de cargas y esfuerzos.	Granular grueso Granular fino Arcillas de bajo IP Arcillas de alto IP	SA, SC, MB SA, SC, MB SC, SL SL
1.2 Reduce la susceptibilidad a helada.	Granular fino Arcillas de bajo IP	SA, SC, LF SC, SL
1.3 Impermeabilizar y mejorar la escorrentía.	Arcillas de bajo IP	SA, SL
1.4 Control de contracción e hinchamiento	Arcillas de bajo IP Arcillas de alto IP Arcillas de alto IP	SC, SL SL SL
1.5 Reduce elasticidad	Limos y arcillas elásticas	SC
2. Estabilización base gruesa		
2.1 Mejora de materiales de baja calidad	Granular fino Arcillas de bajo IP	SC, SA, LF, MB SC, SL
2.2 Mejorar la distribución de cargas y esfuerzos	Granular grueso Granular fino	SA, SC, MB, LF SC, SA, LF, MB
2.3 Reducción del bombeo	Granular fino	SC, SA, LF, MB
3. Aceras		
3.1 Mejorar la resistencia de carga	Todos los suelos	SA, SC, MB SA, SC, MB SC, SL SL
3.2 Mejorar la durabilidad	Todos los suelos	SA, SC, MB SA, SC, MB SL, LMS
3.3 Impermeabilización y escorrentía	Suelos plásticos	CMS, SL
3.4 Control de contracción e hinchamiento	Suelos plásticos	SC
4. Atenuar el polvo		
	Granular fino Suelos plásticos	CL, SA CL, SL
5. Recubrimiento de zanjas		
	Granular fino Suelos plásticos	CS, SA CS
6. Rehabilitación y reconstrucción		
	Suelo granular	SC, SA, LF, MB
Simbología		
CL : Cloruros		SA : Suelo asfalto
CS : Solidificante químico		SC : Suelo cemento
LF : Cenizas - cal		SL : Suelo cal
MB : Mezcla mecánica		

(**) Es una adaptación de tabla de documento de US Army Corps Soil Stabilizations