

INFORME

RESPUESTAS A REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN EN EL MARCO DEL REQ-010-2018

1. Introducción.

El presente informe reúne la información requerida por la Superintendencia de Medio Ambiente bajo el marco del REQ-010-2018, presentado mediante Resolución Exenta N°192 con fecha de 01 de febrero de 2021.

2. Desarrollo.

A continuación se describen las respuestas según requerimiento (i, ii, iii)

Requerimiento (i):

Describir las actividades de mantención que está realizando en el tranque de relaves relativo al proyecto “Crecimiento del Tranque de Relaves Confluencia”, acompañando todos los antecedentes y registros correspondientes.

Respuesta:

Actualmente se desarrollan actividades de mantención preventiva para evitar posibles impactos ambientales, estas actividades consisten en:

- Control de liberación de material particulado en la cubeta del tranque mediante humectación por aspersion y aplicación de polímero superfloc para aglomeración de partículas fugitivas.
- Manejo y tratamiento de aguas de contacto generadas por el tranque.
- Mantención de cierre perimetral.
- Programa de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas realizado por una Entidad de Fiscalización Ambiental (ETFA).
- Presentación de Informe Semestral de Monitoreo a la Autoridad Reguladora con los resultados de los monitoreos de aguas superficiales y subterráneas del proyecto.

Adjunto a este informe se presentan procedimientos operacionales vigentes relacionados a las mantenciones del tranque Confluencia, los siguientes:

- SGS-PRO-06- Procedimiento Control de liberación de material particulado de la cubeta del tranque de Relaves Confluencia.
- PTS-PLP-24 - Procedimiento Operación Depósitos de Relaves y Planta Procesos.

Requerimiento (ii):

Acompañar los permisos sectoriales con los que cuenta para desarrollar las ante dichas actividades de mantención.

Respuesta:

Las actividades de mantención se realizan en base a la diligencia de mi representada y no requieren permisos sectoriales al efecto, amén de la situación jurídica del proyecto

Requerimiento (iii):

Acompañar informe con la situación actual del tranque de relaves, con énfasis en la situación hídrica, cubierta del talud, vertederos de evacuación, y el estado del muro.

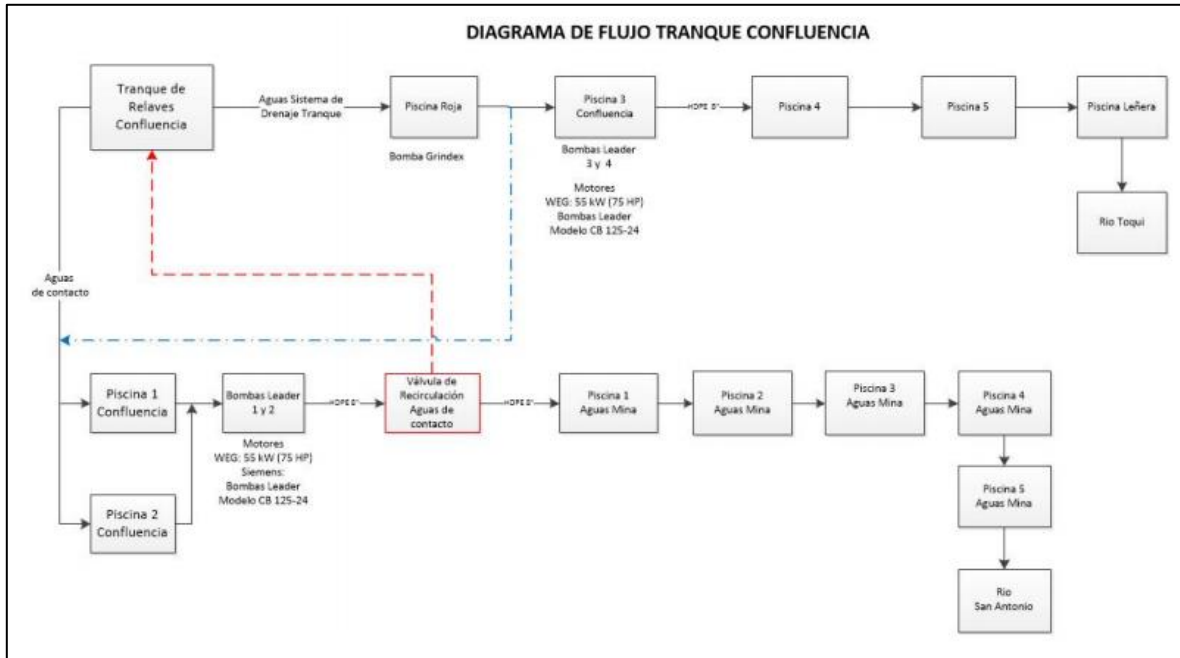
Respuesta:

Estado operacional: Inactivo desde el año 2014.

Situación hídrica: Actualmente el tranque de relaves Confluencia mantiene activo el flujo de aguas de contacto generadas principalmente por precipitaciones sólidas y líquidas, en anexo 4 se detalla la precipitación acumulada del año 2020, los medios de conducción de estas aguas se realizan de la siguiente manera:

- *Aguas contacto provenientes de la cubeta del tranque:* Estas son conducidas por pendiente hasta torre número 4 para ser evacuadas hasta piscina de decantación.
- *Aguas contacto provenientes del talud:* Estas son captadas por canal de contorno que bordea todo el talud del tranque para luego ser recibidas en piscina de decantación.
- *Descarga de las aguas:* Estas son bombeadas hasta circuito de piscinas para su decantación y posterior descarga en río El Toqui, el punto de monitoreo corresponde a la descarga La Leñera que tiene un programa de monitoreo regulado por la Resolución Exenta SISS N°2432 de 2010. Dicho programa está asociado al proyecto en cuestión.

La siguiente imagen muestra el diagrama de flujo del manejo de aguas de contacto del tranque.



La siguiente imagen muestra los puntos de monitoreos de aguas superficiales y subterráneas.



Cubierta de talud: El talud se encuentra cubierto con una capa de material de empréstito de 50 centímetros, esta capa esta aplicada homogéneamente por todo el talud del tranque.



Muro sector lado Este



Muro lado Oeste

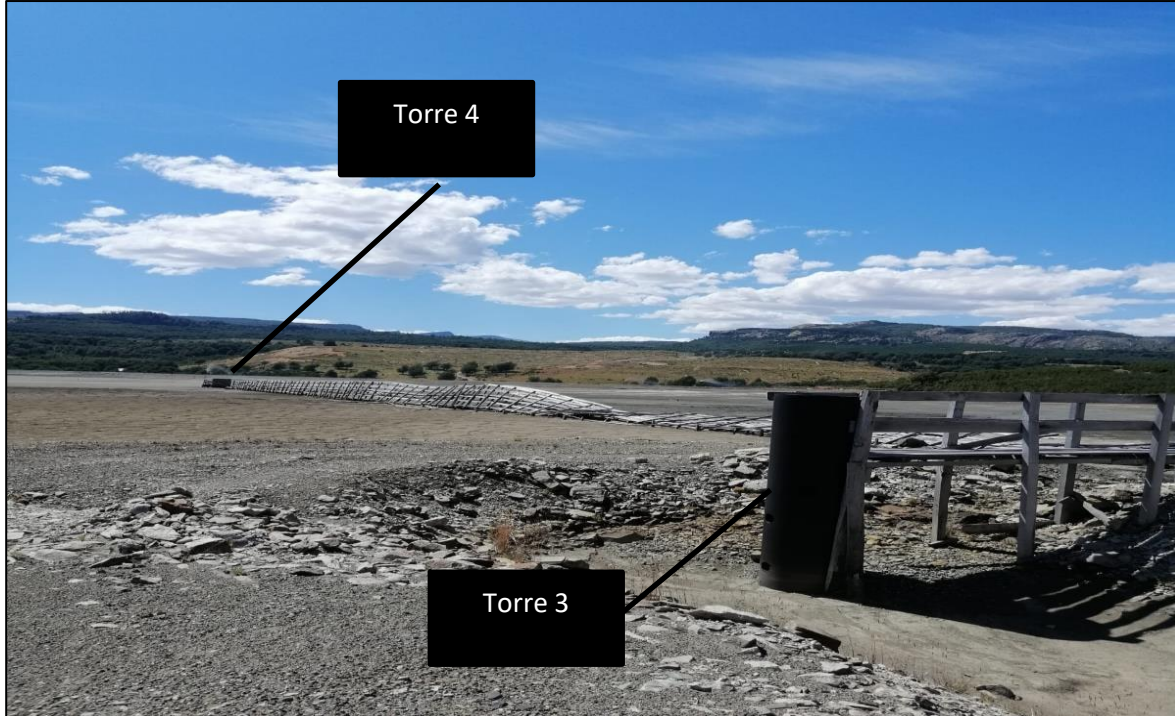


Muro lado Norte

Cubeta del tranque: La cubeta se encuentra cubierta por material de ripio y empréstimo por todo el contorno con un área aproximada de 5,2 hectáreas, en las siguientes imágenes se muestra la zona cubierta, el centro corresponde a relave.



Vertederos de evacuación: El tranque cuenta con dos vertederos para evacuación de aguas de contacto que se acumulan en la cubeta, los vertederos conectan al dren basal del tranque este conduce el aguas hasta piscina de decantación. Las siguientes imágenes muestran las torres de evacuación, la ubicación sobre la cubeta y la salida del dren basal.



Estado del muro: A la fecha no se cuenta con un análisis de estabilidad del muro.

Se adjunta a este informe sísmico del año 2015 aplicado al sector de emplazamiento del tranque.



S y S Ingenieros Consultores Ltda.

Nueva de Lyon 072 of. 1801. Providencia. Código Postal 751-0078 Stgo. Chile. *Rodolfo Saragoni H.*
Fono: 56-2-2318406. Fax: 56-2-23347194. e-mail: *info@sysingen.cl* *Mauricio Sarrazin A.*

NYRSTAR

**ESTUDIO RIESGO SISMICO, COEFICIENTES SISMICOS,
ESPECTROS DE RESPUESTA DE DISEÑO Y ACELEROGRAMAS
ARTIFICIALES TRANQUE DE RELAVES CONFLUENCIA.
MINERA EL TOQUI - UNDECIMA REGION**

PROYECTO	: SS-15044
INFORME	: SS-15044-01e
FECHA	: Septiembre 2015
REVISIÓN	: 0
DESARROLLÓ	: R. Saragoni S. Ruiz
APROBÓ	: R. Saragoni.



ÍNDICE

ESTUDIO RIESGO SISMICO, COEFICIENTES SISMICOS, ESPECTROS DE RESPUESTA DE DISEÑO Y ACELEROGRAMAS ARTIFICIALES TRANQUE DE RELAVES CONFLUENCIA. MINERA EL TOQUI, UNDECIMA REGION.....	4
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 ALCANCE	4
1.2 METODOLOGÍA.....	4
1.3 RESULTADOS.....	5
2. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO CONSIDERADO DEL TRANQUE Y SU SUELO DE FUNDACION.....	6
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO CONSIDERADO	6
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	6
3. MARCO SISMOGÉNICO GENERAL	7
3.1 INTRODUCCIÓN	7
3.2 AMBIENTE SISMOGÉNICO	8
3.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES SÍSMICAS	14
3.3.1 Terremotos Interplaca Subductivos tipo thrust.....	14
3.3.2 Terremotos Intraplaca de Profundidad Intermedia (al interior de la Placa de Nazca) ..	17
3.3.3 Terremotos Intraplaca Superficiales o Corticales.....	18
4 TERREMOTOS MÁXIMOS CREÍBLES PARA LA ZONA DEL PROYECTO	24
4.1 TERREMOTOS MÁXIMOS CREÍBLES Y OPERACIONAL CONSIDERADOS.....	24
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TERREMOTOS MÁXIMOS CREÍBLES PARA LAS FUENTES SÍSMICAS	25
4.2.1 Terremoto Interplaca tipo Thrust.....	25
4.2.2 Terremoto Intraplaca de profundidad intermedia.....	25
4.2.3 Terremoto Intraplaca Superficial.....	25
4.2.4 Terremoto Interplaca tipo Thrust.....	25
4.2.5 Terremoto Intraplaca de profundidad intermedia.....	25
4.2.6 Terremoto Intraplaca Superficial.....	25
5. ESTIMACIÓN DE LAS ACELERACIONES MÁXIMAS	27
5.1 TERREMOTO INTERPLACA TIPO THRUST (MC)	27
5.2 TERREMOTO INTRAPLACA SUPERFICIAL (CORTICAL) MC	27
5.3 TERREMOTO INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA. (MC).....	28
5.4 TERREMOTO INTERPLACA TIPO THRUST (OP).....	28
5.5 TERREMOTO INTRAPLACA SUPERFICIAL (CORTICAL) (OP)	29
5.6 TERREMOTO INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA. (OP).....	29
6 CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES SÍSMICOS	29
7. CARACTERIZACIÓN PROBABILÍSTICA DE ACELEROGRAMAS DE MOVIMIENTO FUERTE.....	31
7.1 INTRODUCCIÓN	31
7.2 MÉTODO $\alpha \beta \gamma$ DE CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS SÍSMICOS.....	31
7.3 FÓRMULAS DE ATENUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS REGISTRADOS EN SUELOS DUROS.....	33
7.4 FUNCIÓN DE DENSIDAD ESPECTRAL Y ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE FRECUENCIAS	34
7.5 ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FORMA: α, β Y γ	35



7.6	ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS ESPECTRALES: V_o , V_m , P Y Q.....	36
7.7	ESTIMACIÓN DEL PROCESO ESTOCÁSTICO DE ACELERACIONES HORIZONTALES.....	37
7.8	ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DESTRUCTIVO DE LOS TERREMOTOS DE DISEÑO	37
7.9	RESUMEN DE LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS DEL SISMO DE DISEÑO	38
7.10	ESTIMACIÓN Y DEL CONTENIDO DE FRECUENCIA Y NIVEL DE DAÑO ASOCIADO A LOS DIFERENTES TERREMOTOS	40
7.11	MÉTODO PARA ESTIMAR LOS ESPECTROS PROMEDIOS DE RESPUESTA	41
7.12	ESTIMACIÓN DE LOS ESPECTROS DE ACELERACIONES PROMEDIO PARA LOS SISMIOS DE DISEÑO	42
8.	ESPECTROS DE DISEÑO BÁSICO ELÁSTICO	44
9.	SIMULACIÓN DE ACELEROGRAMAS ARTIFICIALES TERREMOTO DE DISEÑO.....	46
9.1	INTRODUCCIÓN	46
9.2	POST-CARACTERIZACIÓN DE LOS ACELEROGRAMAS ARTIFICIALES	46
9.3	CORRECCIÓN DE LOS REGISTROS DE ACELERACIÓN PARA OBTENER REGISTROS DE VELOCIDAD Y DESPLAZAMIENTO.....	47
9.4	RECOMENDACIÓN DE ACELEROGRAMAS ARTIFICIALES PARA SER USADOS EN EL ANÁLISIS DINÁMICO.....	47
	REFERENCIAS	49
	ANEXO A.....	53



ESTUDIO RIESGO SISMICO, COEFICIENTES SISMICOS, ESPECTROS DE RESPUESTA DE DISEÑO Y ACELEROGRAMAS ARTIFICIALES TRANQUE DE RELAVES CONFLUENCIA. MINERA EL TOQUI, UNDECIMA REGION

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Alcance

Este informe corresponde al estudio del riesgo sísmico asociado al emplazamiento del tranque de relaves Confluencia de minera El Toqui, ubicado en la Undecima Región de Chile.

El proyecto se ubica en la zona de fallas conocida como Liquiñe-Ofqui, estas condiciones sismotectónicas de la zona hacen que la ubicación del proyecto sea de un alto potencial sísmico, al norte de la zona del proyecto ocurrió el terremoto de Valdivia de 1960 que corresponde al terremoto registrado de mayor magnitud en el mundo, $M = 9.5$. Por otro lado, las zonas de subducción presentan terremotos profundos, los cuales pueden llegar hacer muy destructivos, como fue el caso del terremoto de Chillán, 1939 $M = 8.0$.

Considerando las características mencionadas para la ubicación del proyecto se realizan los estudios adecuados para determinar los coeficientes sísmicos, espectros de respuesta y acelerogramas artificiales asociados a los potenciales terremoto que pueden ocurrir durante el cierre del tranque de relaves Confluencia

1.2 Metodología

La metodología utilizada en este informe considera el establecimiento del marco sismogénico general de la zona en estudio; describiéndose el ambiente sismogénico y caracterizándose las fuentes sísmicas en un área sísmica asociada de 600 km de diámetro en torno al emplazamiento del proyecto. Analizándose los grandes terremotos históricos que han afectado la zona y el potencial riesgo que pudiera tener la activación de una de las ramas de la falla Liquiñe – Ofqui.

Se establecen determinísticamente los parámetros que mejor representan las características de las fuentes sismogénicas, considerándose éstos como terremotos de diseño. De acuerdo a la caracterización de los terremotos de diseño se determinan los coeficientes sísmicos y los espectros de respuesta.

Este informe se ha dividido en las siguientes secciones: En la Sección 2 se presenta la ubicación geográfica del sitio considerado y las características del suelo. En la Sección 3 se define el marco sismogénico general, donde se caracterizan los principales tipos de fuentes



sísmicas que afectan la zona en estudio y los terremotos históricos más importantes que han ocurrido en el sector. En la Sección 4 se definen los máximos terremotos creíbles esperados para cada una de las fuentes sismogénicas definidas y las características de estos últimos, en la Sección 5 se presentan los valores de las aceleraciones máximas esperadas, en la Sección 6 los coeficientes sísmicos propuestos, en la Sección 7 se desarrolla una caracterización probabilística de los acelerogramas que permiten estimar los espectros de aceleraciones promedio para los terremotos de diseño, en la Sección 8 se proponen los espectros de respuesta para este proyecto y finalmente en la Sección 9 se presentan los acelerogramas artificiales generados para el diseño sísmico del tranque en su etapa de cierre.

1.3 Resultados

Se han definido los terremotos de diseño, cada uno de ellos asociado a dos de las principales fuentes sísmicas que controlan la sismicidad del sector del proyecto. Se han considerado dos potenciales fallas asociadas a terremotos superficiales. En base a los terremotos de diseño se ha propuesto el coeficiente sísmico de diseño para el tranque Confluencia. Además se entregan los espectros de diseño junto con los acelerogramas sintéticos obtenidos para el terremoto que controla la sismicidad de la zona.



2. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO CONSIDERADO DEL TRANQUE Y SU SUELO DE FUNDACION.

2.1 Ubicación Geográfica del Sitio Considerado

El estudio de riesgo sísmico de este informe se refiere al emplazamiento del tranque de relaves Confluencia, de Minera El Toqui, que se encuentra ubicado en las coordenadas aproximadas indicadas en la Tabla 2.1. En esta Tabla se indican las coordenadas geográficas (Latitud, Longitud). En la Figuras 2.1 se muestra un esquema de la ubicación de este sitio.

Tabla 2.1: Coordenadas geográficas aproximadas del emplazamiento del tranque de relaves Confluencia.

Sitio \ Coordenadas	Coordenadas Geográficas	
	Latitud S	Longitud W
Tranque de Relaves Confluencia	45°2'1.32" S	71°55'35.28"

La ubicación del tranque de relaves se muestra en la Fig. 2.1.

2.2 Características del Suelo

Se ha considerado que el lugar de emplazamiento del tranque se han obtenido del informe:

Geostrata. “Informe de Estudio Geofísico en Tranque de Relave, Mina El Toqui, Coyhaique, Chile. Mediciones de velocidades de Onda Sísmica”. 30 julio 2013.

Los valores de velocidades de onda de corte de los diferentes estratos permiten caracterizar el suelo como suelo duro.

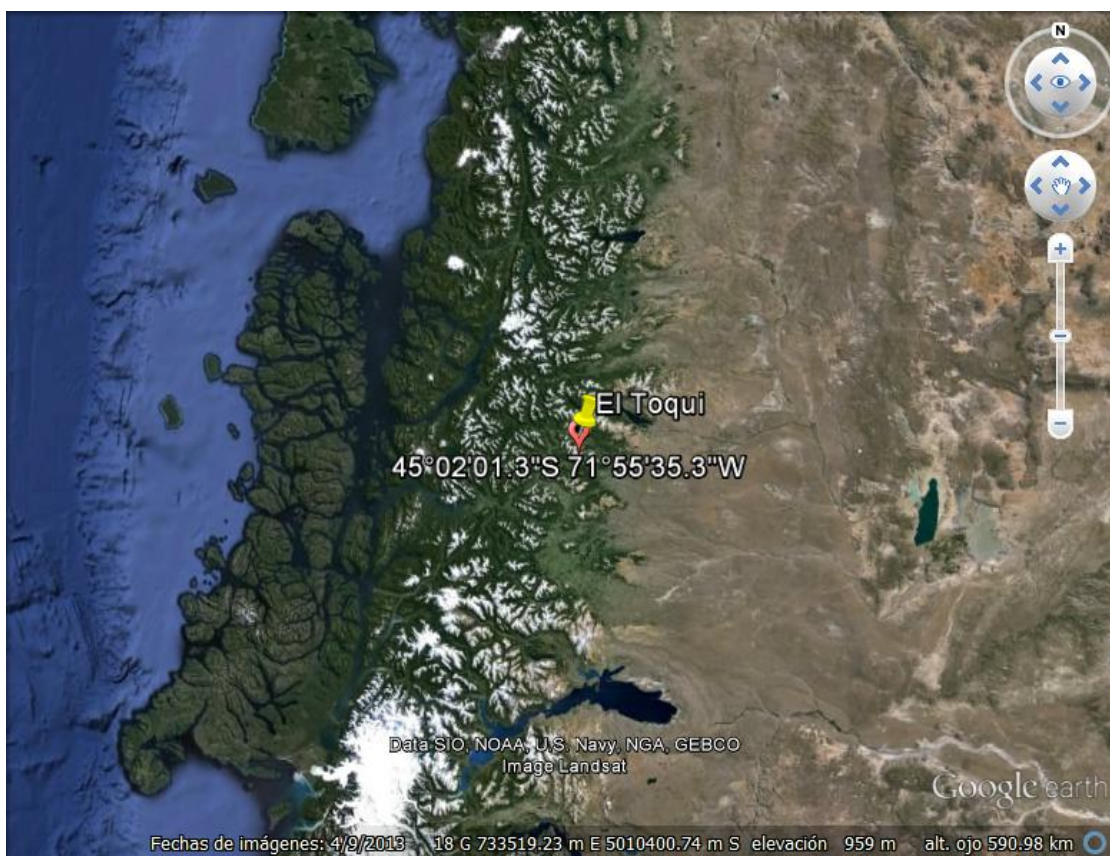


Figura 2.1: Ubicación del proyecto el Toqui y su tranque de relaves.

3. MARCO SISMOGÉNICO GENERAL

3.1 Introducción

En este capítulo se describe el ambiente sismogénico y se caracterizan las fuentes sísmicas que afectan el área sísmica asociada al proyecto minero El Toqui, definiéndose los tipos de terremotos que afectan la zona en estudio.

Para cada fuente sísmica se describen los terremotos históricos que han afectado la zona donde se encuentra el proyecto y las potenciales fallas activas que existen y que pudiesen activarse durante la vida útil de este proyecto.

Esta sección ha sido dividida en dos partes que se detallan a continuación: en la Sección 3.2 se describe el ambiente sismogénico de la zona del proyecto y en la Sección 3.3 se caracterizan las principales fuentes sísmicas identificadas en el área sísmica del proyecto. Se describen los terremotos históricos más importantes de cada fuente sísmica y la tectónica que controla los potenciales eventos sísmicos.



3.2 Ambiente Sismogénico

La zona en estudio se ubica en el borde inferior de la zona de subducción que se encuentra controlada por la convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana a razón de aproximadamente 8 cm/año (Figura 3.1). La subducción de la Placa de Nazca se realiza según un plano inclinado hacia el Este con buzamientos que varían entre los 15° y 40° respecto a la horizontal.

Un corte de la placa de Nazca subductando, se presenta en la Figura 3.2, donde además se muestra un esquema de los principales terremotos que afectan la zona del proyecto.

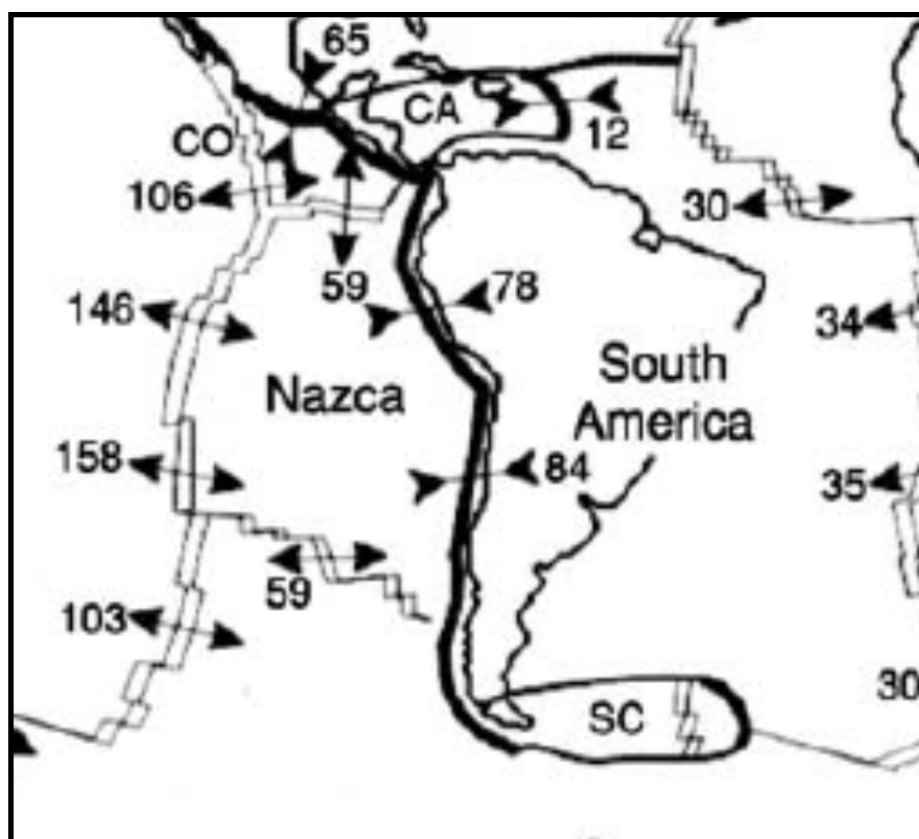


Figure 3.1 Mapa de las placas de Nazca y Sudamericana, los números mostrados son las velocidades relativas entre ellos. (DeMets y otros, 1990). Reproducido de Lowrie W (1997)).

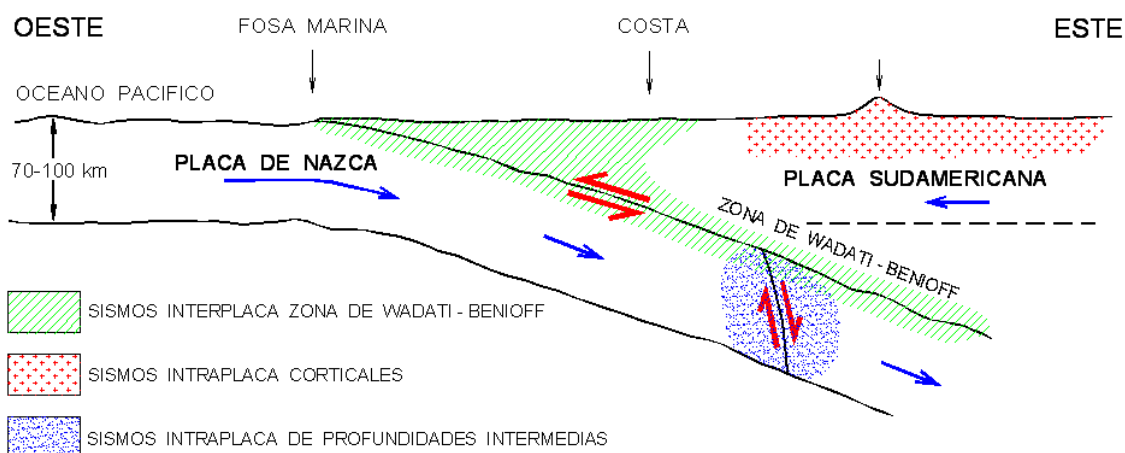


Figura 3.2. Esquema de la subducción de la placa de Nazca y Sudamericana y la ubicación de los terremotos en diferentes zonas del contacto.

El contacto y convergencia de las placas de Nazca y Sudamericanas da origen a terremotos interplaca tipo thrust. Debido a los esfuerzos a que está sometido el continente producto del movimiento de convergencia de las placas, se generan sismos superficiales en la placa sudamericana (sismos superficiales o corticales). Los terremotos intraplaca de profundidad intermedia ocurren en la placa de Nazca por los esfuerzos ocasionados al subducir. (Figura 3.2).

La deformación de la placa Sudamericana da lugar al actual alzamiento de la cordillera de los Andes y a sismos superficiales o corticales. Estos sismos tienen lugar en la parte superior de la Placa Sudamericana y en general no sobrepasan en profundidad los 30 kilómetros y que para el caso de la zona en estudio se encuentran controlados por el sistema de fallas conocido como Liquiñe-Ofqui, Figuras 3.3 y 3.4. Otros sismos ocurren al interior de la placa que subduce (Placa de Nazca) producto de los esfuerzos que ocurren al interior de esta placa, estos sismos presentan una profundidad mayor de 60 kilómetros (terremotos intraplaca de profundidad intermedia).

La rápida convergencia de la placa de Nazca respecto a la placa Sudamericana y la juventud de la placa de Nazca ha permitido caracterizar la zona ubicada al norte del proyecto como un sector de grandes terremotos interplaca tipo thrust, Figura 3.5. En particular en esta zona se registró el terremoto más grande del mundo, el terremoto de Valdivia de 1960 de magnitud $M_w = 9.5$. Este terremoto y los diferentes tipos de terremotos que pueden afectar la zona son discutidos en la sección siguiente.



Otra característica relevante de la zona en estudio es la juventud de la placa de Nazca, producto del acercamiento de la dorsal hacia el continente, Figura 3.6. Esto como se observa en las secciones siguientes se traduce en una menor frecuencia de sismos.

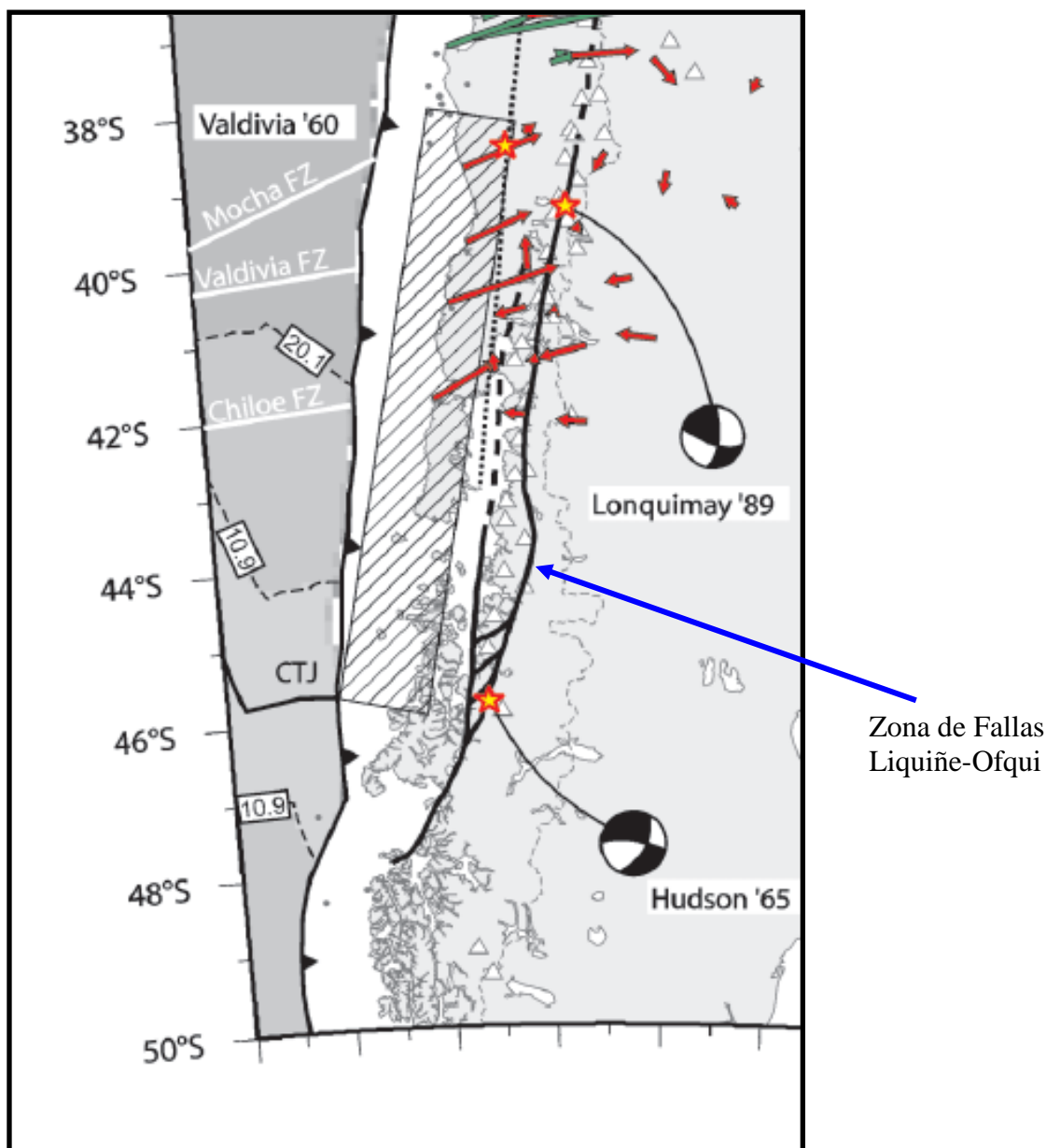


Figura 3.3. Figura del Sur de Chile donde se muestra la Falla de Liquiñe-Ofqui y dos de los terremotos ocurridos en ella. Además el rectángulo achurado indica el área de ruptura del terremoto de 1960. (Hoffmann-Rothe y otros, 2006).

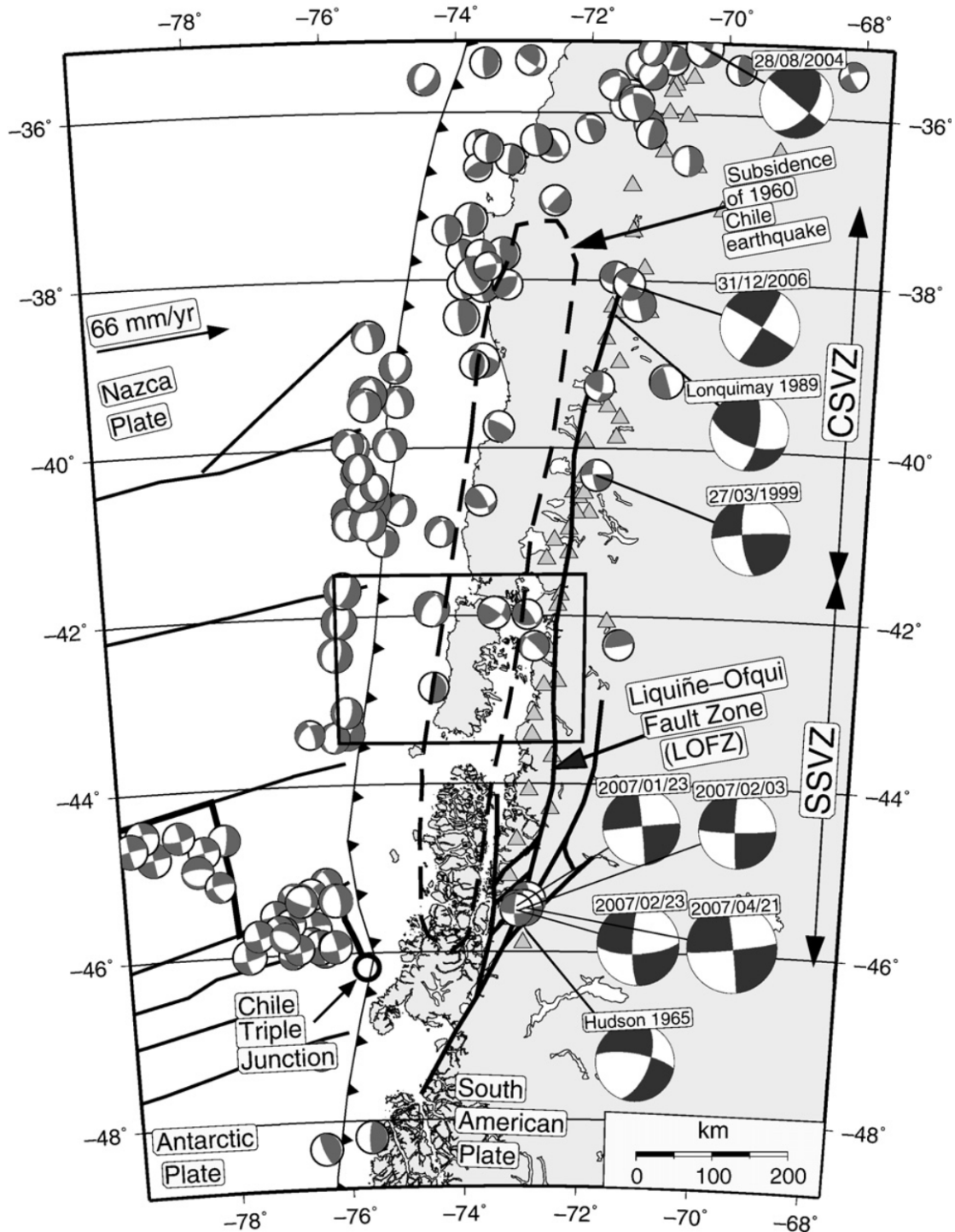


Figura 3.4. Zona Sur de Chile entre los 36° y 39° Sur donde se aprecia la traza de la falla Liquiñe-Ofqui y diferentes sismos que ocurridos en la zona. (Lange y otros, 2008).

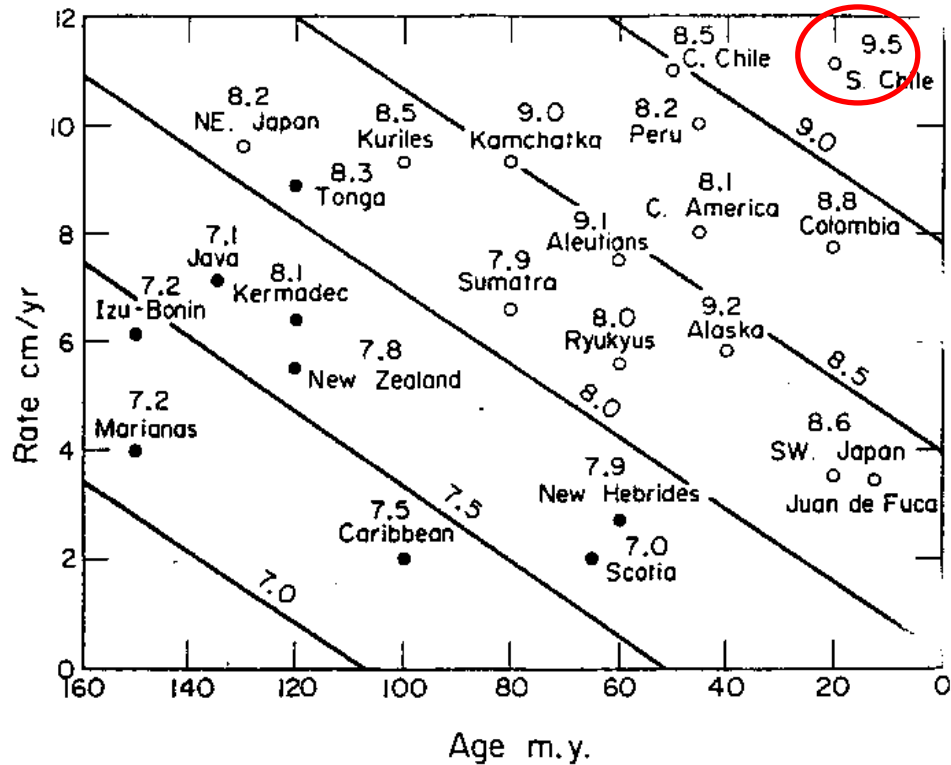


Figura 3.5. Relación entre velocidad de convergencia y edad de placas, los números asociados corresponden a la magnitud M_w más grande ocurrida en la zona de subducción indicada, Heaton y Kanamori (1984) modificada de Ruff y Kanamori (1980). En un círculo rojo se destaca el terremoto del año 1960 de magnitud $M_w = 9.5$. Las rectas diagonales corresponden a las magnitudes M_w de estos terremotos.

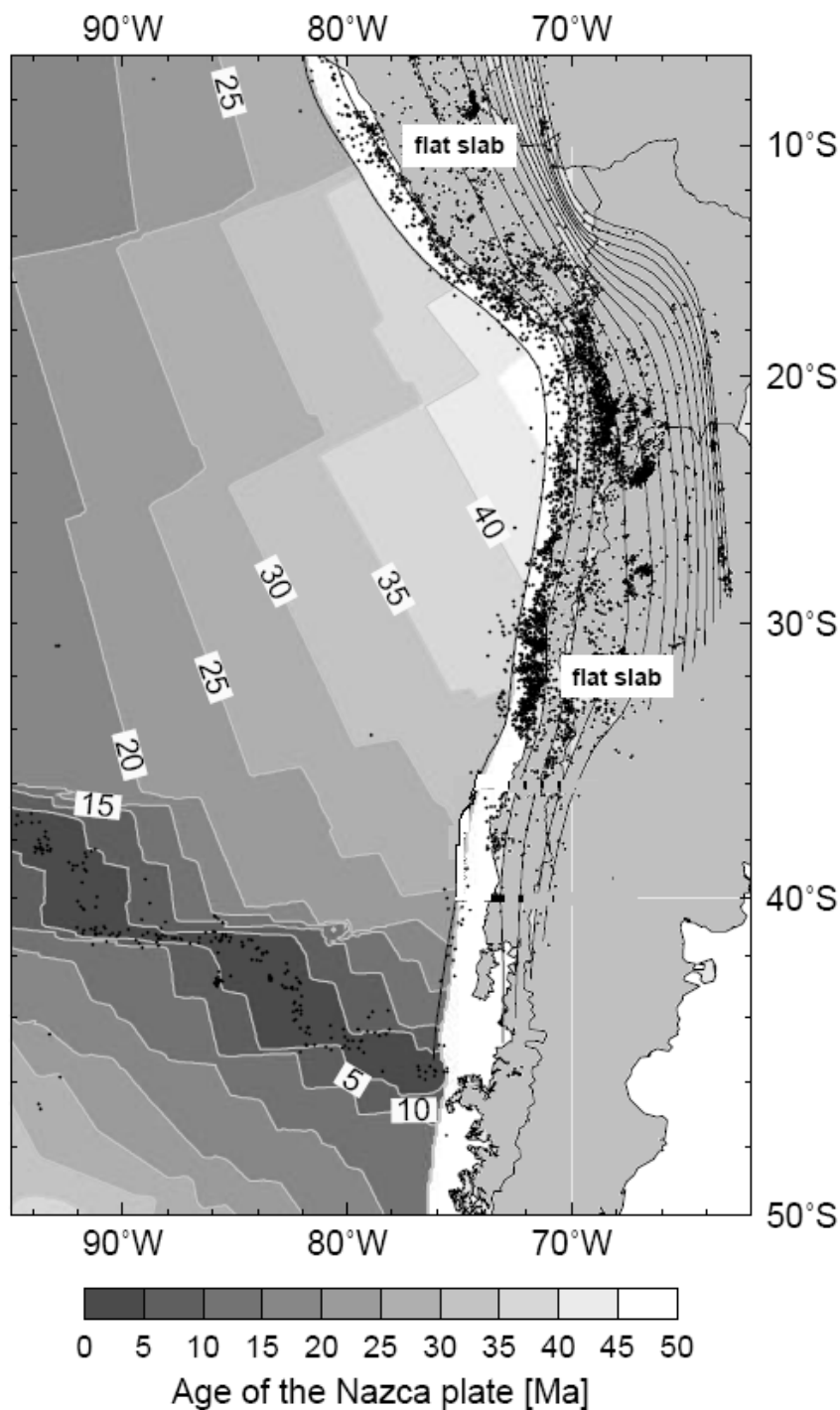


Figura 3.6. Edad de la placa de Nazca y curvas de isopropundidad (Bohm, 2004). Es posible apreciar que la zona del proyecto se encuentra cerca de la dorsal oceánica, motivo por el cual la edad de la placa de Nazca al aproximarse al continente es menor que en otras zonas. Los puntos negros corresponden a ubicación epicentral de sismos.



3.3 Caracterización de las Fuentes Sísmicas

En el área sísmica asociada al emplazamiento del tranque de relaves Confluencia, de Minera El Toqui es posible distinguir tres fuentes sismogénicas, que se asocian a tres tipos distintos de terremotos, y que corresponden a los indicados en la Figura 3.2. Estas fuentes sismogénicas se analizan separadamente de acuerdo a los nuevos antecedentes sismológicos. También se consideran los eventos “outer-rise” que se ubican costa afuera en la placa de Nazca.

- i) **Terremotos Interplaca Subductivos tipo thrust** (interacción entre las Placas de Nazca y Sudamericana)
- ii) **Terremotos Intraplaca de Profundidad Intermedia** (al interior de la Placa de Nazca)
- iii) **Terremotos Intraplaca Superficiales o Corticales** (al interior de la Placa Sudamericana).
- iv) **Terremoto Outer-Rise Intermedia** (al interior de la Placa de Nazca)

Cada una de estas fuentes genera terremotos de magnitudes máximas específicas cuya importancia para el proyecto depende de su distancia relativa a la fuente sismogénica. Por este motivo es necesario detallar cada una de ellas por separado y estudiar los eventos históricos asociados

3.3.1 Terremotos Interplaca Subductivos tipo thrust

Este tipo de terremotos ocurre en el contacto de las placas de Nazca y Sudamericana (Figura 3.2), se caracteriza por producir terremotos de gran magnitud y presentar ubicación costera.

Históricamente se tiene antecedentes de grandes terremotos interplaca tipo thrust que han ocurrido en la zona en los años 1575 – 1737 – 1837 y 1960, Figura 3.7. Estos eventos fueron clasificados por Lomnitz (1971) quien indica la magnitud y fuerza del Tsunami indicado en la Tabla 3.1. Como se aprecia en esta Figura el proyecto se ubica en el extremo sur de la ruptura de los terremotos thrust históricos.

Tabla 3.1. Terremotos históricos que han ocurrido en el Sur de Chile (Lomnitz, 1971).

Fecha	Magnitud	Observaciones
16 de Diciembre de 1575	8½	Fuerte Tsunami
24 de Diciembre de 1737	7½ - 8	Probable Tsunami
7 de Noviembre de 1837	8	Tsunami
22 de Mayo de 1960	Mw = 9.5	Fuerte Tsunami

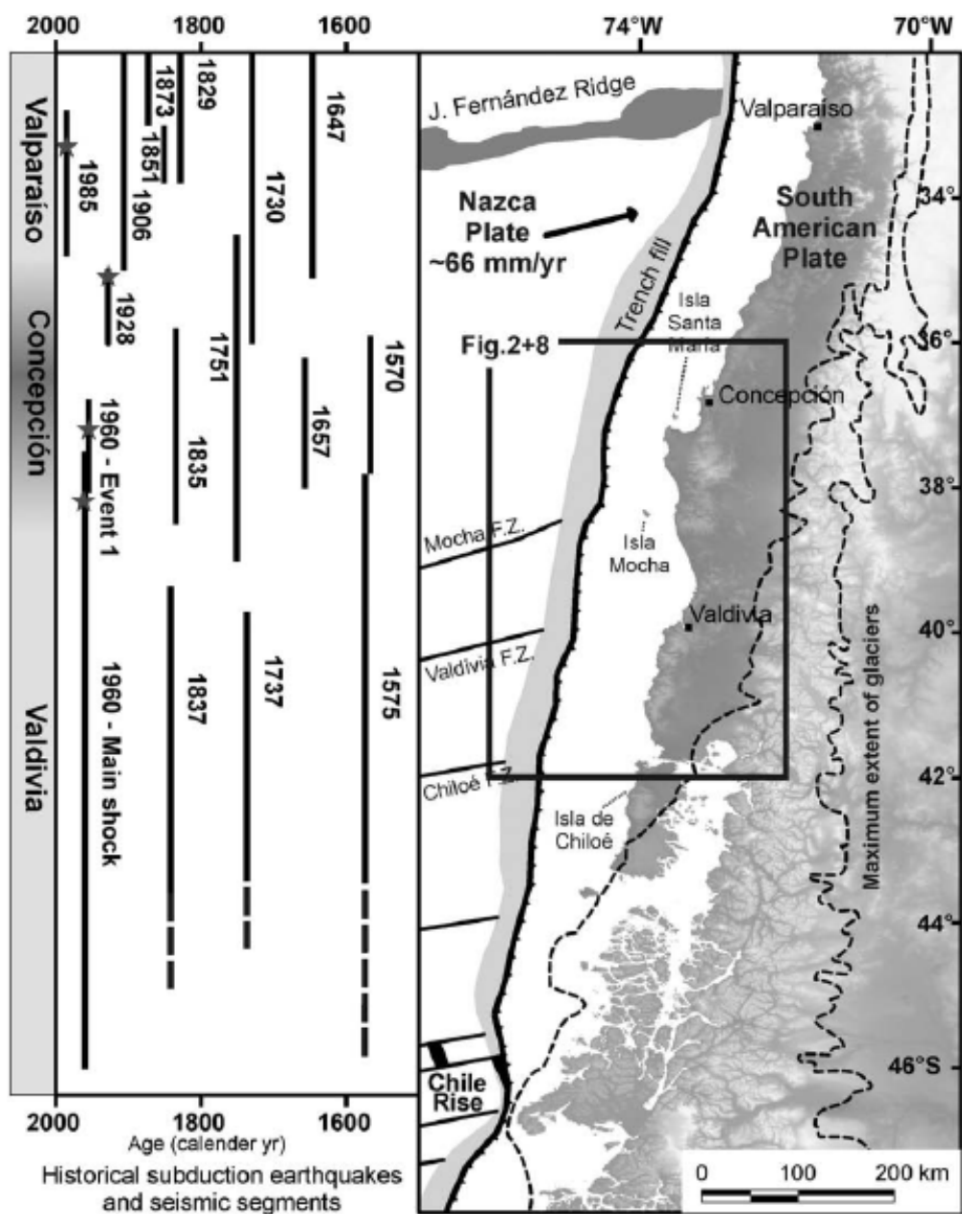


Figura 3.7. En esta figura es posible observar los largos de ruptura de los terremotos de 1575-1737-1837-1960 (Blumberg y otros, 2008).



De acuerdo a lo observado en la Tabla 3.1, otro gran terremoto con tsunami similar al de 1960 ocurrió el año 1575, siendo los terremotos del año 1737 y 1837 de menor magnitud, esto es ratificado por Cisterna y otros (2005) quien a partir de estudios de dataciones encuentra un periodo de recurrencia para los grandes terremotos similares al del año 1960 igual a 285 años (Figura 3.8). Esto indica que la repetición del terremoto del año 1960 sería en alrededor de 230 años más.

De acuerdo a lo observado en la Figura 3.7 solo el terremoto de 1960 (y en forma inferida el de 1575) presenta un largo de ruptura que alcanza la zona del proyecto, los otros terremotos presentan rupturas que terminan al norte de la zona en estudio.

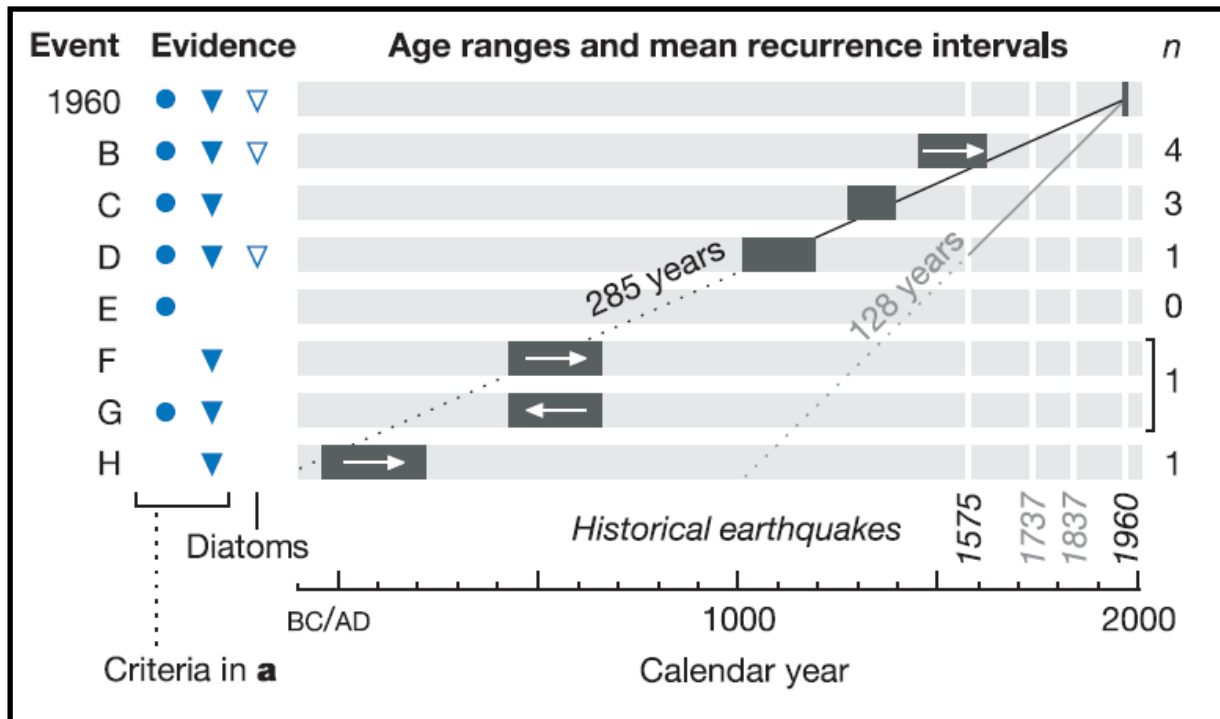


Figura 3.8. Evidencia de grandes terremotos similares al del año 1960 que han producido Tsunami (Cisternas y otros, 2005)



3.3.2 Terremotos Intraplaca de Profundidad Intermedia (al interior de la Placa de Nazca)

Estos terremotos se ubican al interior de la placa de Nazca con epicentro continental. La profundidad del hipocentro de estos terremotos aumenta a medida que se avanza hacia el Este. En la Figura 3.9 se presenta una vista en planta del Sur de Perú y en Norte y Centro de Chile donde se han trazado las curvas de isoprofundidad de la placa de Nazca. Algunos terremotos intraplaca de profundidad intermedia que han ocurrido en Chile son los terremotos de Chillán 1939 ($M = 8.0$), Calama 1950 ($M = 8.0$), Tarapacá 2005 ($M_w 7.8$). La Ligua de 1965 ($M_s = 7.1$), Papudo 1981 ($M_s = 6.7$), Arica 1987 ($M_s = 6.9$) y Punitaqui 1997 ($M_s = 6.7$), por mencionar algunos. Dentro de éstos el que presenta más relevancia por su magnitud es el terremoto de Chillán de 1939, tanto por su magnitud como por el gran número de muertos que generó.

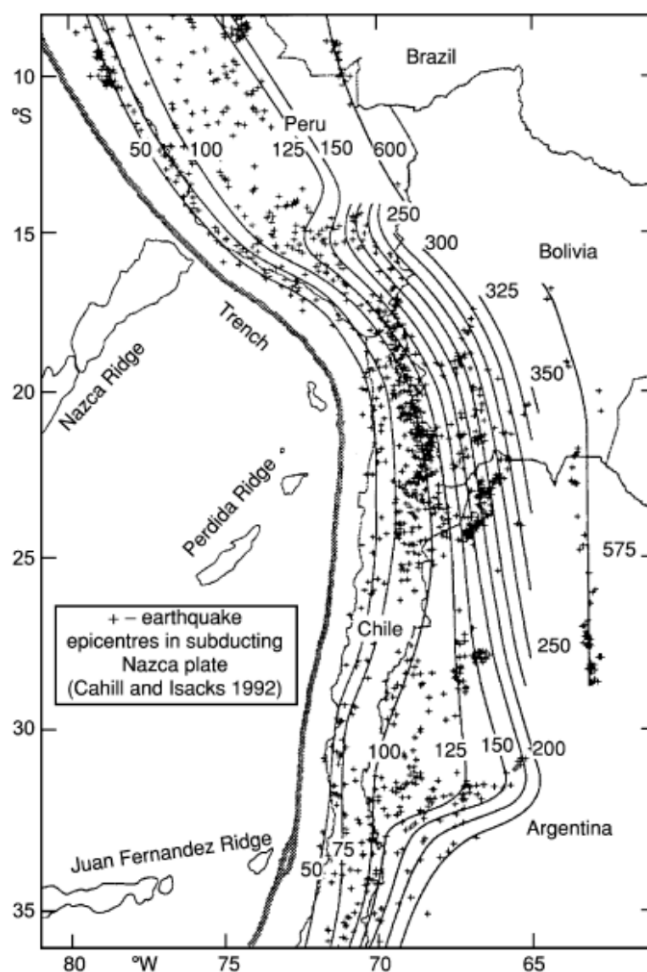


Figura 3.9. Curva de isoprofundidad de la placa de Nazca (Cahill e Isacks, 1992).



3.3.3 Terremotos Intraplaca Superficiales o Corticales

La convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana da lugar a esfuerzos tectónicos en la placa Sudamericana que ocasiona sismos superficiales o corticales, estos sismos han sido escasos en la reciente historia sísmica chilena; sin embargo por sus reconocidas características destructivas a nivel mundial y la presencia de la zona de fallas Liquiñe-Ofqui en la zona del proyecto, es necesario estudiar en detalle este tipo de terremotos (Figuras 3.10 y 3.11) (Valenzuela y Saragoni, 2002).

En Chile existen antecedentes de terremotos superficiales registrados instrumentalmente, a continuación se detallan los más importantes:

- Las Melosas 1958 de magnitud $M = 6.9$ (Lomnitz, 1960)
- Aroma (Chusmiza) 2001 de magnitud $M_w = 6.2$ (Comte y otros, 2003).
- Curicó 2004 de magnitud $M = 6.4$.

El más destructivo de estos terremotos ha sido el evento de las Melosas de 1958 que presenta una intensidad de Mercalli Máxima de IX (Sepulveda y otros, 2008), aunque por lo poco poblado de las zonas donde han ocurrido estos sismos, no es posible estimar con precisión su intensidad máxima dado que la intensidad máxima está asociada a la cercanía de zonas habitadas a la falla.

Otra serie de sismos superficiales pueden ser asociados directamente a la falla Liquiñe Ofqui:

- Hudson 1965 de magnitud $M_w = 6.2$ (Chinn e Isacks, 1983).
- Lonquimay 1989 de magnitud $M_w = 5.3$ (Barrientos y Acevedo-Arnaguiz, 1992)
- Aysén 2007 de magnitud $M_w = 6.2$. (Lange, 2008 ; Lange y otros, 2008)

Algunos de estos eventos son indicados en la Figura 3.12, donde es posible observar que los eventos de Hudson 1965 y Lonquimay de 1989 se alinean en torno a la falla Liquiñe Ofqui, ocurriendo lo mismo con el sismo de Aysén del 2004 (Figura 3.13) y los recientes sismos ocurridos por la activación volcánica en la zona de Chaitén (Figura 3.14).

En la zona del proyecto existen diversos rasgos estructurales que muestran la presencia de fallas potencialmente activas asociadas a la falla de Liquiñe – Ofqui, pero alejadas del emplazamiento del tranque Confluencia.

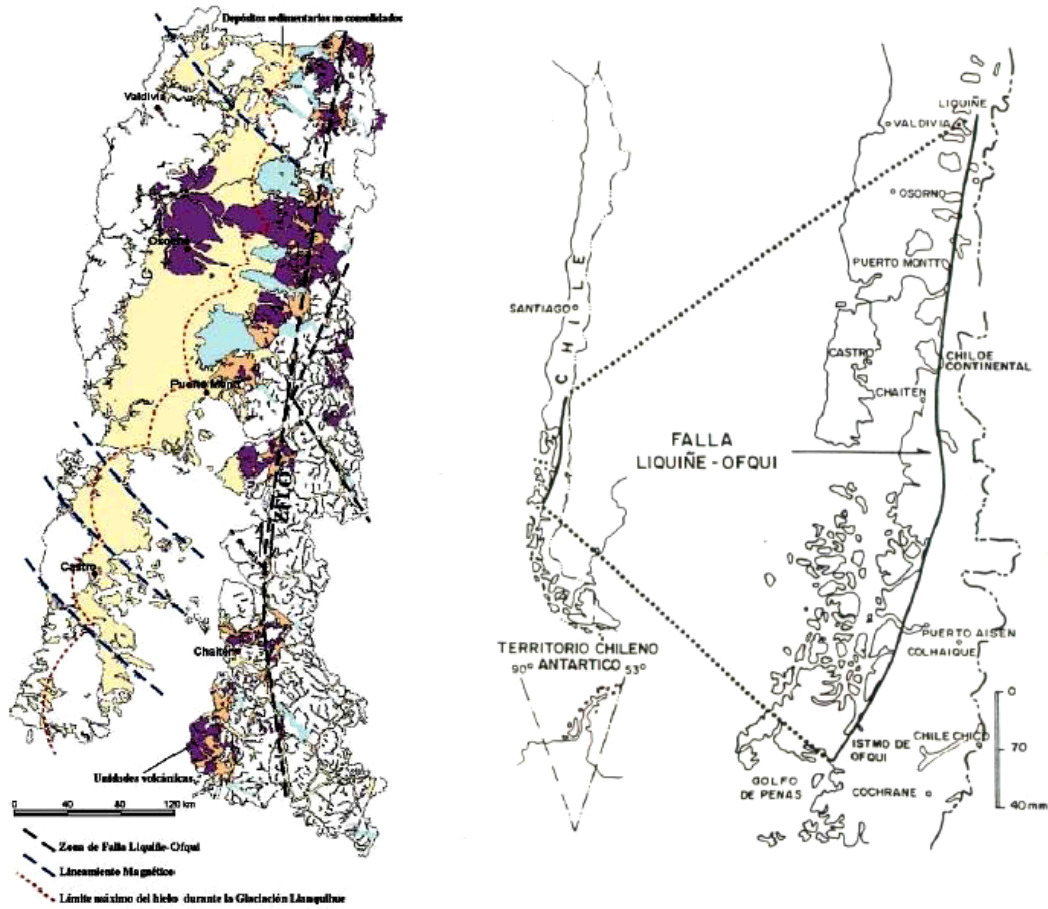


Figura 3.10. Se observa esquemáticamente la extensión de la mega falla de Liquiñe – Ofqui. (Herve (1984))

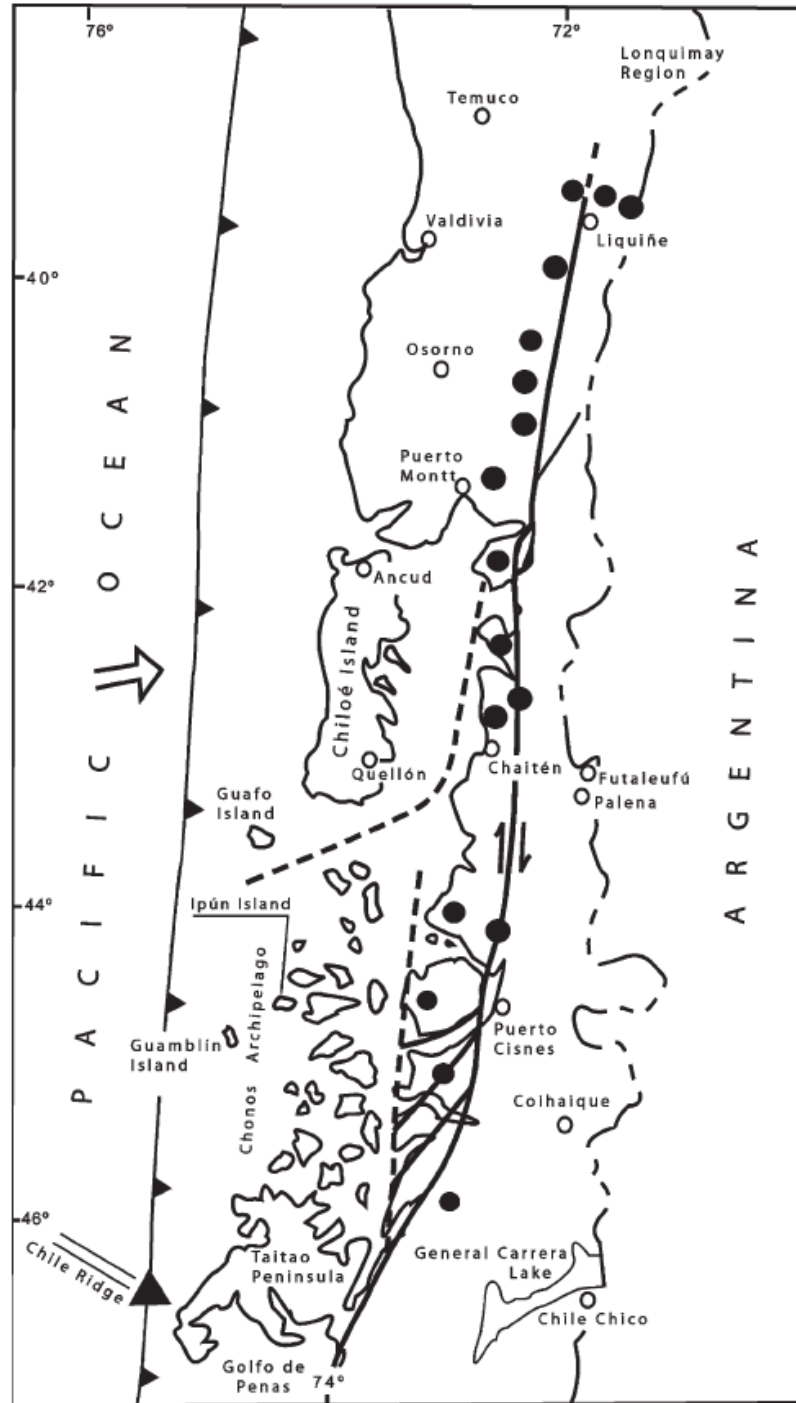


Figura 3.11. Se observa esquemáticamente la mega falla de Liquiñe – Ofqui. (Cembrano y otros, 1996). Los círculos negros corresponden a volcanes.

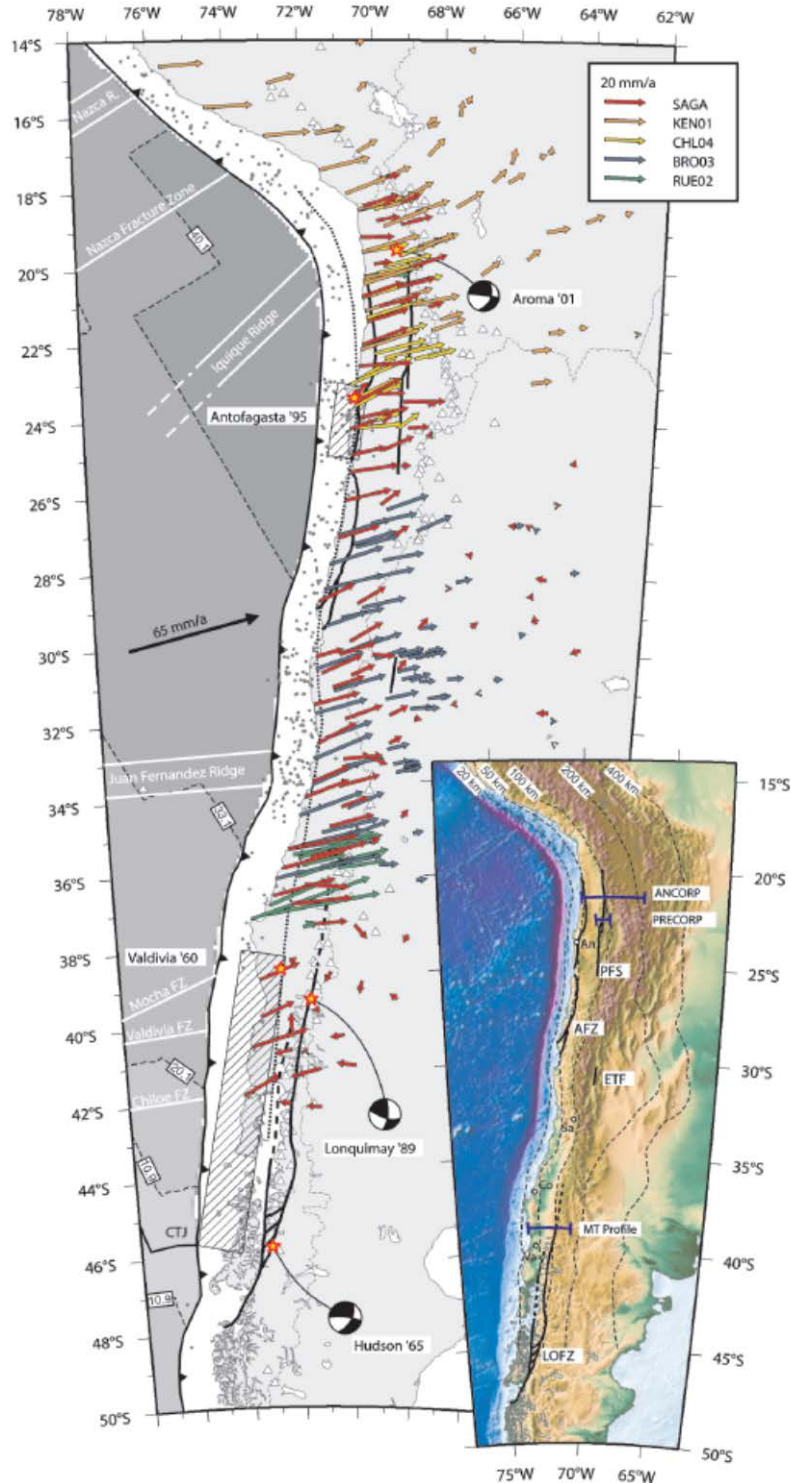


Figura 3.12. Esta Figura muestra la existencia de fallas superficiales en Chile, algunas de ellas activas con la falla de Liquiñe – Ofqui, es posible apreciar la presencia de 3 sismos superficiales, dos de ellos en la falla de Liquiñe-Ofqui. (Hoffmann-Rothe y otros, 2006).

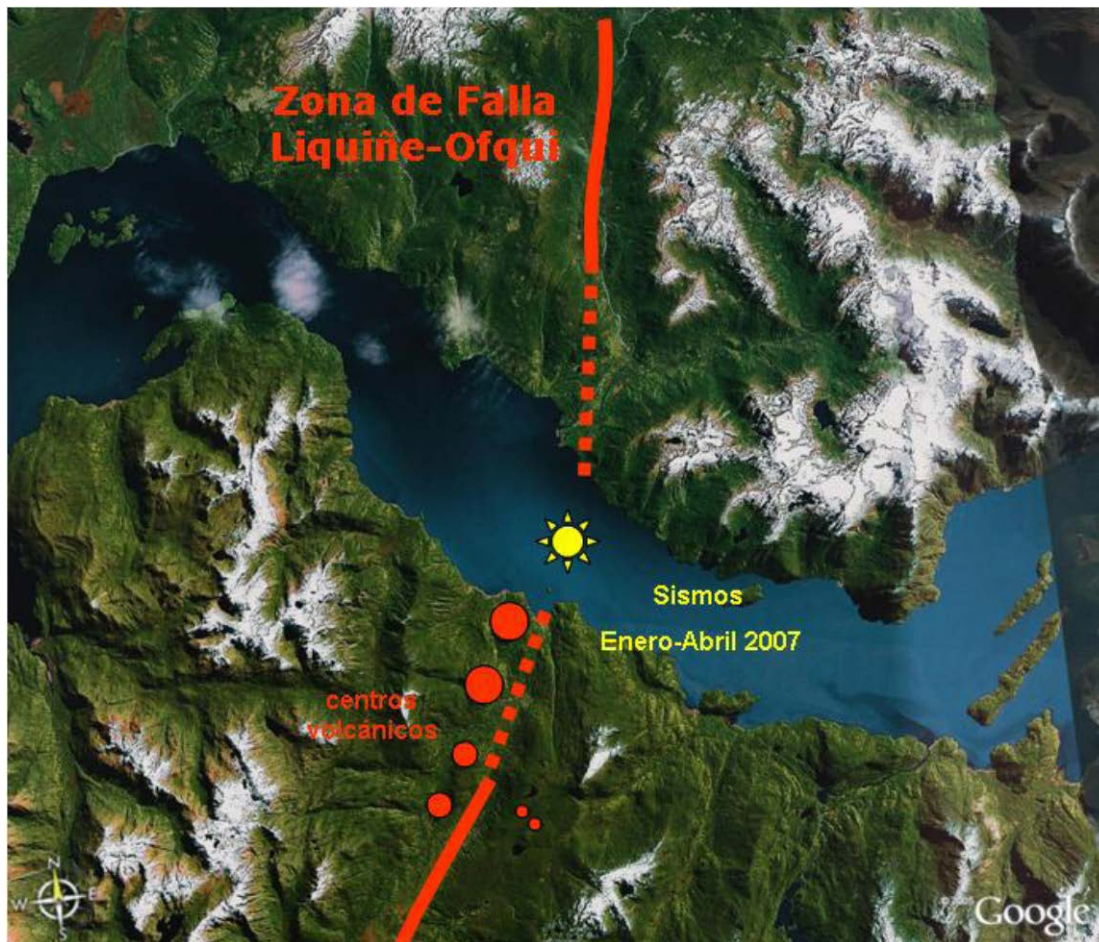


Figura 3.13. Sismo de Aysén asociado a la falla de Liquiñe-Ofqui. (Sernageomin, Comunicado de Prensa).

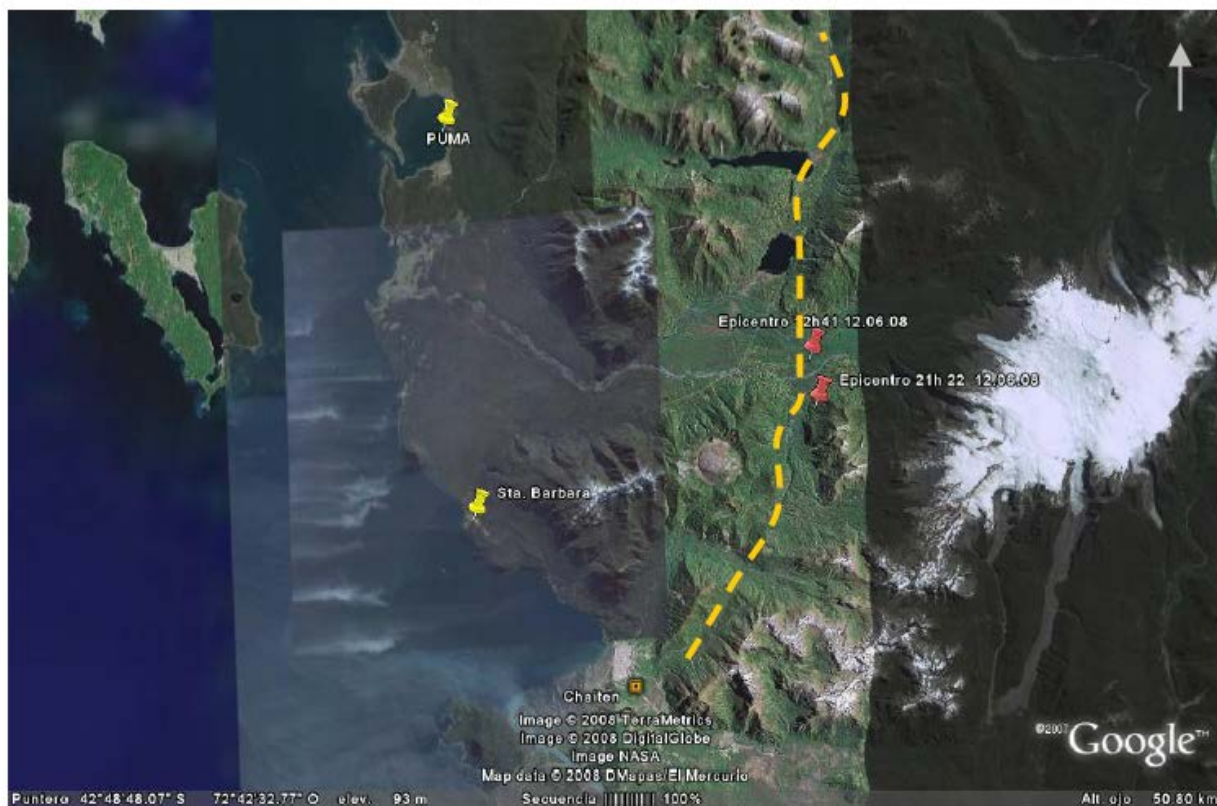


Figura 3.14. Localización de dos importantes sismos asociados a la activación volcánica en el sector de Chaitén y que se ubican en la Falla de Liquiñe-Ofqui. (Sernageomin, Comunicado de Prensa).



4 TERREMOTOS MÁXIMOS CREÍBLES PARA LA ZONA DEL PROYECTO

4.1 Terremotos Máximos Creíbles y Operacional Considerados

La zona donde se ubica el proyecto corresponde a una zona de menor sismicidad respecto a las zonas Norte y Centro de Chile, observándose una notoria disminución de la sismicidad al sur del paralelo 38°S. En la Figura 4.1 es posible observar una gran concentración de sismos al norte del paralelo 38°, esto se debe principalmente a la juventud de la placa en la zona Sur, debida a la cercanía de la dorsal. Esta menor sismicidad de pequeños sismos da lugar a que sismos de gran magnitud ocurran en intervalos de tiempo mayores.

Para la zona del proyecto y considerando la vida útil de este, se considera la ocurrencia de un terremoto tipo thrust de menor magnitud que el de Valdivia de 1960, es decir similar magnitud de un terremoto similar al de 1737 o 1837, $M \sim 8.0$ para el caso máximo creíble (MC) y un sismo magnitud $M \sim 7.5$ para el caso operacional (OP). También se considera una potencial falla de magnitud $M 6.5$ a 5 km y 10 km para el caso máximo creíble y operacional respectivamente. Estas fallas no tienen evidencia geológica, pero se han considerado conservadoramente, en atención a la lejanía de las ramas de la falla Liquiñe-Ofqui al emplazamiento del tranque de relaves Confluencia. Finalmente, se considera la ocurrencia de un gran terremoto intraplaca de profundidad intermedia de magnitud $M 7.5$ y $M 7.0$, para el caso MC y OP, respectivamente.

A continuación se resumen las características básicas de los terremotos de diseño considerados en este proyecto.



4.2 Características de los terremotos máximos creíbles para las fuentes sísmicas

Los terremotos máximos creíbles (MCE) para el diseño del proyecto de son los siguientes:

4.2.1 Terremoto Interplaca tipo Thrust

Para el diseño se considera un terremoto interplaca tipo thrust de magnitud $M = 8.0$ con hipocentro costero de distancia hipocentral $R = 140$ km

4.2.2 Terremoto Intraplaca de profundidad intermedia

Para el diseño se considera un terremoto intraplaca de profundidad intermedia de magnitud $M = 7.5$ ocurriendo bajo el proyecto a una profundidad de 80 km.

4.2.3 Terremoto Intraplaca Superficial

Para el diseño se consideran una falla superficial de magnitud $M 6.5$ a 5 km de distancia del proyecto.

Los terremotos Operacionales (OP) para el diseño del proyecto de son los siguientes:

4.2.4 Terremoto Interplaca tipo Thrust

Para el diseño se considera un terremoto interplaca tipo thrust de magnitud $M = 7.5$ con hipocentro costero de distancia hipocentral $R = 140$ km

4.2.5 Terremoto Intraplaca de profundidad intermedia

Para el diseño se considera un terremoto intraplaca de profundidad intermedia de magnitud $M = 7.0$ ocurriendo bajo el proyecto a una profundidad de 80 km.

4.2.6 Terremoto Intraplaca Superficial

Para el diseño se consideran 1 falla superficial de magnitud $M 6.5$ a 10 km de distancia del proyecto.

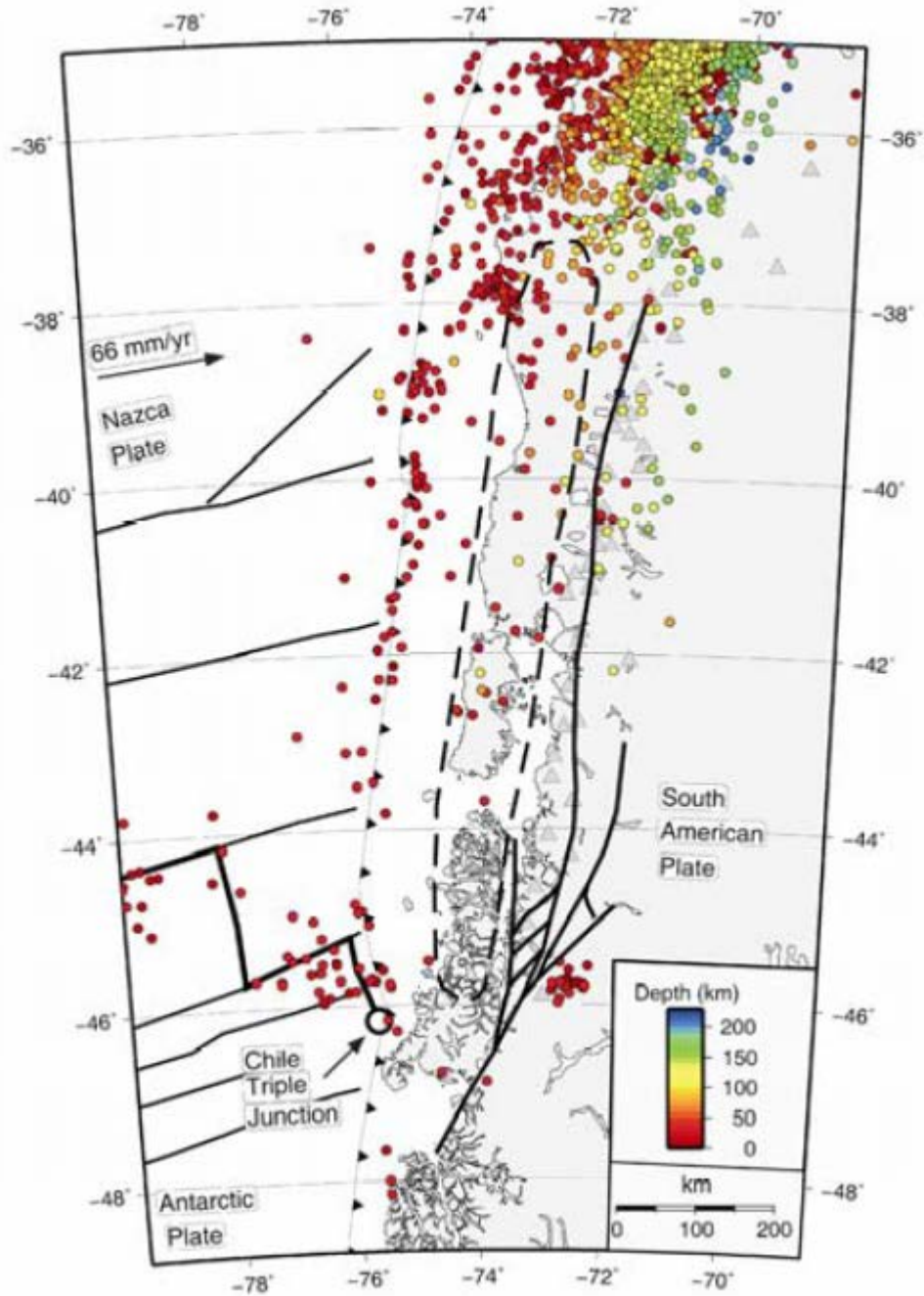


Figura. 4.1 Sismicidad de la zona Sur de Chile, donde se aprecia una disminución de la sismicidad al sur del paralelo -38° (Bachmann, 2007)



5. ESTIMACIÓN DE LAS ACELERACIONES MÁXIMAS

Considerando que el proyecto se encuentra ubicado en roca dura y utilizando las fórmulas propuestas para aceleraciones máximas registradas en roca dura para terremotos del tipo interplaca thrust chilenos propuesta por Ruiz y Saragoni (2005) y la fórmula de Sadigh y otros (1997) propuesta para aceleraciones máximas de terremotos superficiales del tipo strike slip propuesta para California en roca, se obtienen los valores de las aceleraciones máximas a_{\max} (PGA).

En primer lugar se determinan los valores de aceleración máxima para cada tipo de terremoto de diseño considerado, escogiéndose el valor más alto para el cálculo del coeficiente sísmico.

5.1 Terremoto Interplaca tipo Thrust (MC)

Para el terremoto de diseño interplaca tipo thrust de diseño propuesto se tiene:

$$M = 8.0$$

$$\text{Distancia hipocentral } R = 140 \text{ km}$$

Luego de la fórmula de Ruiz y Saragoni (2005) para PGA en roca dura se obtiene:

$$a = \frac{2 \cdot e^{1.28 \cdot M_s}}{(R + 30)^{1.09}} = 207.5 \text{ cm/s}^2 \quad (5.1)$$

$$a_{\max} = 0.21 \text{ g} \quad (5.2)$$

5.2 Terremoto Intraplaca Superficial (Cortical) MC

Para el terremoto máximo creíble intraplaca superficiales se considera la fórmula propuesta por Sadigh y otros (1997).

La fórmula de Sadigh y otros (1997), Ec. (5.3) considera un sismo del tipo inverso, para el caso suelo. $M=6.5$, Distancia a la ruptura = 5 km.

$$\ln(a) = -1.92 + M - 1.7 \cdot \ln(\text{dist} + 2.1863e^{0.32 \cdot M}) \quad (5.3)$$



Luego, utilizando las fórmulas propuestas por Sadigh y otros (1997) se obtiene:

$$a_{\max} = 0.48 \text{ g} \quad (5.4)$$

5.3 Terremoto Intraplaca de Profundidad Intermedia. (MC)

Para el terremoto de diseño intraplaca de profundidad intermedia se tiene:

$$M = 7.5$$

$$\text{Distancia hipocentral } R = 80 \text{ km}$$

Luego de la fórmula de Ruiz y Saragoni (2005) para PGA en roca o suelo duro se obtiene:

$$a = \frac{565898 \cdot e^{1.29 \cdot M_s}}{(R + 80)^{3.24}} = 801.68 \text{ cm/seg}^2 \quad (5.5)$$

$$a_{\max} = 0.82 \text{ g} \quad (5.6)$$

5.4 Terremoto Interplaca tipo Thrust (OP)

Para el terremoto de diseño interplaca tipo thrust de diseño propuesto se tiene:

$$M = 7.5$$

$$\text{Distancia hipocentral } R = 140 \text{ km}$$

Luego de la fórmula de Ruiz y Saragoni (2005) para PGA en roca dura se obtiene:

$$a = \frac{2 \cdot e^{1.28 \cdot M_s}}{(R + 30)^{1.09}} = 109.41 \text{ cm/s}^2 \quad (5.7)$$

$$a_{\max} = 0.11 \text{ g} \quad (5.8)$$



5.5 Terremoto Intraplaca Superficial (Cortical) (OP)

Para el terremoto operacional intraplaca superficial se considera la fórmula propuesta por Sadigh y otros (1997).

La fórmula de Sadigh y otros (1997), Ec. 5.3 considera un sismo del tipo inverso, para el caso suelo. $M=6.5$, Distancia a la ruptura = 10 km.

$$\ln(a) = -1.92 + M - 1.7 \cdot \ln(\text{dist} + 2.1863e^{0.32 \cdot M}) \quad (5.3)$$

Luego, utilizando las fórmulas propuestas por Sadigh y otros (1997) se obtiene:

$$a_{\max} = 0.34 \text{ g} \quad (5.9)$$

5.6 Terremoto Intraplaca de Profundidad Intermedia. (OP)

Para el terremoto de diseño intraplaca de profundidad intermedia se tiene:

$$M = 7.0$$

$$\text{Distancia hipocentral } R = 80 \text{ km}$$

Luego de la fórmula de Ruiz y Saragoni (2005) para PGA en roca o suelo duro se obtiene:

$$a = \frac{565898 \cdot e^{1.29 \cdot M_s}}{(R + 80)^{3.24}} = 420.61 \text{ cm/seg}^2 \quad (5.10)$$

$$a_{\max} = 0.43 \text{ g} \quad (5.11)$$

6 Cálculo de los Coeficientes Sísmicos

La aceleración máxima que controla los coeficientes sísmicos corresponde a la presentada en la Ec. (5.5). La determinación del coeficiente sísmico se desarrolla utilizando las siguientes expresiones propuestas por Saragoni (1993):



$$K_h = \begin{cases} 0.30 \frac{a_{\max}}{g} & a_{\max} \leq 660 \text{ gal} \\ 0.22 \sqrt[3]{\frac{a_{\max}}{g}} & a_{\max} > 660 \text{ gal} \end{cases}, \quad (6.1)$$

Para el caso MC Donde dado que $a_{\max} > 660 \text{ gal}$ se tiene que

$$K_h = 0.22 \cdot \sqrt[3]{0.82} \quad (6.2)$$

$$\mathbf{K_h = 0.21} \quad (6.3)$$

El coeficiente sísmico vertical K_v se considera

$$\mathbf{K_v = \frac{2}{3} K_h} \quad (6.4)$$

luego

$$\mathbf{K_v = 0.14} \quad (6.5)$$

Para el caso OP Donde dado que $a_{\max} < 660 \text{ gal}$ se tiene que

$$K_h = 0.3 \cdot 0.43 \quad (6.6)$$

$$\mathbf{K_h = 0.13} \quad (6.7)$$

El coeficiente sísmico vertical K_v se considera

$$\mathbf{K_v = \frac{2}{3} K_h} \quad (6.8)$$

luego

$$\mathbf{K_v = 0.09} \quad (6.9)$$



7. CARACTERIZACIÓN PROBABILÍSTICA DE ACELEROGRAMAS DE MOVIMIENTO FUERTE

7.1 Introducción

En este capítulo se caracterizan los parámetros de los acelerogramas correspondientes a los terremotos de diseño para el sitio de emplazamiento del proyecto El Toqui y que dan origen a los espectros de respuesta y acelerogramas propuestos en este informe.

Primero se establecen relaciones que permiten caracterizar los dos tipos de terremotos propuestos, interplaca tipo thrust, intraplaca de profundidad intermedia y superficiales para registros en roca y suelo duro. Estas relaciones se utilizan luego para calibrar los espectros de diseño, determinando el rango de períodos donde controla cada tipo de sismo.

La caracterización de los acelerogramas se realiza en términos probabilísticos empleando el método $\alpha \beta \gamma$ propuesto por Saragoni y Hart (1974). En este capítulo, se describe el método y se definen sus parámetros relevantes.

En particular, se estima la aceleración máxima probable inducida en el sitio de interés, la duración de movimiento fuerte, la evolución de las amplitudes con el tiempo y el contenido de frecuencia de los registros.

7.2 Método $\alpha \beta \gamma$ de caracterización de movimientos sísmicos

Considerando los registros de aceleraciones de un terremoto como muestras de un proceso estocástico no-estacionario, puede demostrarse que la función cuadrática de aceleraciones del proceso tiende a una función chiquadrado del tipo (Saragoni y Hart, 1974; Saragoni, 1976):

$$E\{a^2(t)\} = \beta \cdot e^{-\alpha t} \cdot t^\gamma, \quad (7.1)$$

donde:

$E\{\cdot\}$	=	valor esperado
$a(t)$	=	aceleración del suelo
t	=	tiempo
β	=	parámetro de intensidad
α, γ	=	parámetros de forma.



La función Chicuadrado de la Ecuación (7.1) se caracteriza por tener dos puntos de inflexión que ocurren en los tiempos:

$$t_1^* = \frac{\gamma - \sqrt{\gamma}}{\alpha} ; \gamma \geq 1, \quad (7.2)$$

$$t_2^* = \frac{\gamma + \sqrt{\gamma}}{\alpha}. \quad (7.3)$$

El intervalo que media entre estos dos puntos de inflexión corresponde aproximadamente a la duración de movimiento fuerte Δt_s del terremoto,

$$\Delta t_s = \frac{2\sqrt{\gamma}}{\alpha} ; \gamma \geq 1. \quad (7.4)$$

Se define como "energía total" a la expresión:

$$W(t_0) = \int_0^{t_0} a^2(t) dt, \quad (7.5)$$

donde t_0 es la duración total del movimiento.

La energía total y la intensidad de Arias I_A están relacionadas a través del factor estructural $\pi/2g$ (Arias, 1967):

$$I_A = \frac{\pi}{2g} W(t_0). \quad (7.6)$$



7.3 Fórmulas de atenuación de los movimientos sísmicos registrados en suelos duros

Para la estimación de los parámetros de forma α y γ de los terremotos registrados en roca y suelo duro, se necesita estimar la duración de movimiento fuerte de los eventos sísmicos.

Para el cálculo de la duración de movimiento fuerte de terremotos interplaca tipo thrust se utilizan las Ecuaciones (7.7) y (7.8) que estiman la duración de movimiento fuerte un registro obtenido en roca y suelo duro (Ruiz, 2002):

$$\Delta t_s = 0.285 \cdot e^{0.596 \cdot M_s} \quad [s], \quad D < 55 \text{ km} \quad (7.7)$$

$$\Delta t_s = \frac{0.0902 \cdot e^{0.8 \cdot M_s}}{R^{0.174}} \quad [s], \quad D \geq 55 \text{ km} \quad (7.8)$$

donde R denota distancia hipocentral y D distancia epicentral, ambas en Km y M_s es la magnitud de Richter.

En los casos de los terremotos intraplaca de profundidad intermedia no se dispone por el momento de relaciones de atenuación específicas para terremotos chilenos por lo que se utilizarán valores estimados de diferentes registros de terremotos.

Las fórmulas para la duración de movimiento fuerte (ecuaciones (7.7) y (7.8)), y valores observados en sismos pasados, junto a la suposición de t_1^* para cada tipo de sismo, permiten estimar los parámetros de forma α y γ :

$$\alpha = \frac{2}{\Delta t_s} \left\{ 1 + \frac{2 \cdot t_1^*}{\Delta t_s} \right\}, \quad (7.9)$$

$$\gamma = \left\{ 1 + \frac{2 \cdot t_1^*}{\Delta t_s} \right\}^2. \quad (7.10)$$

Para la estimación del parámetro de intensidad β se necesita estimar la energía del terremoto.

Este parámetro ha sido propuesto para terremotos interplaca tipo thrust (7.11a) (Ruiz, 2002) y terremotos intraplaca de profundidad intermedia (7.11b) (Ruiz, 2002) registrados en roca o suelo duro:



$$E\{W(t_o)\} = \frac{6,98 \cdot 10^{-5} \cdot e^{2 \cdot M_s}}{(R + 30)^{1,666}} [g^2 \cdot s]. \quad (7.11a)$$

$$E\{W(t_o)\} = \frac{335960 \cdot e^{2 \cdot M_s}}{(R + 80)^{5,594}} [g^2 \cdot s]. \quad (7.11b)$$

donde R denota distancia hipocentral y D distancia epicentral ambas en km y M_s es la magnitud de Richter.

Luego, a partir de las expresiones anteriores y de la siguiente:

$$\beta = \frac{E\{W(t_o)\} \cdot \alpha^{(\gamma+1)}}{\Gamma(\gamma+1)}, \quad (7.12)$$

se puede determinar el parámetro de intensidad β para cada tipo de sismo (en la Ecuación (7.12), $\Gamma(x)$ es la función gama).

7.4 Función de densidad espectral y estimación del contenido de frecuencias

Para caracterizar el comportamiento del terremoto en el dominio de la frecuencia se usará un espectro de potencia $\Gamma_{ss}(\omega)$ del tipo Saragoni y Hart (1974):

$$\Gamma_{ss}(\omega) = S_o \cdot e^{-Q \cdot \omega} \cdot \omega^P, \quad \omega \geq 0, \quad (7.13)$$

donde ω es la frecuencia y los parámetros P y Q son constantes.

Las constantes P y Q pueden estimarse a partir de las siguientes ecuaciones (Rice, 1954, 1994), para las intensidades de cruces por cero por segundo, ν_o , y de máximos por segundo,

ν_m :

$$\nu_o = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\int_0^\infty w^2 \Gamma_{ss}(w) dw}{\int_0^\infty \Gamma_{ss}(w) dw}}, \quad (7.14)$$

$$\nu_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\int_0^\infty w^4 \Gamma_{ss}(w) dw}{\int_0^\infty w^2 \Gamma_{ss}(w) dw}}, \quad (7.15)$$



y considerando que:

$$\int_0^{\infty} \Gamma_{ss}(w) dw = 1, \quad (7.16)$$

se puede establecer que:

$$v_o = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{(P+1) \cdot (P+2)}{Q^2}}, \quad (7.17)$$

$$v_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{(P+3) \cdot (P+4)}{Q^2}}, \quad (7.18)$$

luego:

$$\left(\frac{v_o}{v_m} \right)^2 = 4 \frac{(P+1) \cdot (P+2)}{(P+3) \cdot (P+4)}. \quad (7.19)$$

Se ha observado que el cociente entre el número de cruces por cero por segundo, v_o , y el número de máximos por segundo, v_m , depende del tipo de sismo y de la distancia epicentral. Este cociente, en los registros de aceleraciones, varía entre 1.0 y 2.0, donde el valor 2.0 corresponde al análisis de una función sinusoidal:

$$\frac{v_o}{v_m} = 2.0. \quad (7.20)$$

7.5 Estimación de los parámetros de forma: α , β y γ

En esta sección se estiman los parámetros de forma α β γ para cada uno de los terremotos de diseño para el sitio de emplazamiento del tranque Confluencia. El cálculo de estos valores considera la utilización de las ecuaciones establecidas en secciones anteriores del presente estudio y algunos datos obtenidos de observaciones de terremotos.

Para la estimación del primer punto de inflexión de la función cuadrática de aceleraciones, en el caso de los sismos interplaca tipo thrust, se puede considerar:

$$t_1^* = 16 \text{ [s]}, \quad (7.21a)$$



Para el caso del terremoto intraplaca de profundidad intermedia se considera:

$$t_1^* = 12.8 \text{ [s]}, \quad (7.21b)$$

Para estimar la duración de movimiento fuerte en el caso de los sismos de tipo interplaca tipo thrust en roca y suelo se utiliza la relación (7.8), los valores obtenidos se muestran en las Tablas 7.1 y 7.2.

Las estimaciones de los valores de t_1^* y Δt_s y utilizando las Ecuaciones (7.9) y (7.10), permiten calcular los parámetros α y γ para cada uno de los terremotos de diseño. La Ecuación (7.12) permite a su vez calcular el parámetro β para cada caso.

7.6 Estimación de los parámetros espectrales: v_o , v_m , P y Q

Los parámetros espectrales v_o , v_m , P y Q caracterizan el contenido de frecuencia de las series de tiempo o registros de aceleraciones. Esta descripción considera implícitamente las características de la fuente sísmica, su distancia a los sitios de emplazamiento y el efecto del suelo característico de cada lugar.

Una estimación de los valores de la intensidad de cruces por cero, para sismos de tipo interplaca subductivo en roca o suelo duro, puede establecerse considerando (Ruiz, 2002):

$$v_o = \frac{3.9 \cdot e^{0.182 \cdot M_s}}{(R + 30)^{0.081}} \quad (7.23a)$$

y para terremotos intraplaca de profundidad intermedia en roca o suelo duro de Ruiz (2002) se tiene:

$$v_o = \frac{2159.64 \cdot e^{-0.234 \cdot M_s}}{(R + 80)^{0.612}} \quad (7.23b)$$

Los valores de la intensidad de cruces por cero y la estimación del cociente v_o/v_m permiten establecer el valor de v_m , para cada uno de los sitios de interés. Como en el caso de sismos superficiales, no existen fórmulas para el caso chileno, estos valores se estimaran de lo observado en otros sismos.

Los valores de v_o y v_m , reemplazados en las relaciones (7.17) y (7.18), permiten obtener los parámetros espectrales P y Q para cada sitio. La Ecuación (7.19) puede utilizarse para comprobar los cálculos.



7.7 Estimación del proceso estocástico de aceleraciones horizontales

Para calcular la aceleración horizontal máxima probabilística se utiliza la siguiente expresión (Saragoni, 1976):

$$E\{a_{hor\ máx}(t)\} = \left(\lambda + \frac{0.5772}{\lambda} \right) \cdot \sigma_o, \quad (7.24)$$

donde:

$$\lambda = \sqrt{2 \cdot \ln \left(\frac{v_o \cdot \Delta t_s}{2} \right)} \quad (7.25)$$

y

$$\sigma_o = \sqrt{\beta} \cdot \left(\frac{\gamma}{\alpha} \right)^{\gamma/2} \cdot e^{-\gamma/2}. \quad (7.26)$$

7.8 Estimación del potencial destructivo de los terremotos de diseño

Un criterio para estimar el daño posible en estructuras es el del Potencial Destructivo (Araya y Saragoni, 1984). Este método está basado en las deformaciones no-lineales acumulativas sufridas por la estructura. El potencial destructivo se define a partir de un proceso estocástico no estacionario de aceleraciones y de la intensidad de cruces por cero de este proceso:

$$P_D = \frac{\pi}{2g} \cdot \frac{\int_0^{t_o} a^2(t) \cdot dt}{v_o^2}, \quad (7.27)$$

donde:

$a(t)$ = aceleración del suelo,

t_o = duración total del acelerograma,

v_o = intensidad de cruces por cero por segundo, y

g = aceleración de gravedad.



El parámetro del Potencial Destructivo puede también ser correlacionado directamente con la magnitud y con la distancia hipocentral mediante la siguiente formulación (Schaad y Saragoni, 1989):

$$P_D = \frac{3.02 \cdot 10^{-3} \cdot e^{2 \cdot M_s} \cdot e^{-0.001 \cdot R}}{(R + 60)^{1.39}} [10^{-4} \cdot g \cdot s^3]. \quad (7.28)$$

Esta fórmula es válida solo para suelos duros y no es aplicable a suelos tipo roca dura. Dado que esta fórmula fue derivada por Schaad y Saragoni (1989) considerando solo el sismo de Chile Central de 1985, interplaca tipo thrust, no es válida para los sismos intraplaca de profundidad intermedia. Por estos motivos para la estimación del potencial destructivo de los terremotos de diseño en la zona del proyecto se utilizará la Ecuación (7.27) relacionando la energía del terremoto e intensidad de cruces por cero con el Potencial destructivo de la siguiente forma:

$$P_D = \frac{\pi}{2g} \cdot \frac{W(t_0)}{v_o^2} \quad (7.29)$$

7.9 Resumen de los valores de los parámetros del sismo de diseño

En esta sección se resumen los valores de los parámetros de los terremotos de diseño para el sitio de emplazamiento del proyecto El Toqui.

En las Tablas 7.1 y 7.2 se resumen los valores de los parámetros de duración de movimiento fuerte, de forma, de frecuencia, aceleración máxima esperada y potencial destructivo, para las componentes horizontales de los sismos de diseño Máximo Creíble y Operacional, para el sitio de interés.



Tabla 7.1: Resumen de los valores de los parámetros para las componentes horizontales de los sismos de diseño para el sitio de proyecto el Toqui. Caso Máximo Creíble

Terremoto	Δt_s [seg]	t_1^* [seg]	α [1/seg]	β 10^{-2} [g ² seg ^{-γ}]	γ	v_o	v_m	P	Q	$a_{m\acute{a}x}(t)$ [g]	P_D 10^{-4} [g seg ³]
Thrust. M8.0	30	9	0200	0.0000023	5.32	11.03	10	1.038	0.072	0.21	15.48
Intraplaca Prof. Inter. M7.5	16	10	0.3609	0.00041	5.06	13.80	11.5	2.18	0.067	0.81	62.29
Intraplaca Superficial M6.5. 5km	5	2	0.72	0.61	3.24	8	5.5	3.87	0.21	0.47	49.09

Tabla 7.2: Resumen de los valores de los parámetros para las componentes horizontales de los sismos de diseño para el sitio de proyecto el Toqui. Caso Operacional

Terremoto	Δt_s [seg]	t_1^* [seg]	α [1/seg]	β 10^{-2} [g ² seg ^{-γ}]	γ	v_o	v_m	P	Q	$a_{m\acute{a}x}(t)$ [g]	P_D 10^{-4} [g seg ³]
Thrust. M7.5	15.40	15	0.38	0.0000000015	8.69	10.07	10	0.62	0.065	0.12	4.64
Intraplaca Prof. Inter. M7.0	14	10	0.35	0.000034	5.90	19.55	13.5	3.79	0.086	0.43	12.32
Intraplaca Superficial M6.5. 10km	6	3	0.67	0.066	4.00	7	5.5	2.06	0.23	0.34	29.45



7.10 Estimación y del contenido de frecuencia y nivel de daño asociado a los diferentes Terremotos

La frecuencia de los distintos terremotos se refleja en la intensidad de cruces por cero de los terremotos, en general se observa que los terremotos intraplaca en zona epicentral presentan un mayor contenido de frecuencia que los terremotos interplaca tipo thrust (Figura 6.1). Los valores obtenidos en la Tabla 7.1 ratifican lo observado y se encuentran dentro de los rangos esperados de acuerdo a las fórmulas propuestas (7.23a y 7.23b).

El nivel de daño producido por los terremotos ha sido obtenido usando la fórmula del potencial destructivo (Ecuación 7.29). De acuerdo a esto el terremoto más destructivo es el terremoto thrust, sin embargo para diseño se debe considerar, en este caso, los terremotos interplaca tipo thrust e intraplaca de profundidad intermedia, por la distinta influencia que tienen en el diseño de acuerdo a sus frecuencias y que se ve reflejada en el espectro propuesto.

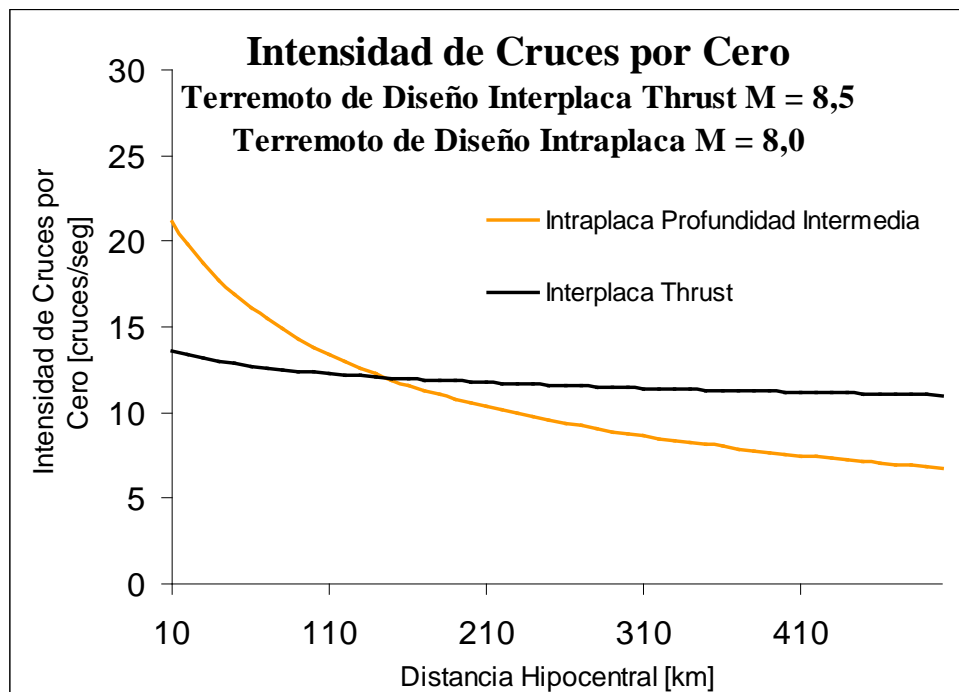


Figura 7.1 Curvas de atenuación de la Intensidad de Cruces por Cero para acelerogramas horizontales de terremotos chilenos de diseño intraplaca de profundidad intermedia e interplaca tipo thrust para acelerogramas registrados en roca y suelo duro. (Saragoni y otros, 2005).



7.11 Método para estimar los espectros promedios de respuesta

El espectro de respuesta promedio de desplazamiento relativo $E\{S_D(T_n, \eta)\}$, puede ser estimado a partir de los parámetros α , β y γ del método de caracterización propuesto por Saragoni (1976), empleando el método propuesto por Crempien y Saragoni (1978):

$$E\{S_D(T_n, \eta)\} = 0.884 \sqrt{\beta \left(\frac{\gamma}{e \cdot \alpha}\right)^\gamma} \sqrt{1 - e^{-4\pi\eta N_s}} \cdot \left(\lambda + \frac{0.5772}{\lambda}\right) \sqrt{\frac{\pi \Gamma_{ss}(W_n)}{2\eta W_n^3}} \quad (7.30)$$

donde:

$E\{x\}$ = valor esperado o promedio,

$S_D(T_n, \eta)$ = espectro de respuesta de desplazamiento relativo,

T_n = período natural de los osciladores de un grado de libertad,

α y γ = parámetros de forma de $E\{a^2(t)\}$ dado por la Ecuación (6.1),

β = parámetro de intensidad de $E\{a^2(t)\}$,

$\Gamma_{ss}(W_n)$ = función de densidad espectral del acelerograma considerado, estimado a la frecuencia natural W_n del oscilador, $W_n = \frac{2\pi}{T_n}$.

Este método considera en forma explícita la variación de las aceleraciones del terremoto con el tiempo y la duración de la zona de movimiento fuerte.

En la Ecuación (7.30), N_s es la duración de la zona de movimiento fuerte del terremoto expresada como número de períodos equivalentes T_n de un oscilador estructural:

$$N_s = \frac{\Delta t_s}{T_n} \quad (7.31)$$

con Δt_s definido por la Ecuación (6.22).

En la Ecuación (7.30), λ queda definido por:

$$\lambda = \sqrt{2 L_n(N_{ES})} \quad (7.32)$$



con

$$N_{ES} = N_s \left(1 + \frac{1}{4\pi\eta N_s} \text{Ln}(0.18 + e^{-4\pi\eta N_s}) \right). \quad (7.33)$$

El espectro de respuesta promedio de velocidad relativa queda dado por:

$$E\{S_V(T_n, \eta)\} = W_n \cdot E\{S_D(T_n, \eta)\} \quad (7.34)$$

y el espectro de respuesta promedio de aceleración absoluta por:

$$E\{S_A(T_n, \eta)\} = W_n^2 \cdot E\{S_D(T_n, \eta)\}. \quad (7.35)$$

Las aproximaciones de las Ecuaciones (7.36) y (7.37) son válidas sólo para $T_n \neq 0$.

Para $T_n = 0$, en la Ecuación (7.37) debe considerarse la convergencia de

$$E\{S_A(T_n, \eta)\}_{T_n \rightarrow 0} \rightarrow E\{a_{max}(t)\} \quad (6.36)$$

donde $E\{a_{max}(t)\}$ queda dado por las Ecuaciones (7.24), (7.25) y (7.26).

El método descrito estima los espectros promedios adecuados para $N_s \geq 4$.

7.12 Estimación de los espectros de aceleraciones promedio para los sismos de diseño

En esta sección se utiliza el método presentado en la sección anterior para estimar los espectros promedios de respuesta (amortiguamiento $\xi = 5\%$), para cada uno de los sismos de diseño considerados.

El análisis de la forma y la amplitud de los espectros de aceleraciones promedio, permite establecer el espectro de diseño como la envolvente de todos los espectros de los sismos considerados.

En la Figura 7.2 se muestran las estimaciones de los espectros de aceleraciones promedios horizontales, correspondientes a cada uno de los sismos de diseño considerados para el caso máximo creíble. En esta misma figura, se indica el espectro de diseño propuesto en este estudio para el sitio de interés.

En la Figura 7.3 se muestra lo mismo, pero para el caso operacional.

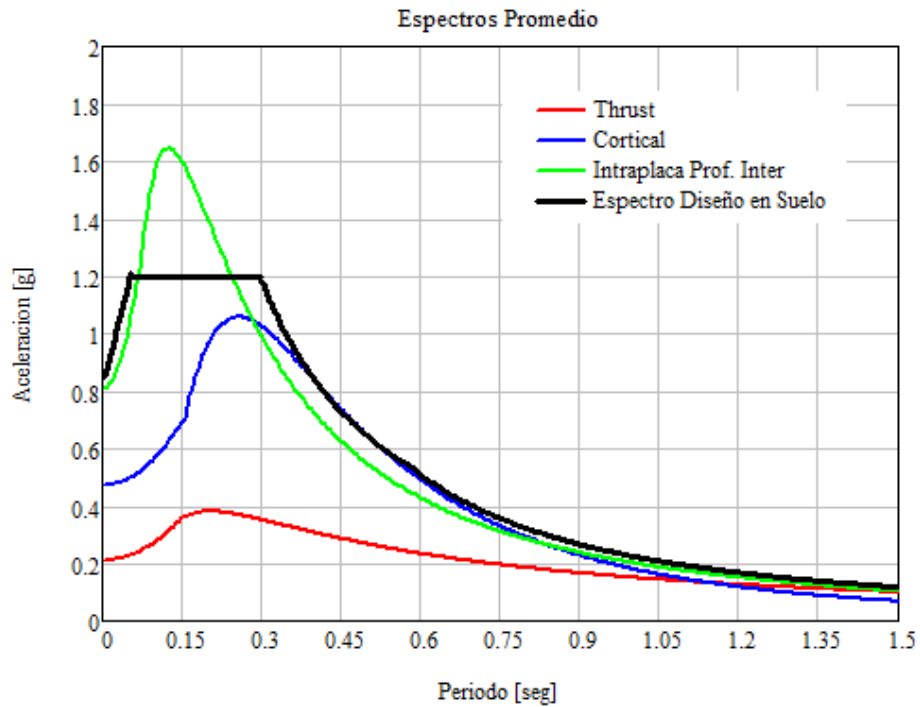


Figura 7.2: Estimación de los espectros de aceleraciones promedio horizontales para los sismos de diseño Máximo Creíble y Espectro de diseño básico elástico para el tranque Confluencia.

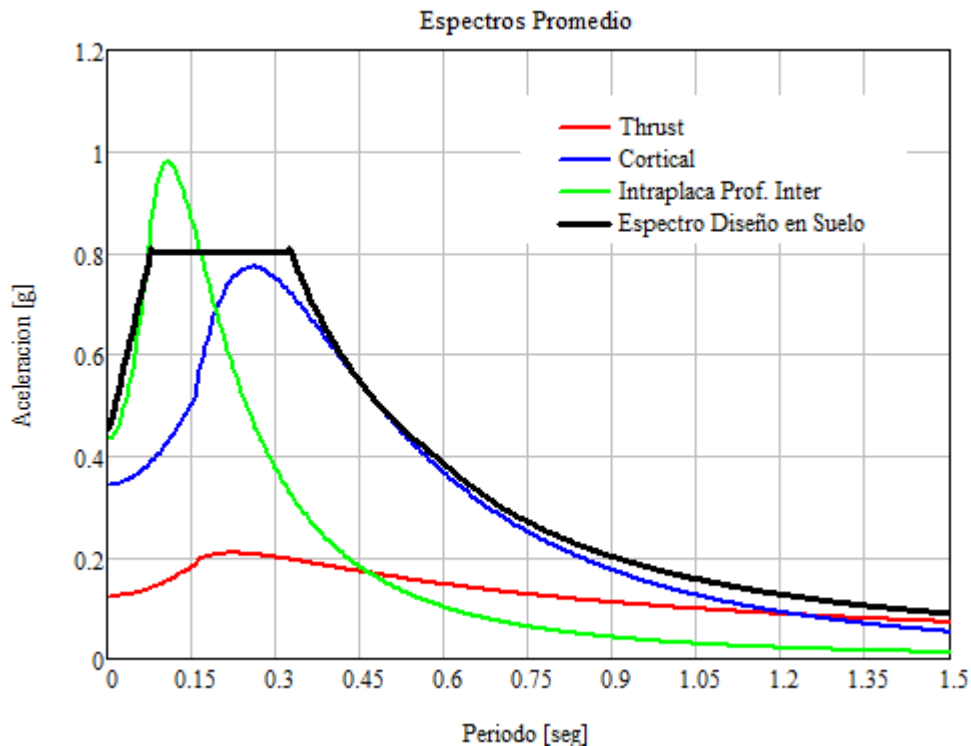


Figura 7.3: Estimación de los espectros de aceleraciones promedio horizontales para los sismos de diseño Operacional y Espectro de diseño básico elástico para el tranque Confluencia.



8. ESPECTROS DE DISEÑO BÁSICO ELÁSTICO

El análisis de los espectros de aceleraciones promedio, estimados en el capítulo anterior para los sismos de diseño de amortiguamiento 5% permite establecer el espectro de diseño básico elástico para los mismos amortiguamientos.

Los espectros de diseño se han generado en base a los terremotos de diseño interplaca tipo thrust, intraplaca de profundidad intermedia e intraplaca superficial

Considerando las estimaciones de los espectros promedios de aceleraciones establecidas en el capítulo anterior para cada uno de los sismos de diseño, el Espectro de Diseño Básico Elástico Operacional (5% de amortiguamiento) puede establecerse como:

$$S_a(T) = \left\{ \begin{array}{ll} 0.43 \cdot (1+11T) & ; \quad 0.0 \leq T \leq 0.08 \\ 0.8 \text{ g} & ; \quad 0.08 \leq T \leq 0.325 \text{ seg} \\ \frac{0.21}{T^{1.2}} \text{ g} & ; \quad 0.325 \leq T \leq 0.6 \text{ seg} \\ \frac{0.17}{T^{1.6}} \text{ g} & ; \quad 0.6 \leq T \leq 3.0 \text{ seg} \end{array} \right\} \quad (8.1)$$

donde

$S_a(T)$ = Espectro de Diseño Básico Elástico,

T = período natural en segundos.

Este Espectro de Diseño Básico Elástico para $\eta = 5\%$, se muestra en la Figura 8.1.

Para el caso máximo creíble el espectro correspondiente es:

$$S_a(T) = \left\{ \begin{array}{ll} 0.81 \cdot (1+9T) & ; \quad 0.0 \leq T \leq 0.055 \text{ seg} \\ 1.2 \text{ g} & ; \quad 0.055 \leq T \leq 0.30 \text{ seg} \\ \frac{0.28}{T^{1.2}} \text{ g} & ; \quad 0.30 \leq T \leq 0.6 \\ \text{seg} & \\ \frac{0.225}{T^{1.6}} \text{ g} & ; \quad 0.6 \leq T \leq 3.0 \text{ seg} \end{array} \right\} \quad (8.2)$$



Este Espectro de Diseño Básico, se muestra en la Figura 8.2.

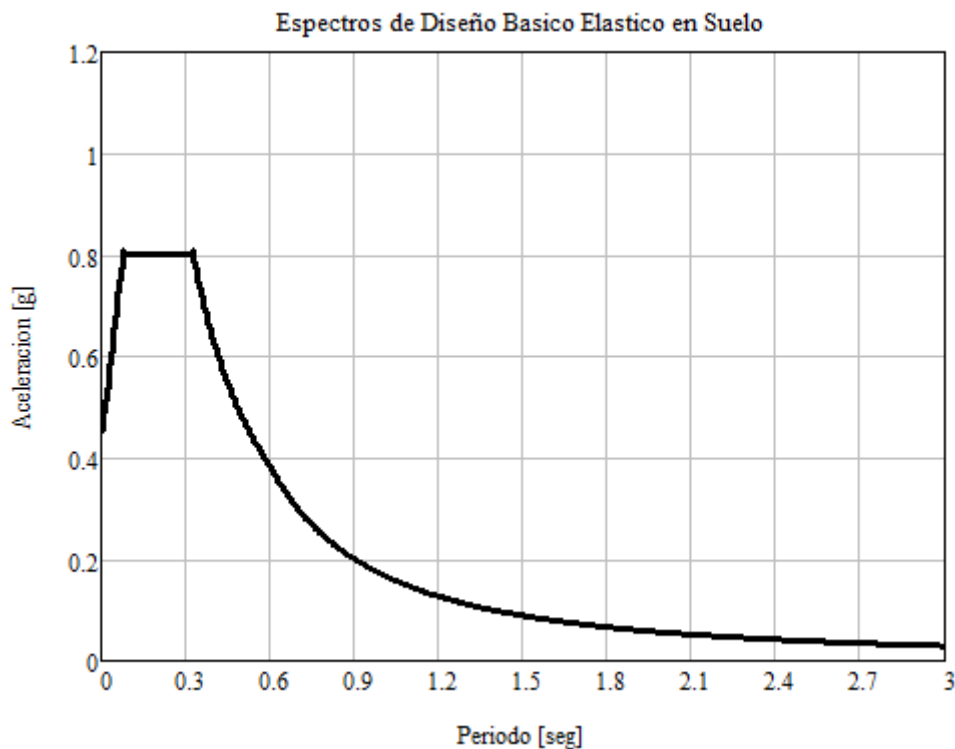


Figura 8.1: Espectro de diseño básico elástico para el caso Operacional del proyecto El Toqui.

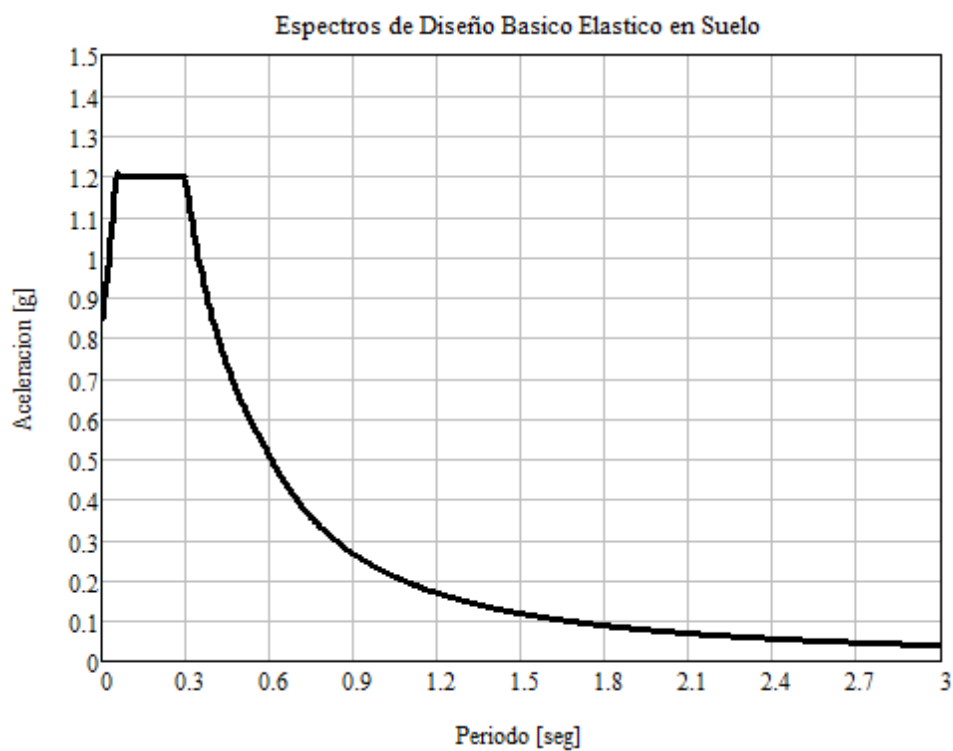


Figura 8.2: Espectro de diseño básico elástico para el caso Máximo Creíble proyecto El Toqui.



9. SIMULACIÓN DE ACELEROGRAMAS ARTIFICIALES TERREMOTO DE DISEÑO

9.1 Introducción

En este capítulo se generan los registros artificiales para el análisis del tranque de relaves Confluencia para la condición de cierre, considerando el terremoto intraplaca de profundidad intermedia máximo creíble (MC).

Para el diseño sísmico de presas, en que el análisis de la respuesta sísmica es no lineal, el criterio para elegir los terremotos de diseño debe corresponder al de mayor potencial destructivo P_d (Saragoni, 1996). Por este motivo se han generado siete muestras horizontales y verticales de los acelerogramas correspondientes a este tipo de terremoto. Para la generación de estos registros se han utilizado los valores estimados de los parámetros característicos del terremoto de control del diseño.

Los parámetros utilizados en la generación, intentan reproducir las propiedades espectrales y de contenido de frecuencia del terremoto de diseño. Para verificar que efectivamente estas propiedades están presentes en los acelerogramas generados, estos registros son post-caracterizados y sus valores son comparados con los valores teóricos de los parámetros de simulación.

El análisis de los valores de los potenciales destructivos surgidos de la post-caracterización de los registros generados, se utiliza para establecer cuál de estos registros debería ser utilizado en el análisis dinámico del tranque Confluencia.

9.2 Post-caracterización de los Acelerogramas Artificiales

Las series de tiempo han sido generadas utilizando el método $\alpha \beta \gamma$ descrito en secciones anteriores del presente informe (Saragoni y Hart, 1974). Las muestras horizontales generadas corresponden a: HOR1, HOR2, HOR3, HOR4 y HOR5, y las verticales a: VER1, VER2, VER3, VER4 y VER5. Estas muestras han sido caracterizadas a continuación para verificar si estadísticamente reproducen las propiedades prescritas para el terremoto de control del diseño. En las Tablas 9.1A y 9.1B, se resumen los valores teóricos esperados de los parámetros y los valores obtenidos en el proceso de post-caracterización, para cada una de las series generadas.

En el Anexo A se muestran los acelerogramas artificiales con sus correspondientes registros de velocidad y desplazamiento, los acelerogramas se han generado a 100 muestras por segundo y sus amplitudes están en g. Las amplitudes de los registros de velocidad están en cm/seg. y las de desplazamiento en cm.



9.3 Corrección de los Registros de Aceleración para Obtener Registros de Velocidad y Desplazamiento

Dado que las series de tiempo generadas corresponden a registros de aceleración, es necesario realizar un proceso de integración para obtener los correspondientes registros de velocidad y desplazamiento. La integración directa del registro de aceleración es muy sensible a las condiciones iniciales; pequeños corrimientos de la línea de referencia o de aceleraciones nulas, dan origen a grandes velocidades y a mucho mayores desplazamientos acumulados. Para corregir esto, es necesario realizar una corrección denominada “corrección por línea base”, la cual consiste en suponer una variación lineal de la aceleración entre dos valores consecutivos del registro de aceleraciones y que la derivada de la integral de la velocidad al cuadrado durante todo el registro es nula, es decir, la energía cinética esa mínima. Se considera también que tanto la velocidad como el desplazamiento del suelo son nulos al inicio del movimiento, en $t = 0$. Este método introduce una parábola de segundo grado en la serie de aceleración, cuyos coeficientes se determinan a partir de la imposición de la condición de minimizar la integral del valor cuadrático medio de la velocidad. Esta corrección introduce artificialmente ondas de período largo, las que deben ser removidas utilizando algún tipo de filtro. Para esto, por ejemplo, podría utilizarse un filtro pasa alto del tipo “Butterworth de cuarto orden” (Fletcher *et al.*, 1980), con una frecuencia específica de corte de 0.1 Hz (10 seg).

Las trazas de los registros corregidos se muestran en el Anexo A.

9.4 Recomendación de Acelerogramas Artificiales para ser Usados en el Análisis Dinámico

Considerando los valores de los potenciales destructivos obtenidos de la post-caracterización de los registros (Tablas 9.1A y 9.1B), se observa que los mayores valores corresponden al registro horizontal HOR4 y al vertical VER4. Por lo tanto, se recomienda utilizar estos registros en el análisis dinámico.



Tabla 9.1A: Caracterización de los acelerogramas artificiales para el **terremoto máximo creíble**, componentes horizontales.

Registro	Δt_s [s]	t_1^* [s]	Energía Total 0.01 [g ² s]	α [1/s]	β 10 ⁻² [g ² s ^{γ}]	γ	V_o	V_m	$a_{m\acute{a}x}$ [g]	P_D 10 ⁻⁴ [g s ³]
HOR1_MC	16.00	10.21	124.67	0.28	0.00032	5.18	17.13	11.56	0.75	61.76
HOR2_MC	15.50	10.19	129.66	0.30	0.00027	5.36	17.76	11.83	0.81	60.36
HOR3_MC	15.87	9.85	126.45	0.28	0.00049	5.03	17.21	11.75	0.81	62.08
HOR4_MC	15.70	9.77	134.88	0.29	0.00055	5.04	17.41	11.51	0.91	66.05
HOR5_MC	15.76	10.00	131.66	0.29	0.00040	5.15	17.34	11.64	0.75	63.36
HOR6_MC	16.25	9.68	121.10	0.27	0.00070	4.81	17.66	11.81	0.81	56.95
HOR7_MC	15.80	10.61	134.42	0.30	0.00018	5.49	17.30	11.49	0.86	65.53
Promedio	15,84	10,04	128,98	0,29	0,00042	5,15	17,40	11,66	0,81	62,30
Teórico	16	10	120	0.28	0.00041	5.06	17.39	11.5	0.81	62.29
Error[%]	1,00	0,44	7,48	2,55	1,39	1,81	0,07	1,35	0,53	0,01

Tabla 9.1A: Caracterización de los acelerogramas artificiales para el **terremoto máximo creíble**, componentes verticales.

Registro	Δt_s [s]	t_1^* [s]	Energía Total 0.01 [g ² s]	α [1/s]	β 10 ⁻² [g ² s ^{γ}]	γ	V_o	V_m	$a_{m\acute{a}x}$ [g]	P_D 10 ⁻⁴ [g s ³]
VER1_MC	16.34	9.78	59.78	0.27	0.00032	4.83	17.41	11.71	0.53	28.11
VER2_MC	15.80	9.34	57.80	0.28	0.00044	4.76	17.71	11.76	0.51	26.60
VER3_MC	16.05	9.86	58.25	0.28	0.00025	4.96	17.54	11.71	0.56	27.69
VER4_MC	16.33	10.00	64.36	0.27	0.00027	4.93	17.46	11.59	0.54	30.90
VER5_MC	16.62	10.00	56.63	0.25	0.00077	4.39	17.68	11.93	0.57	26.06
VER6_MC	16.29	9.86	58.65	0.27	0.00027	4.89	17.38	11.73	0.54	28.27
VER7_MC	15.87	9.87	60.06	0.28	0.00023	5.04	17.70	11.84	0.51	28.00
Promedio	16,19	9,82	59,36	0,27	0,00036	4,83	17,55	11,75	0,54	27,95
Teórico	16	10	52.32	0.28	0.00041	5.06	17.39	11.5	0.53	27.16
Error[%]	1,16	1,84	13,46	3,06	11,15	4,57	0,94	2,20	1,35	2,90



REFERENCIAS

Abrahamson, N. and Silva, W., 2008. "Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations". *Earthquake Spectra*, 24, 1, 67-98.

Araya, R. and G.R. Saragoni (1984). "Earthquake Accelerogram Destructiveness Potential Factor". 8th World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, U.S.A.

Arias, A. (1967). "A Measure of Earthquake Intensity". Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.

Bachmann, R., 2007. "Anatomy of an ancient subduction channel in the depth range of its seismogenic coupling zone – insights from Shield Studies in the Swiss Alps and Southern Chile". Tesis Universidad Libre de Berlin.

Barrientos SE, Acevedo Aránguiz PS (1992) Seismological aspects of the 1988-1989 Lonquimay (Chile) volcanic eruption. *J Volcanol Geotherm Res* 53:73–87.

Berg G.V. and G.W. Housner (1961). "Integrated Velocity and Displacement of Strong Earthquake Motion". *Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 51, N°2, pp. 175-189, April 1961.

Blumberg, S., Lamy, F., Arz, H.W., Echtler, H.P., Wiedicke, M., Haug, G.H y Oncken, O., 2008. "Turbiditic trench deposits at the South-Chilean active margin: A Pleistocene-Holocene record of climate and tectonics". *Earth and planetary Science Letters*, 526-539.

Bohm, M 2004. 3-D Lokalbebentomographie der südlichen Anden zwischen 36° und 40°S. Mirjam Bohm, 2004. Tesis Universidad Libre de Berlin

Cembrano, J., Hervé, F. y Lavenu, A., 1996. "The Liquiñe Ofqui fault zone: a long-lived intra-arc fault system in southern Chile". *Tectonophysics* 259, 55-66.

Chinn DS, Isacks BL (1983) Accurate source depths and focal mechanisms of shallow earthquakes in western South America and in the New Hebrides island arc. *Tectonics* 2(6):529–563

Cisternas, M., Atwater, B., Torrejon, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C., Malik, J., Rizal, Y. y Husni, M., 2005. "Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake". *Nature*, 437/15, 404-407.

Comte D, Dorbath C, Dorbath L, Farías M, David C, Haessler H, Glass B, Correa E, Balmaceda I, Cruz A, Ruz L., 2003. "Distribución temporal y en profundidad de las réplicas del sismo superficial de Aroma, norte de Chile del 24 de Julio de (2001)". X Congreso Geológico Chileno 2003, Universidad de Concepción, Chile.



Crempien, J. and G. R. Saragoni (1978). "Influence of the Duration of Earthquake Motion in Average Response Spectra". Sixth European Conference on Earthquake Engineering, Vol. 1, pp. 143-150, Dvronic, Yugoslavia.

DeMets, C., Gordon, R.G., Aarhus, D.F. y S. Stein.1990. "Current plate motions". Geophys.J. Int. 101: 425-478.

Fletcher, J.B., A.G. Brady and T.C. Hanks (1980). "Strong Motion Accelerograms of de Oroville, California, Aftershocks: Data Processing on the Aftershock of 0350, August 6, 1975". Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 70, N°1 pp. 243-267.

Heaton T, Kanamori H., 1984 "Seismic potential associated with subduction in the Northwestern United States." Bull. Seism. Soc. Am. 74: 933-941.

Hervé, F., 1984. "La zona de Liquiñe-Ofqui en Liquiñe. Departamento de Geología, Universidad de Chile. Revista Comunicaciones. N° 34, 107-115.

Hoffmann-Rothe, A., Kukowski, N., Dresen, G., Echtler, H., Oncken, O., Klotz, J., Scheuber, E. y Kellner, A., 2006. "Oblique Convergence along the Chilean Margin: Partitioning, Margin-Parallel Faulting and Force Interaction at the Plate Interface" Libro The Andes. Editor Frontiers in Earth Sciences.

Labbe, J.C. (1976). "Relaciones macrosísmicas para la evaluación del riesgo sísmico en California ", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago. Chile.

Lange, D., 2008. The South Chilean Subduction Zone between 41°S and 43.5°S: Seismicity, Structure and State of Stress. Ph.D. thesis, University of Potsdam."

Lange, J. Cembrano, A. Rietbrock, C. Haberland, T. Dahm, K. Bataille. 2008. "First seismic record for intra-arc strike-slip tectonics along the Liquiñe-Ofqui fault zone at the obliquely convergent plate margin of the southern Andes". Tectonophysics 455 (2008) 14–24.

Lomnitz, C., 1960. "A study of the Maipo Valley Earthquakes of September 4, 1958". Proc. II World Conference of Earthquake Engineering, Vol I, pp. 501-520.

Lomnitz, C., 1971. "Major earthquakes and tsunamis in Chile during the period 1535 to 1953". Geol. Rudschau., 59, 938-960.

Lowrie, W., 1997. Fundamentals of Geophysics, Fig. 1.11. Cambridge: Cambridge University Press.



Rainer, M., 2004. "Tectonics of the southern Andean Intra-Arc Zone (38°-42°S). Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften. Freie Universität Berlin.

Rice, S.O. (1954). "Mathematical Analysis of Random Noise". Bull System Technical Journal. J. 23. 282-334).

Rice, S.O. (1994). "Mathematical Analysis of Random Noise". Selected Papers on Noise and Stochastic Processes, edited by N. Wax, pp. 133-204, Dover Publications, Inc., New York.

Ruff L. y Kanamori H. 1980. "Seismicity and the Subduction Process." Phys. Earth Planet. Inter. 23: 240-252.

Ruiz, S. (2002). "Fórmulas de atenuación para la subducción de Chile considerando los dos mecanismos principales de sismogénesis y los efectos del suelo y asperazas". Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Depto. de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile.

Ruiz, S. y Saragoni, G. R., 2005. "Fórmulas de atenuación para la subducción de Chile considerando los dos mecanismos principales de sismogénesis y los efectos del suelo". IX Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción, Chile.

Sadigh, K., Chang, C. Y., Egan, J. A., Makdisi, F. & Youngs, R. R., 1997. "Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data." Seismological Research Letters, vol. 68, pp.180-189.

Saragoni, G.R. and G.C. Hart. (1974). "Simulation of Artificial Earthquakes". Earthquakes Engineering and Structural Dynamics, Vol. 2, N°3, pp. 249-267.

Saragoni, G.R. (1976). "El Método $\alpha \beta \gamma$ para la Caracterización de los Movimientos Sísmicos". 2das Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Julio 1976, Santiago, Chile.

Saragoni, G.R. 1993. "Análisis del Riesgo Sísmico para la Reconstrucción del Puerto de Valparaíso", 6tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol II, pp. 165-178, Santiago, Chile.

Saragoni, G.R. (1996). "Seismic Risk Evaluation for the Design of Large Dams in Chile". En Large Dams in Chile, edited by Chilean National Committee on Large Dams, Santiago, Chile.

Saragoni, G.R., A. Sáez y A. Holmberg (1989). "Factor Potencial Destructivo y Potencial Destructivo del Terremoto de Chile de 1985", 5tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Viña del mar, Chile, 1989, Vol. 1, pp. 369-378.



Saragoni, G. R., Astroza, M y Ruiz, S., (2005). "Relación Entre la Alta Frecuencia Característica o Cruces por Cero de los Terremotos Chilenos y el Daño Observado". IX Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción, Chile.

Schaad, C. y G. R. Saragoni (1989). "Fórmulas de atenuación considerando el terremoto de Chile de 1985". 5tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Viña del Mar, Chile, Vol. I, pp. 379-388.

Sepúlveda, S.A., Astroza, M., Kausel., E., Campos, J., Casas, E.A., Rebolledo, S., Verdugo, R., 2008. New findings on the 1958 Las Melosas earthquake sequence, central Chile: implications for seismic hazard related to shallow crustal earthquakes in subduction zones. *Journal of Earthquake Engineering*, 12 (3), 432-455.

USGS AGRAM (1984). "A Series of Computer Programs for Processing Digitized Strong-motion Accelerograms", Version 2.0, open-file, Report 84-525.

Valenzuela, J.G. y Saragoni, G.R., 2002. "Riesgo sísmico asociado a terremotos corticales en Chile: Identificación del sistema de fallas Caro-Elizalde, Sur de Chile". VIII Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Valparaíso, Chile.

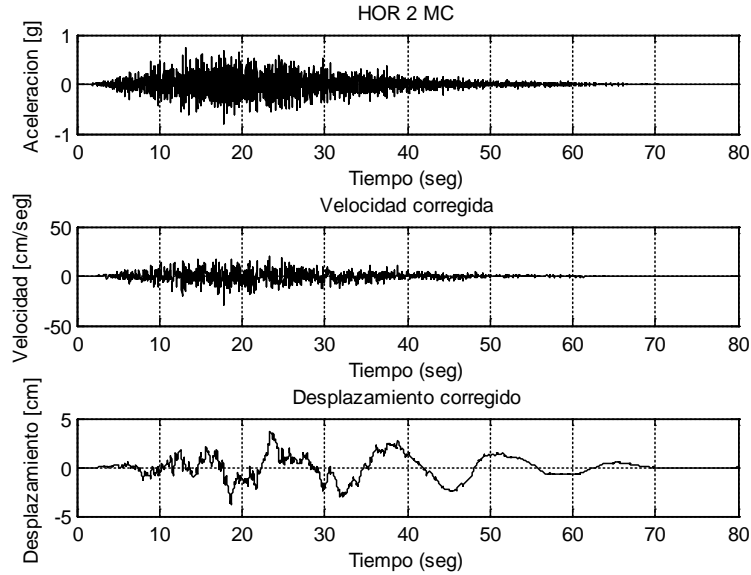
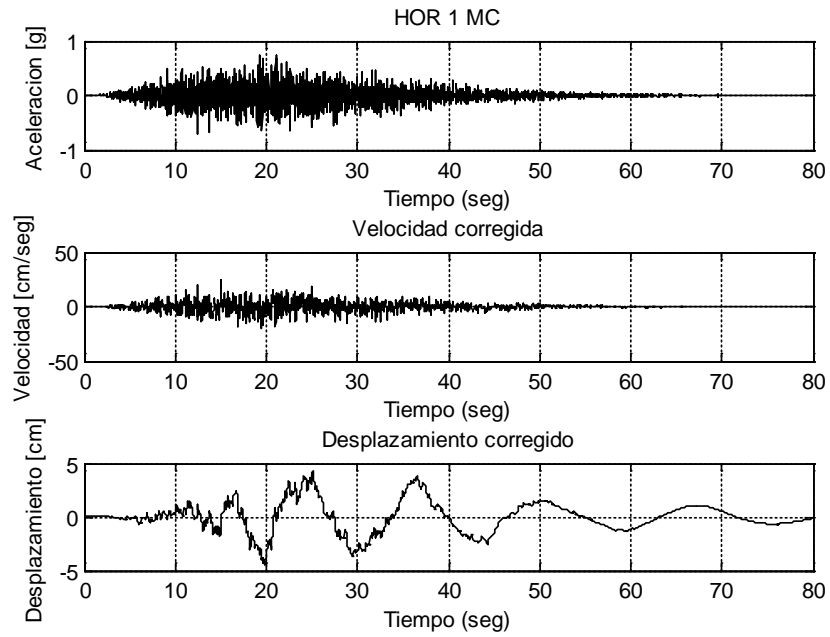


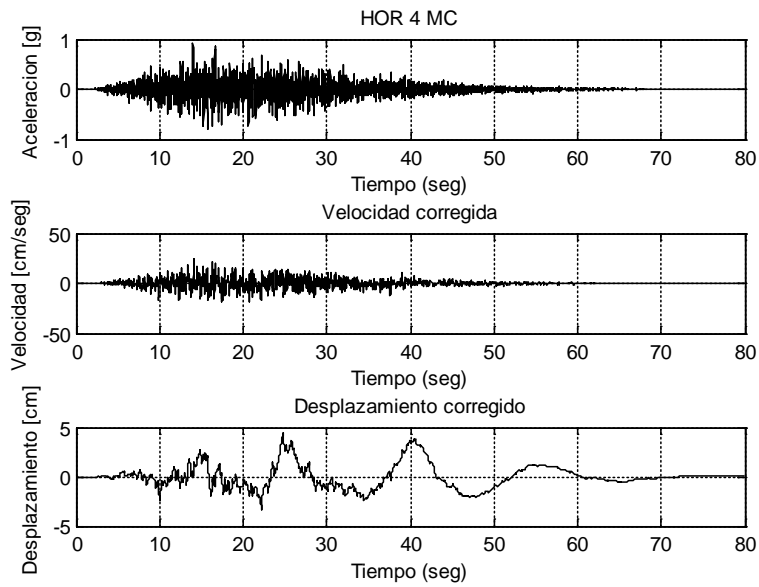
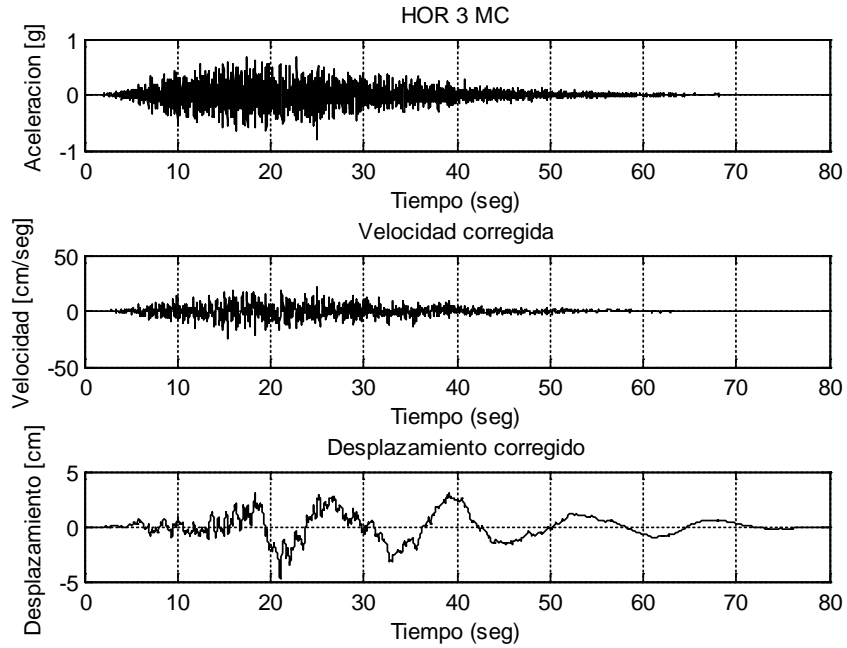
S y S Ingenieros Consultores Ltda.

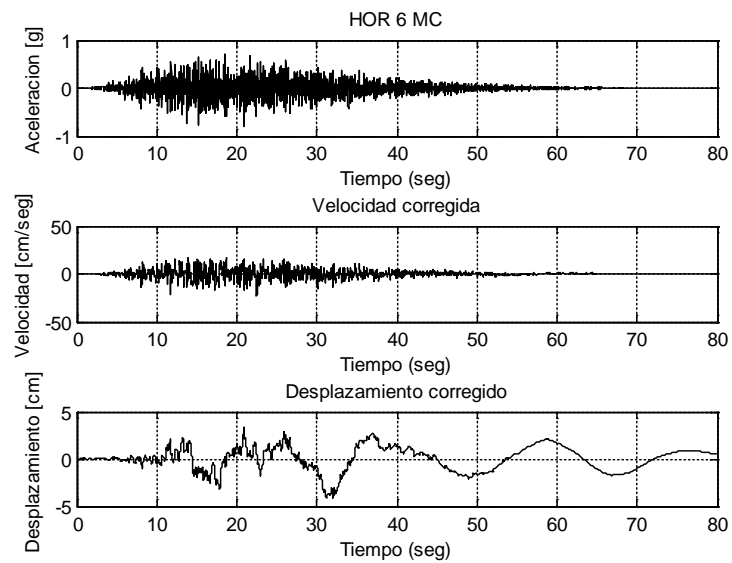
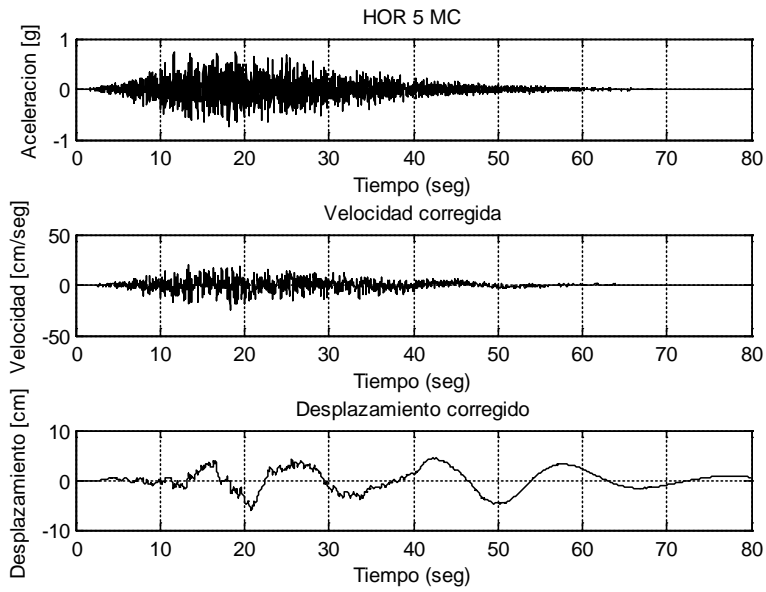
*Nueva de Lyon 072 of. 1801. Providencia. Código Postal 751-0078 Stgo. Chile. Rodolfo Saragoni H.
Fono: 56-2-2318406. Fax: 56-2-23347194. e-mail: info@sysingen.cl Mauricio Sarrazin A.*

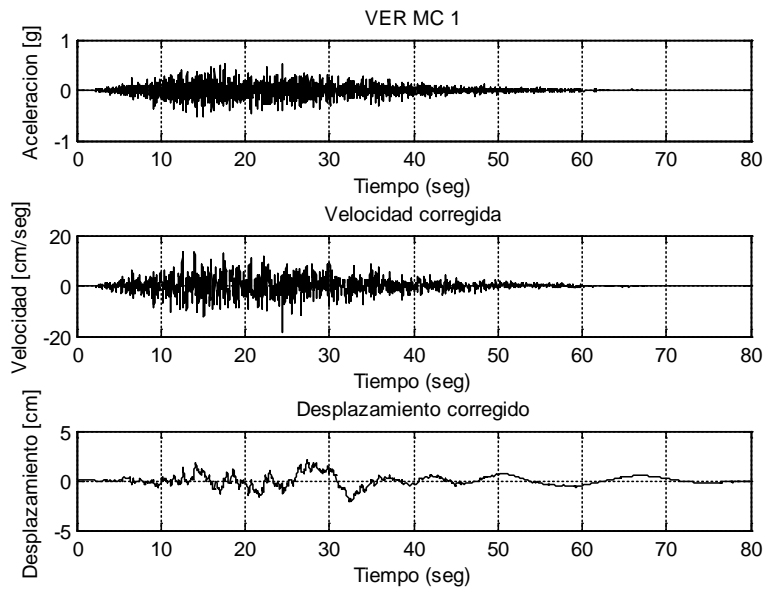
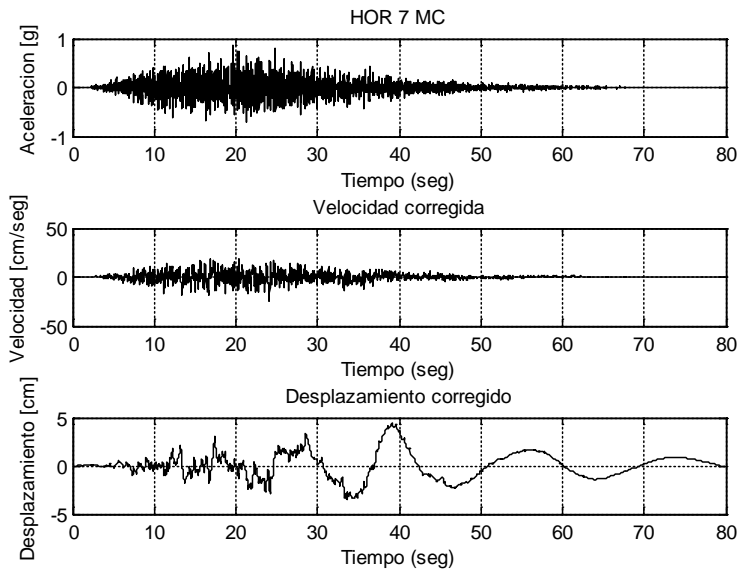
ANEXO A

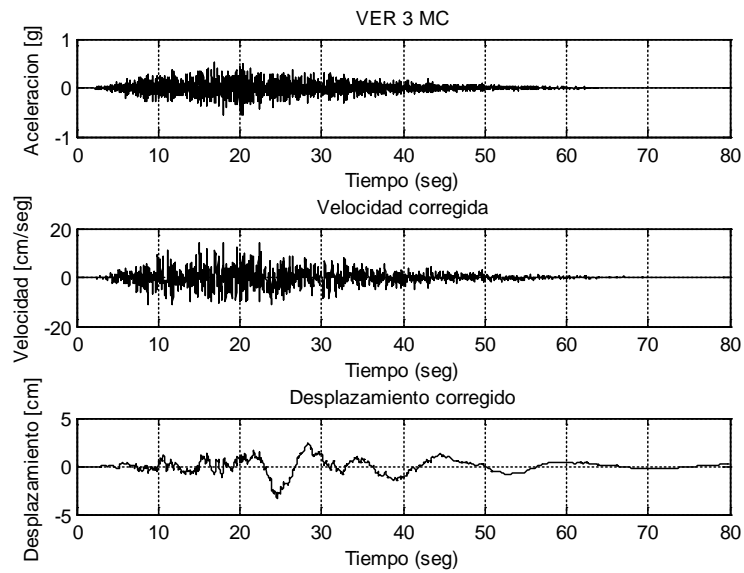
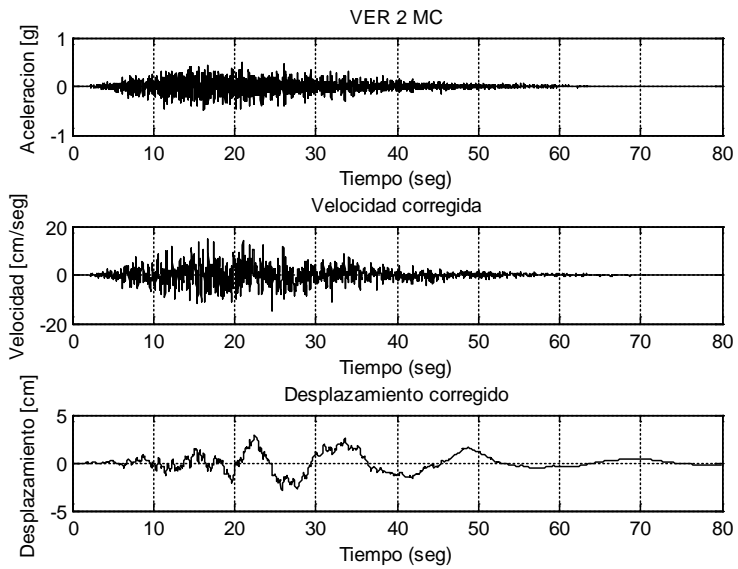
Acelerogramas Artificiales de Diseño

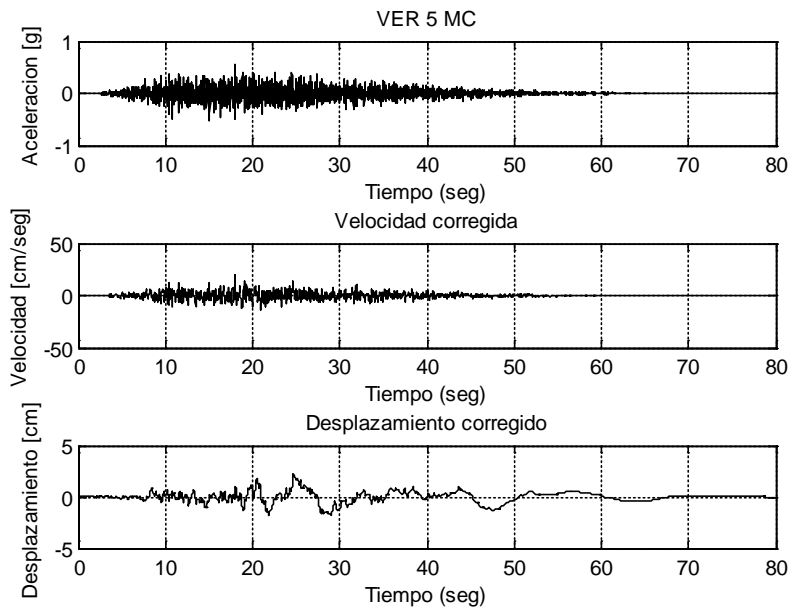
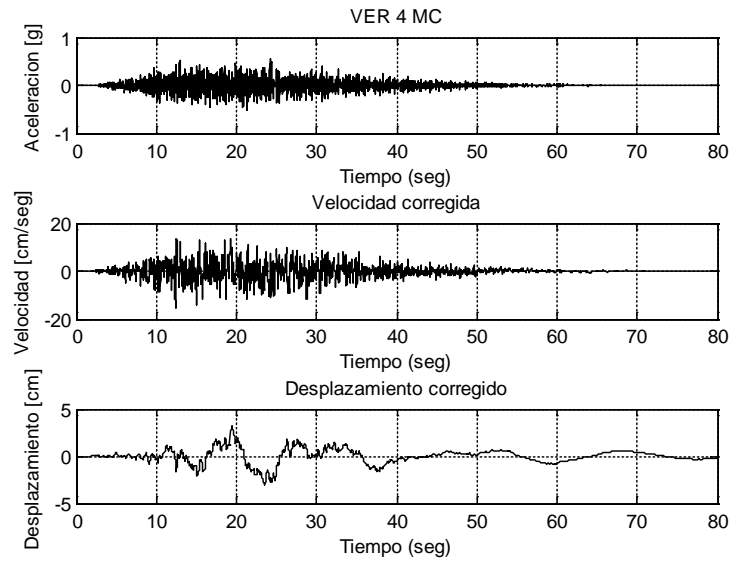


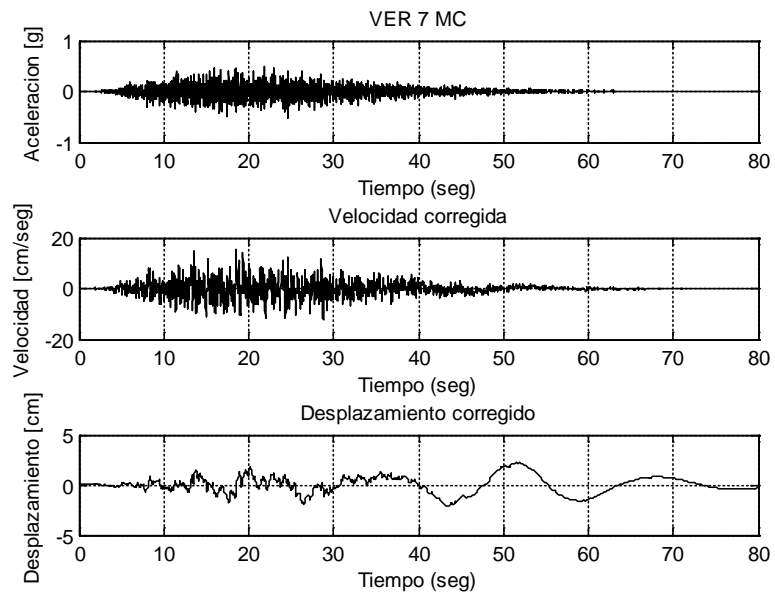
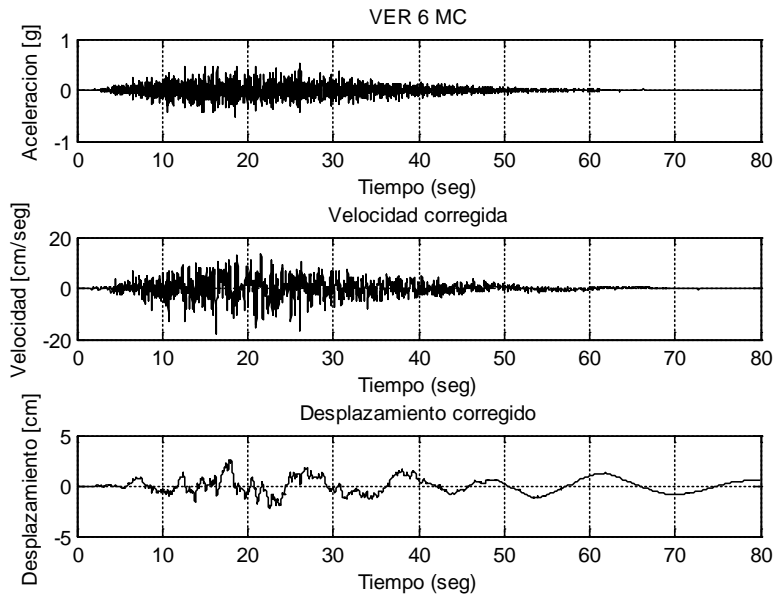




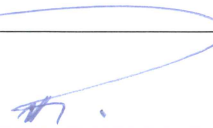
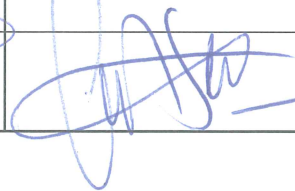
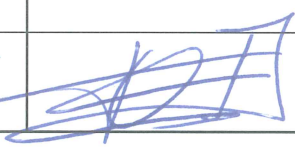









CONTROL DE LIBERACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE LA CUBETA DEL TRANQUE DE RELAVES CONFLUENCIA

	Elaborado Por:	Revisado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
Nombre	Ricardo Inostroza A.	Claudio Delgado	José Quiroga F.	Mauricio Barrios V.
Cargo	Enero 2020	Enero 2020	Enero 2020	Enero 2020
Fecha	Asesor MA	Superintendente Planta	Jefe PPRR	Gerente General
Firma				



Procedimiento Control de Liberación de Material Particulado a Confluencia

REGISTRO DE ACTUALIZACIONES

Versión	Fecha	Sección	Página	Propósito de la modificación
1	Enero 2020	Todas	Todas	Primera versión



Versión:	1
Página:	Página 3 de 6
Código:	SGA-PRO-06

1. INTRODUCCIÓN

Sociedad Minera Pacifico Sur, en adelante SMPS, en concordancia con su política ambiental, y además cumpliendo con las legislaciones y normas nacionales que tienen como objetivo el cuidado y protección del medio ambiente, elabora el procedimiento de “Control de liberación de Material Particulado de la Cubeta del Tranque de Relaves Confluencia”.

El presente procedimiento reúne las medidas adoptadas para mitigar los efectos de liberación de material particulado producto de golpe eólico que recibe la cubeta del tranque.

2. OBJETIVOS

Establecer las acciones destinadas a mitigar la liberación de material particulado desde la cubeta del TRC.

3. ALCANCES Y APLICACIÓN

El presente documento aplica al personal designado por la Superintendencia de Planta para ejecutar el presente procedimiento.

4. RESPONSABILIDADES

De la Gerencia

Aprobar el presente procedimiento.

Destinar los recursos y acciones necesarias para la correcta aplicación del procedimiento.

Del asesor de Medio Ambiente

Mantener actualizado el presente procedimiento.

Capacitar a los operadores de esta actividad sobre el presente procedimiento.

De la Superintendencia de Planta

Gestionar personal para la aplicación del presente procedimiento.

Supervisar la aplicación del presente procedimiento.

Designar personal para la aplicación del presente procedimiento.

5. DEFINICIONES

Tranque de relaves: depósito en el cual el muro es construido por la fracción más gruesa del relave, compactado, proveniente de un hidrociclón (operación que separa sólidos gruesos de sólidos más finos, mediante impulsión por flujo de agua). La parte fina, denominada Lama, se deposita en la cubeta del depósito.

Relave: conjunto de desechos de procesos mineros de la concentración de minerales, usualmente constituido por una mezcla de rocas molidas, agua y minerales de ganga.

Cubeta: parte superior del tranque.

6. REFERENCIAS Y DOCUMENTOS RELACIONADOS

Plan de Gestión Ambiental SGA-PGA-01

7. DESARROLLO DEL PROCESO

7.1. Control por aspersion de agua

Consiste en bombear agua desde piscinas del sector hasta la cubeta para ser liberada por aspersores. Este sistema recircula el proveniente del canal de contorno del TRC la cual es contenida en un circuito de piscinas. Ver figura N°1.



Figura N°1: Recirculación de agua y aspersion

Los aspersores se irán cambiando de zona y aumentando su número según las necesidades o contingencias que se presenten.

La acción de las bombas es mediante acción remota accionado por nivel de agua.

Personal de Planta deberá evaluar la activación del bombeo hacia la cubeta del tranque por medio de válvula bypass. La ejecución de esta tarea será realizada por Jefe de Turno.

7.2. Aplicación de polímero floculante sobre la superficie de la cubeta.

El polímero es aplicado como floculador de partículas para retener la humedad y fijar el material suelto a la superficie de la cubeta, es aplicado en forma de aspersión y activado por el agua de los aspersores o por el rocío de la mañana. Ver figura N°2.



Figura N°2: aplicación de polímero

El polímero utilizado dentro de la identificación de peligros, la clasificación de la sustancia es la siguiente:

- ✓ Clasificación según NCh 382: No es peligroso.
- ✓ Etiqueta de transporte según NCh 2190: No es peligroso.
- ✓ Clasificación según SGA de la ONU: No está clasificado



Procedimiento Control de Liberación de Material Particulado a Confluencia

RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO

Acuso recepción conforme de copia del procedimiento denominado **“CONTROL DE LIBERACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE LA CUBETA DEL TRANQUE DE RELAVES CONFLUENCIA”**, establecido por Sociedad Minera Pacifico Sur.

Al respecto manifiesto, haber recibido una instrucción adecuada sobre las materias contenidas en el procedimiento mencionado.

Por otra parte manifiesto mi voluntad de acatar, aplicar y respetar las regularizaciones y obligaciones establecidas en el procedimiento mencionado.

Nombre:.....

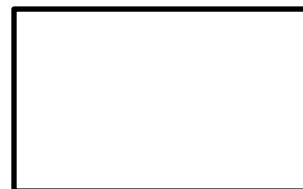
Cédula de identidad:.....

Empresa:.....

Cargo:.....

Fecha de recepción:.....




Firma:.....Huella dactilar



Supervisor que capacitó:.....

Firma:.....

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEPOSITOS DE RELAVES. PLANTA DE PROCESOS.

	Elaborado Por:	Revisado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
Nombre	Claudio Delgado	Ricardo Inostroza	José Quiroga F.	Mauricio Barrios
Fecha	Diciembre 2019	Enero 2020	Enero 2020	Febrero 2020
Cargo	Superintendente Operaciones Planta	Asesor Medio Ambiente	Jefe PPRR	Gerente General
Firma				

**PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN
DEPOSITOS DE RELAVES. PLANTA
DE PROCESOS**

Vigencia:	Diciembre 2019
Versión:	1
Página:	Página 2 de 22
Código:	PTS-PLP-24

Versión	Fecha	Sección	Página	Propósito de la modificación
1	Diciembre 2019	Todas	Todas	Creación, Revisión, actualización
2				

	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEPOSITOS DE RELAVES. PLANTA DE PROCESOS		Vigencia:	Diciembre 2019
			Versión:	1
			Página:	Página 3 de 22
			Código:	PTS-PLP-24

TABLA DE CONTENIDOS

- 1. Objetivo**
- 2. Alcance y Aplicación**
- 3. Normativa Vigente Aplicable**
- 4. Responsabilidades**
- 5. Definiciones**
- 6. Recursos**
- 7. Descripción de la Actividad**
- 8. Riesgos Asociados**
- 9. Sanciones**
- 10. Verificación**
- 11. Vigencia del Procedimiento**
- 12. Plan de Emergencia**

	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEPOSITOS DE RELAVES. PLANTA DE PROCESOS		Vigencia:	Diciembre 2019
			Versión:	1
			Página:	Página 4 de 22
			Código:	PTS-PLP-24

1. Objetivo.

El presente procedimiento, tiene como objetivo entregar las directrices para la operación de los depósitos de relaves de la compañía, por un lado el manejo de aguas del Tranque Confluencia, por otro lado la operación y su consecuente manejo de aguas del Depósito Doña Rosa. Junto a lo anterior, prevenir situaciones de riesgo, daño a trabajadores, medio ambiente, proceso productivo e instalaciones de la compañía; que puedan ocurrir debido a condiciones climáticas extremas (viento, lluvia, nieve, hielo), que se presentan especialmente en las estaciones de otoño e invierno en la región.

Preparar y ejecutar un plan de acción que contemple las medidas preventivas con el fin de evitar o mitigar situaciones de daños al medio ambiente producidas por exceso de agua lluvia, nieve, que se puedan producir en los depósitos de relave que existen actualmente dentro de la faena Sociedad Minera Pacífico del Sur SPA. Indica los resguardos logísticos y operacionales necesarios para enfrentar un eventual suceso climático.

2. Alcance y aplicación.

Aplica a todos los trabajadores ya sea de Sociedad Minera Pacífico del Sur SPA, como de empresas contratistas, visitas técnicas y otras.

El alcance corresponde a todas las áreas, instalaciones y servicios que tengan relación con el trabajo en los depósitos de relaves de faena.

3. Normativa Vigente Aplicable.

- Decreto Supremo N.º 132, Reglamento de Seguridad Minera
- Ley 16.744 – Sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales
- Decreto Supremo N.º 40 (Obligación de Informar – ODI).
- Decreto Supremo N.º 594 sobre condiciones básicas de higiene y seguridad en el trabajo.
- Reglamento Interno de Orden, Higiene y Seguridad
- Código del trabajo (Todo lo que tenga relación a seguridad y salud ocupacional)
- Ley de Tránsito (Ley No. 18290)
- Reglamento Conducción Interna Sociedad Minera Pacífico del Sur SPA.
- Decreto supremo n° 248 reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves.
- Resolución de Calificación Ambiental N° 96 del 24 de febrero de 2011 (RCA 96/2011)
- DS 72 Aprueba reglamento de seguridad minera
- Resolución 114 SERNAGEOMIN, Aprueba Plan de Cierre del TRC

4. Responsabilidades y obligaciones.

4.1 Gerente General

Tendrá la responsabilidad de aprobar y disponer de todos los recursos que sean necesarios en cantidad y calidad para enfrentar los efectos de clima extremo.

	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEPOSITOS DE RELAVES. PLANTA DE PROCESOS		Vigencia:	Diciembre 2019
			Versión:	1
			Página:	Página 5 de 22
			Código:	PTS-PLP-24

4.2 Superintendente De Planta

Dar las directrices, controlar y coordinar con las distintas áreas la implementación y aplicación del presente procedimiento.

Genera las auditorías internas, respecto a la aplicación de este procedimiento y desarrolla las mejoras operativas requeridas.

Deberá asegurar la disponibilidad de los equipos y personal necesario para mantener las operaciones normales de los depósitos de relave.

4.3 Departamento de PRR

Asesorar en la generación, difusión y procesos de cambio del presente procedimiento.

Velar por el cumplimiento de este procedimiento.

Asesora y acompaña a personal a cargo en revisión de depósitos de relaves y ejecución de trabajos aportando en la detección de riesgos no detectados por personal a cargo.

4.4 Supervisión

- 4.4.1 Tendrá la responsabilidad de instruir, capacitar y dar a conocer al personal procedimientos, restricciones y medidas de prevención establecidas.
- 4.4.2 Controlar y auditar el cumplimiento de los procedimientos de trabajo (D.S. 132).
- 4.4.3 Mantener un control sistemático de los conocimientos del personal sobre el presente procedimiento, tanto en el aspecto teórico como práctico.
- 4.4.4 Define trabajos a realizar y dispondrá de equipos y recursos para realizar labores.
- 4.4.5 Velara por la correcta mantención y disponibilidad de los equipos necesarios para realizar trabajos en depósitos de relaves.
- 4.4.6 Controlar estado y conservación de los equipos de protección personal de sus trabajadores. Debe tener en cuenta que el trabajador debe operar siempre con E.P.P. en buen estado, si por alguna razón no se puede reemplazar el EPP deteriorado no deberá ingresar a área de trabajo. (Elementos Protección Personal específicos para ingresar a equipos e instalaciones tranques de relaves)
- 4.4.7 Revisar la Cartilla de los 6 pasos de los trabajadores. Informar las desviaciones registradas en la tarjeta, corregir y Re instruir a personal en caso de ser necesario.
- 4.4.8 Informar no conformidades del procedimiento con el objeto de efectuar las modificaciones necesarias.

4.5 De los trabajadores de Sociedad Minera Pacífico del Sur SPA y empresas contratistas.

- 4.5.1 Todo el personal que esté involucrado en trabajos de ambos depósitos deberá conocer y aplicar obligatoriamente el presente procedimiento e informar las no conformidades al supervisor directo.

- 4.5.2 Antes de realizar cualquier trabajo se debe hacer el análisis de BUSCADOR DE RIESGOS TARJETA 6 PASOS, analizando y evaluando los riesgos. Tarjeta de 6 pasos deberá ser revisada y visada por supervisor a cargo antes del inicio de trabajos.
- 4.5.3 Velar por el buen estado de las herramientas y equipos, informando a su jefe directo los desperfectos y dificultades.
- 4.5.4 Disponer las herramientas en forma ordenada en los lugares definidos, además, deberá mantener y/o realizar limpieza y segregación de residuos depositando estos en los contenedores según su clasificación.
- 4.5.5 Usar y conservar en buen estado de limpieza sus equipos de protección personal (EPP) e informar en forma oportuna a su Supervisor cualquier deterioro a objeto de ser remplazado de inmediato.
- 4.5.6 Dar aviso a la brevedad de cualquier situación anómala que pueda ser detectada en el entorno de los depósitos de relave, que pueda representar un riesgo para la integridad de los trabajadores, medio ambiente u operación normal de la compañía.

5. Definiciones

5.1 Tranque de relaves:

Depósito de confinamiento de arenas de relaves estanco, sellado con geomembranas para evitar filtraciones que se apoya en muro de confinamiento fabricado con materiales de empréstito.

5.2 Relaves:

Corresponde al residuo, mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados en el proceso de flotación. Este residuo, también conocido como cola, es transportado mediante canaletas o cañerías hasta lugares especialmente habilitados o tranques, donde el agua es recuperada.

5.3 Piscina de decantación:

Piscina a la cual llegan las aguas provenientes de depósitos de relaves que permiten la decantación de sólidos.

5.4 Bombas Leader:

Equipo de bombeo estacionario utilizado para la impulsión de aguas para humectación tranque o hacia piscinas de decantación.

5.5 Bomba Grindex:

Equipo de bombeo sumergible empleado en la impulsión de agua con sólidos hacia las piscinas de decantación.

5.6 Válvula recirculación:

Válvula manual ubicada en línea de impulsión de aguas que realiza la función de direccionar a distintos puntos las aguas provenientes de drenaje.

5.7 Aguas de contacto:

Aguas lluvias que no es drenada a través de tranque y que circula superficialmente hacia las piscinas destinadas para su acumulación.

5.8 Aguas sistema de drenaje:

Conjunto de piezas y elementos empleados en la recolección de aguas filtradas desde depósitos de relaves que son derivadas a través de tuberías hacia piscinas de decantación.

6. Recursos.

El personal que realice este trabajo deberá contar con los siguientes recursos

Elementos de Protección Personal	Equipo y Herramientas
• Casco de seguridad con porta lámpara/barbiquejo	• Equipo de radio comunicaciones
• Protectores auditivos de seguridad tipo fono y/o tapón	• Equipo de levante
• Lentes de seguridad	• Letreros de advertencia
• Máscara respiratoria c/ filtro mixto Polvo/gases	• Herramientas
• Overol con cintas reflectantes	• Coplas
• Guantes de seguridad	• Maquina band-it c/ huincha y hebillas
• Lámpara minera cargada	• Llave cuello de cisne
• Botas de seguridad	• Extensiones eléctricas de 220 V-16AM
	• Extensiones eléctricas de 380 V-32AM
	• Bomba drenaje

7. Descripción de la actividad.

En faena Sociedad Minera Pacifico del Sur SPA, existen dos depósitos de relave, el primero en etapa de cierre (Deposito de relaves Confluencia) y el segundo en operación (Deposito de relaves Doña Rosa). En ambos depósitos se deben realizar trabajos continuamente con el propósito de mantenerlos en buenas condiciones y evitar incidentes medio ambientales.

Estos trabajos se hacen más importantes en la época invernal, debido a las continuas lluvias, que ocasionan un aumento en los niveles de agua en las piscinas de decantación; niveles que deben constantemente verificados y controlados con el fin de evitar derrames fuera de estos.

7.1 Actividades depósito de Relaves Confluencia.

- Revisión y mantención de Bombas Leader 1,2,3 y 4.
- Habilitación calefactor y portón caseta bombas leader 1 y 2.
- Habilitación calefactor y portón caseta bombas leader 3 y 4.
- Revisión y mantención de líneas válvulas y aspersores en cuba tranque.
- Aspersores en funcionamiento para mitigación de polvo en suspensión, cuando escasean las aguas lluvias.
- Limpieza de piscina tanto con equipos de maquinaria pesada (retroexcavadora, cargador frontal, manitou, etc.), como la limpieza manual.
- Mantención de niveles en piscinas.

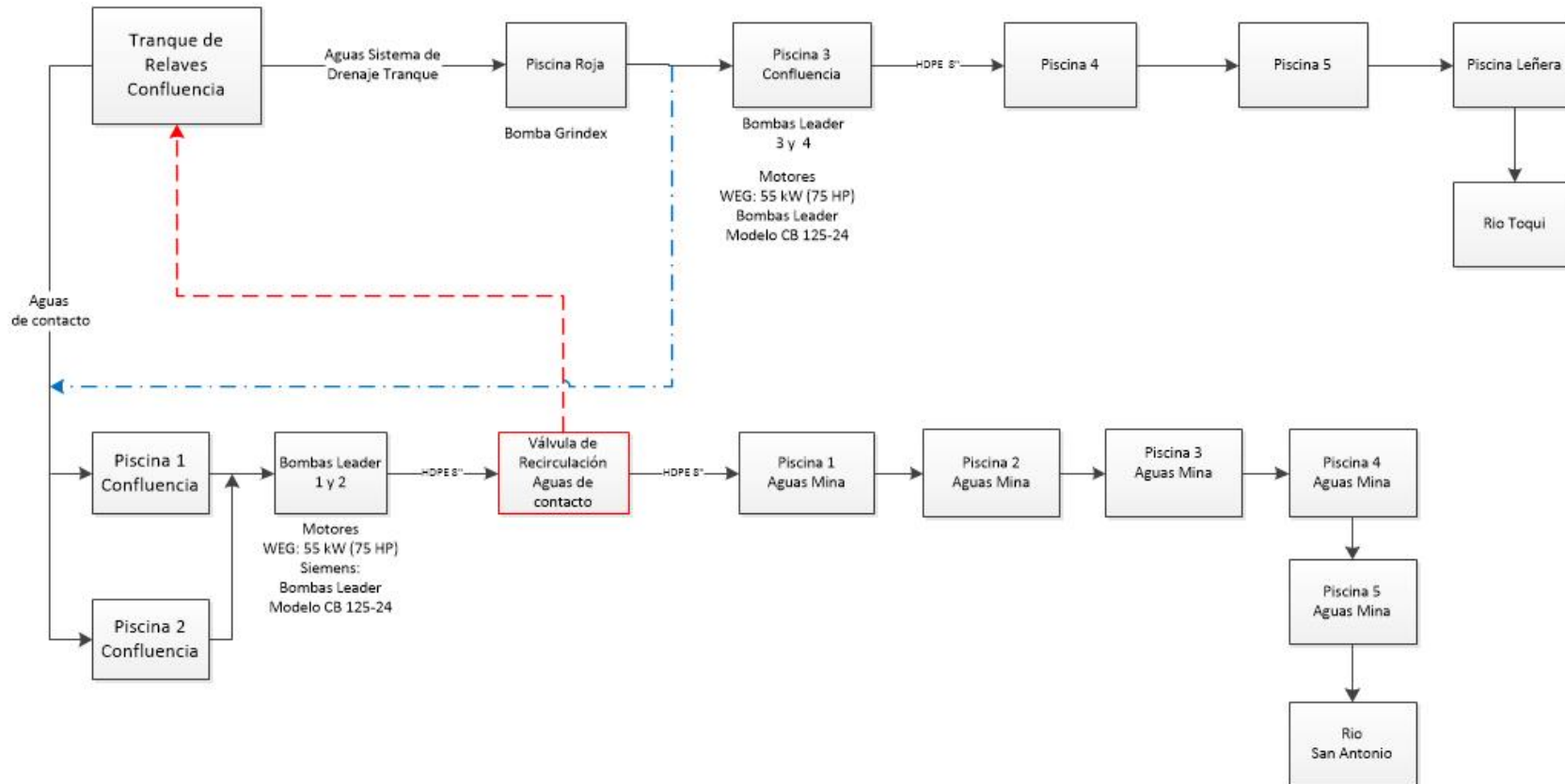
7.1.1 Sistema de bombeo deposito relaves Confluencia.

En el Tranque confluencia, actualmente existen dos piscinas que reciben las aguas superficiales o de contacto, especialmente las aguas lluvias y una piscina que recibe las aguas filtradas del tranque (piscina roja), las cuales escurren a través de éste por medio de un sistema de drenaje y que son decantadas por este. Estas aguas son impulsadas por una bomba tipo grindex, hacia la piscina 3 de tranque confluencia, para luego ser llevadas a través de las bombas leader 3 y 4 (55 kW) hacia la piscina 4, para terminar su decantación.

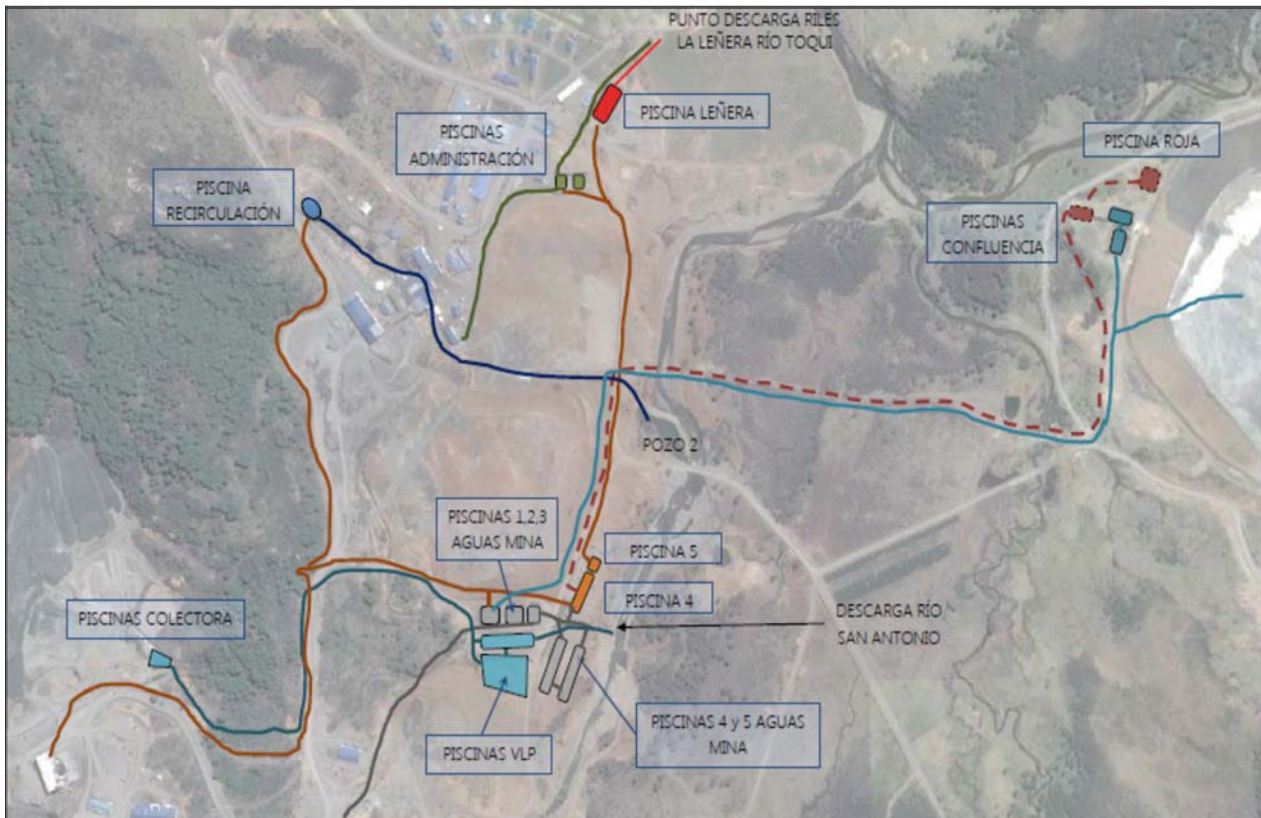
En las piscinas de recepción de aguas superficiales, existen otras dos bombas (bombas 1 y 2) de impulsión tipo Leader, de la misma potencia de las otras unidades, las cuales impulsan el agua al sistema de aspersion del tranque y hacia la piscina de Aguas Mina 1, en el caso de que existan fuertes lluvias en periodos cortos de tiempo y se deba manejar más agua de la habitual. Además de lo indicado anteriormente, existe un bypass, el cual hace recircular el agua obtenida de la piscina roja, hacia las bombas Leader 1 y 2, de manera de contar con la suficiente agua para realizar la aspersion para la humectación de la cubeta del tranque Confluencia, esto para mitigar el polvo en suspensión.

7.1.2 Diagrama de Flujo Aguas Confluencia.

DIAGRAMA DE FLUJO TRANQUE CONFLUENCIA



7.1.3 Ubicación Depósitos y Líneas de drenaje Confluencia



7.1.4 Procedimiento de manejo de aguas Confluencia.

Para todo lo indicado en el punto 7.1.4 se deben tener las siguientes consideraciones:

- El nivel de agua en las piscinas 1 y 2 no debe superar el 75% de su capacidad máxima con las bombas leader 1 y 2 en funcionamiento, de ser así, se debe abrir el by pass hacia las piscinas de aguas mina para su decantación, dejando en funcionamiento los aspersores, de tal forma de bajar el nivel de agua de piscinas, con el propósito de mantener la operación de forma segura.
- Luego de lo anterior, se debe cerrar el Bypass entre la piscina roja y las piscinas 1 y 2, de tal forma que las aguas rojas, sean llevadas a las piscinas 3, para realizar el flujo normal hacia la piscina 4. Según el nivel a agua existente se debe decidir si se opera con una o dos unidades, esta determinación se tomará considerando el nivel de la piscina 3, el cual no podrá superar el 75 % de su nivel máximo.
- Se debe verificar en terreno el funcionamiento de las bombas en todo momento, en caso de existir algún inconveniente, se debe dar aviso al supervisor directo de manera de coordinar y realizar las mejoras pertinentes.

7.1.5 Inspección y mantenimiento de equipos sistema de bombeo.

Los equipos del sistema de bombeo del tranque confluencia, deberán ser inspeccionados de forma diaria. Realizando al menos los siguientes puntos:

- Inspección visual de los equipos
- Inspección auditiva de los equipos
- Revisión de temperaturas de trabajo.
- Revisión de fugas en bombas y líneas.
- Control de niveles e inspección de piscinas por fugas o embancamiento.

Las inspecciones deberán ser registradas en la planilla de operaciones planta. Se deberá informar oportunamente de cualquier hallazgo.

En el caso de encontrar alguno de los parámetros anteriormente indicados, fuera de los rangos establecidos, se deberá comunicar a la supervisión directa de manera realizar las coordinaciones correspondientes para proceder de forma inmediata a ejecutar las reparaciones correspondientes.

7.2 Depósito de Relaves Filtrados Doña Rosa.

El depósito de relaves Doña Rosa, es el que actualmente se encuentra en operación, ubicado en el sector adyacente a la “Planta de Pasta”, en donde son procesados los relaves provenientes de la planta concentradora, pasando por las siguientes etapas:

- Espesado de relaves.
- Filtrado de relaves.
- Depósito de relaves.

En la depositación de relaves existen dos opciones, la principal es por medio de transporte de camiones con relave filtrado. La segunda opción de emergencia, es el bombeo de relaves espesados con máximo porcentaje de sólidos permitidos por la operación.

7.2.1 Depósito de Relaves Filtrados y Espesados.

- El proceso de depositación de relaves filtrados se realizará por medio de camiones, los cuales son abastecidos en la cancha de relaves filtrados de planta de pasta. Estos son cargados por retroexcavadora o en su defecto por un cargador frontal.
- El operador que está realizando el carguío de camiones debe tener especial cuidado de estar en permanente comunicación con el operador de camión para cualquier eventualidad y señalarle cuando el carguío este completo. Además, deberá estar en comunicación con operador de planta pasta para indicar tiempo de filtrado, nivel de relaves en cancha, y/o frente a cualquier eventualidad que pueda suceder.
- El nivel de llenado de la tolva del camión dependerá de la humedad del relave filtrado, si presenta humedad óptima (15-16%) el nivel de llenado del camión será completo, sin embargo, cuando la humedad aumenta, el nivel de llenado deberá disminuir para evitar

escurrimiento de relave sobre la tolva del camión, y de esta manera minimizar la contaminación de relave hacia el camino del depósito.

- El lugar a depositar deberá ser consultado a jefe de turno planta según planificación diaria.
- El relave filtrado ya depositado en cubeta del deposito, deberá ser ordenado con los equipos disponibles en terreno, retroexcavadora, además se deberá contar con equipo de Rodillo para la compactación adecuada.
- Los trabajos de levantamiento de pretilas, canales de evacuación de aguas, todo se deberá realizar según plan de trabajos dependiendo del estado físico del terreno, y nivel de precipitaciones caídas.
- En los días de precipitaciones continuas, el nivel de aguas de contacto en la superficie de la cubeta del deposito aumenta considerablemente, lo que impide el tránsito seguro de camiones, por lo tanto se deberá establecer un lugar cercano al camino de tránsito del deposito o en su defecto se deberá trabajar con depositación de relave espesado desde planta pasta, por medio de bomba de pistón.
- Al trabajar con bombeo de relaves espesados desde línea planta de pasta, se deberá trabajar con el máximo de porcentaje de sólidos en la pulpa (60-65%), para no aumentar considerablemente el nivel de agua del deposito.
- Los operadores de maquinaria pesada deberán hacer un check list a inicio y final de cada turno diario de su equipo, al detectar alguna anomalía deberá dejar registro e informar inmediatamente a jefe de turno planta, para gestionar su reparación.

7.2.2 Evacuación de Aguas en Deposito Doña Rosa

- El deposito cuenta con un sistema de evacuación de aguas superficiales, las cuales desembocan en una fosa adyacente al muro de contención, como se aprecia en la figura 7.2.2. Esta fosa alimenta al buzón de descarga mediante tres tubos desagües, los cuales en su parte inferior cuenta con válvulas manuales de corte, y en su sección superior cuentan con superficie libre. A medida que sube el nivel de sólidos en la superficie de la fosa, se deben cerrar las válvulas manuales para evitar escurrimiento de relave hacia la piscina de decantación post muro de contención.

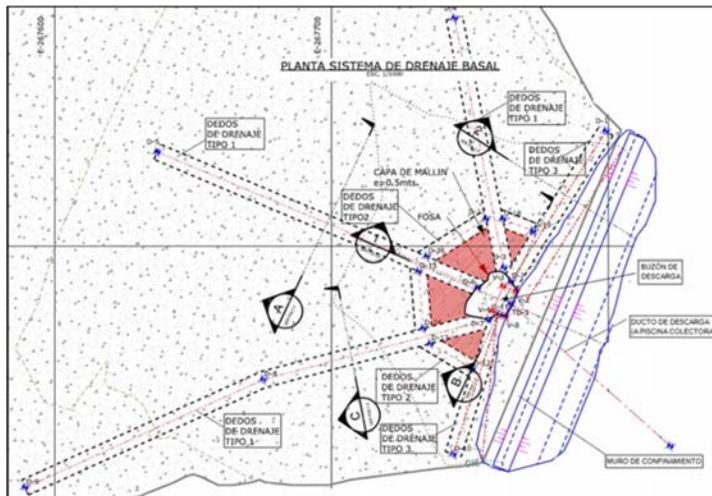


Figura 7.2.2: Sistema drenaje basal Deposito Rosa.

- Se deberá contar con una balsa y bomba grindex de emergencia, para evacuar el agua hacia la piscina de decantación, por si el sistema autónomo de evacuación de aguas claras llegase a colapsar.
- Cuando las lluvias hayan finalizado se deberá remover el sólido acumulado en el fondo de la fosa, para aumentar el tiempo de vida útil de la capacidad de la fosa. Esto debe realizarse idealmente con bomba de lodo (trabajando paralelamente con el desagüe de aguas claras), para retornar el sólido a la cubeta del depósito, de lo contrario, esperar que el lodo pierda humedad para realizar la extracción del sólido mediante maquinaria.
- La piscina de decantación o de aguas claras, siempre se deberá estar monitoreando por el personal operario y/o jefe de turno planta, con el fin de inspeccionar posible escurrimiento de relave. Frente a eventos de intensas precipitaciones donde este escurrimiento se hace inevitable, se deberá posteriormente realizar limpieza tanto de la piscina de decantación, como de las piscinas aguas abajo, mencionadas en el punto 7.1.3.

7.2.3 Monitoreo Piscinas Aguas Abajo Deposito Rosa

- Luego de la piscina de decantación o aguas de contacto post muro de contención del depósito Rosa, existen piscinas que pueden alimentarse del desagüe de la piscina de decantación, las cuales tienen el propósito de aumentar el tiempo de residencia de los sólidos y así tengan el tiempo suficiente para sedimentar, de tal manera que solo se descarguen las aguas previamente decantadas.
- El flujo de descarga de la piscina de decantación del depósito, tiene dos posibilidades de conducción, por un lado puede ser conducida a la piscina de planta N°4, cuyo sistema posee 3 piscinas de decantación antes de ingresar al río Toqui o como alternativa de emergencia descarga hacia las piscinas mina N° 1, cuyo sistema contempla 5 piscinas antes de descargar al río San Antonio (ver figura 7.1.3).
- El flujo de aguas del canal de contorno del depósito Rosa descarga en piscinas VLP1.

- Se deberá ir monitoreando en forma constante tanto el nivel de agua presente, como el nivel de sedimentos que poseen. Jefe de turno planta deberá realizar este monitoreo o algún operador que el designe.
- Cuando el nivel de sedimentos sea visible, se deberá planificar limpieza con maquinaria pesada.

8. RIESGOS ASOCIADOS

8.1 Análisis de Riesgos

Actividad	Riesgos	Medidas de Control	Responsable
Traslado al lugar donde se realizarán las tareas en interior	Caída distinto nivel / Caídas mismo nivel	Procurar el tránsito lento y seguro por las áreas de en donde se llevará a cabo la operación de drenaje, si se detecta alguna anomalía se debe informar a supervisor del área	Equipo de trabajo designado para la actividad: Mecánicos y Eléctricos Planta de Procesos
Movimiento de Equipos/ Herramientas	Golpeado por o contra componentes / equipos/ Shock eléctrico	Instrucción al personal sobre manejo de materiales / atención a movimientos inesperados / coordinación entre personal que ejecutará el trabajo / detección y eliminación de condiciones sub estándar.	Supervisor, Jefe de Turno
	Sobre esfuerzo	Instruir al personal sobre manejo de materiales	Supervisor y trabajador
	Proyección de partículas	Re instrucción al personal / Uso de lentes de Seguridad en todo momento	Supervisor y trabajador
	Herramientas en mal estado	Inspección periódica de las condiciones subestándares que presentan los equipos y/o herramientas a utilizar	Supervisor y trabajador
	Trabajar y circular cerca de equipos en movimiento en forma descuidada.	El trabajador se mantendrá siempre atento a todos los movimientos y se ubicará a distancia prudente y segura esté o no interviniendo directamente. / Segregar y aislar el área de trabajo.	Supervisor y trabajador

8.2 Análisis de Riesgos Para Operadores de Maquinaria Pesada

TAREA	RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS DE CONTROL
Inicio trabajos	<ul style="list-style-type: none"> • Expuesto a accidentes por desconocimiento del procedimiento y la no utilización de elementos de protección personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener informado a Jefe de Turno. • Considerar riesgos y medidas de seguridad, mediante charlas de instrucción. • Poseer licencia de conducir vigente, clase que corresponda para el equipo a operar y licencia interna de la Compañía. • Diariamente, antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el buen funcionamiento del motor, sistema hidráulico, frenos, dirección, luces, bocinas y neumáticos. Además de la aplicación de un Check-List. • Mantener en todo momento los elementos de protección personal.
Ascender y descender del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Caída distinto nivel • Golpeado contra 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener pisaderas del equipo limpio, libre de aceite, grasas o elementos deslizantes. • Tener precaución al subir y bajar del equipo, hacerlo siempre mirando hacia la máquina y estando apoyado en los peldaños y manillas de ésta. (3 puntos de apoyo). • Nunca se suba a una máquina en movimiento y nunca salte de una en movimiento.
Traslado del equipo de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Golpeado por/ contra • Colisión • Choque • Atrapamiento • Atropellamiento • Incendio 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador debe de estar atento a todas las condiciones cambiantes del trayecto a desplazarse. • El operador debe de estar instruido y capacitado para realizar esta operación. • El equipo debe tener sus luces encendidas al momento de desplazarse. • En el desplazamiento del equipo ninguna persona deberá avanzar en cualquiera de los costados del equipo. Siempre avanzará con la vía despejada. • Las personas que se encuentren cerca del equipo, deberán contar con lámpara en el casco, ropa reflectante y visibles al operador del equipo • Transitar con precaución cuando el equipo se desplaza. • Chequear las luces de emergencia. • Mantener el equipo "limpio", libre de restos de elementos combustibles. • Verificar y mantener operativo un extintor de incendio manual. • Se extremarán las precauciones al transitar en instalaciones de la Compañía, respetando la señalética y solo se trasladarán a lugares específicos autorizados por la supervisión. • No se deberá transportar a pasajeros, solo el operario debe estar sobre la máquina o equipo. • Se mantendrán las precauciones habituales en el mantenimiento de un vehículo. No se sustituirá el aceite de motor o sistema hidráulico cuando el motor este caliente y no se fumará al manipular la batería o el abastecimiento de combustible. • Queda terminantemente prohibido transportar e izar a personal en el balde.
Posicionamiento del equipo en el lugar de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Golpeado por/contra • Choque • Expuesto a ruido • Expuesto a polvo en suspensión. • Atropellamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Al momento de realizar trabajos debe instalar señalética (conos) para delimitar su área de trabajo. • Siempre inspeccionar la zona de trabajo antes de comenzar las labores, especialmente al circular cerca de excavaciones verificándose la estabilidad de los bordes y evitar el tránsito a menos de 1 metro de estos. • Se mantendrán los dispositivos de aviso luminoso y sonoro de marcha atrás, operando en forma permanente cuando se realicen maniobras de retroceso y siempre asegurarse de que no haya ningún trabajador en el radio de acción de la máquina.

		<ul style="list-style-type: none"> • De poseer un ángulo visual limitado, el operador deberá solicitar la ayuda de un señalero. • El operador nunca podrá trabajar a distancias inferiores a cinco metros de líneas eléctricas.
Operación Carguío de balde	<ul style="list-style-type: none"> • Golpeado por/contra • Choque • Expuesto a ruido • Expuesto a polvo en suspensión 	<ul style="list-style-type: none"> • Todo equipo de transporte, auxiliar o camionetas, que se acerque al equipo de carguío debe avisar, vía radio, al operador del cargador y disminuir la velocidad. • El operador del cargador debe estar siempre reocupado de tener a la vista los equipos que circulan alrededor. • En relación con los camiones que esperan el turno para ser cargados, éstos deben estar dispuestos de acuerdo con instrucciones del Supervisor. • El operador del cargador avisa al camión el lugar y disposición para estacionar, tomando como referencia el balde de la pala y/o las orugas. Previo a la carga, el camión debe estar en posición neutral y con el freno de estacionamiento activado. • El operador de la pala debe descargar el material de manera de no dañar la tolva del camión; por lo tanto, es importante no tirar la carga ni dejarla caer en forma brusca. • Es importante evitar que el balde o cualquier parte del equipo tengan contacto con algún sector del camión, para así evitar posibles daños a los equipos o a las personas. • Una vez finalizado el carguío, el operador del cargador debe avisar al operador del camión para que salga del área. Este aviso se realiza mediante comunicación radial y/o bocinas u otros medios previamente establecidos.
Finalización tarea	<ul style="list-style-type: none"> • Caída a distinto nivel • Atropellamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Informar al Supervisor del término de las labores. • Retirar la señalética instalada (conos).

8.3 Aspecto de Salud

Riesgos Identificados	Medidas de control
Proyeccion de relaves a ojos y cara	Usar lentes de seguridad
Polucion excesiva	Uso de protección mascara respiratoria.

8.4 Aspectos Ambientales

Residuos	Medidas de Control
Combustible, Aceites y Químicos	Control de derrames en caso de reparaciones o abastecimiento de combustibles. Empleo palanganas y elementos absorbentes (arena seca – paños) para contener derrames, los cuales se depositarán en recipientes para su posterior traslado y deposito en lugar autorizado.

Derrames de Relave desde Planta Pasta a Deposito Doña Rosa	El control de derrames se basará principalmente en el nivel de llenado de camiones transportistas de relaves filtrados (ver punto 7.2.1). Al ocurrir algun eventual derrame de relave filtrado, se deberá remover totalmente del camino en el transcurso del turno, mediante equipo cargador frontal, retroexcavadora o manitou, y descargarlo en cuba del Deposito, dejando limpia el área en cuestión.
Derrame de relaves desde Planta Concentradora hacia Planta de Pasta.	Este tipo de control se realizará mediante sensores de flujo instalados tanto en la salida de ductos de relaves de planta, como en la llegada al espesador de planta de pasta. Al detectar eventual derrame se deberá realizar cambio de tren de booster y lavado de línea, para sellar o reparar fuga detectada. Posteriormente remover relave derramado, depositándolo en cuba de Deposito Rosa.

9. SANCIONES.

Toda violación al presente Procedimiento será considerada como una falta grave o manejo negligente, cuyas sanciones legales están consignadas en el Reglamento Interno de Orden, Higiene y Seguridad y el Decreto N° 54 Sobre Comités Paritarios, y expresamente indicado en el Reglamento de Seguridad Minera, sin perjuicio de las medidas disciplinarias que Minera El Toqui tome a la luz de los antecedentes.

10. VERIFICACION.

El control objetivo del procedimiento se verá reflejado en el cumplimiento de este, a través de acciones correctivas, observaciones de trabajo, capacitación y difusión de normativas asociadas a esta actividad, las que serán difundidas y evaluadas por la línea de supervisión mediante charla de 5 minutos.

11. VIGENCIA DE PROCEDIMIENTO.

Este procedimiento tendrá vigencia desde el momento de su oficialización interna, sin perjuicio de ser sometido a revisiones en forma continua con el fin de ser mejorado.

13. PLAN DE EMERGENCIA DEPOSITO DOÑA ROSA

12.1 Eventos Que Pueden Originar Emergencias

Los eventos que pueden ocasionar situaciones de emergencias durante la operación del depósito Doña Rosa son los siguientes:

- a) Precipitaciones extremas: Se considerarán precipitaciones extremas a las que superen los 90 mm/día. Con los niveles de precipitación indicados se deberá poner en operación el presente Plan de Emergencia, principalmente por el aumento del caudal de aguas de contacto.

- b) Colapso del canal de contorno (Sistema de intercepción de aguas superficiales): El colapso del canal de contorno de Doña Rosa podría ocurrir, por el rebalse de las aguas del canal o destrucción del canal por un eventual derrumbe. En el primer caso, rebalse de las aguas, esta situación podría acontecer por acumulación de sedimentos en el sistema o por el arrastre de material generado por una precipitación que impidan el libre escurrimiento. En el caso de destrucción del canal por un eventual derrumbe, las aguas superficiales del canal caerían directamente al Depósito, donde el sistema de drenaje basal captaría estas aguas.
- c) Derrame de relaves: Cualquier derrame de relaves siempre constituirán una situación de emergencia. Los derrames de relaves podrán ocurrir desde las tuberías de transporte de relaves, ya sea por desgaste interno de éstas o por desacoplamiento de sus uniones, donde los sistemas de alerta temprana (sensores de presión y caudalímetros instalados en las tuberías de transporte de relaves) fallaran o no fueran detectados a tiempo o ante cualquier evento que produzca un derrame de relaves.
- d) Colapso de los muros de contención del depósito de relaves: Provocado por sismos o terremotos; precipitaciones extremas que generen una cantidad tal de aguas de contacto que de sobrepasen los niveles de revancha y provocando rebalse de las aguas sobre los muros; o por planos de falla o deslizamiento no detectados. Todos los anteriores pueden originar un daño, corte o debilitamiento en la estructura de los muros, que signifique un colapso de éstos y el derrame masivo de relaves.
- e) Rotura de tuberías de aguas de contacto: La probabilidad de rotura de las tuberías de aguas de contacto es muy baja, principalmente porque éstas aguas no tienen una carga de sedimentos elevada que proporcione agentes abrasivos que dañen las paredes internas de las tuberías, sin embargo, agentes externos como maquinarias y/o equipos podrían causar daño en tuberías debido a descuido de operadores o situaciones similares.

Para el caso de ocurrir cualquiera de estas condiciones se activará en forma inmediata el Plan de Emergencia.

12.2 Plan de Emergencias

a) Precipitaciones Extremas

Las precipitaciones extremas podrán ser registradas en los canales actuales de Minera Pacifico del Sur, con lo cual se pueden ir monitoreando parámetros tales como precipitación, temperatura, velocidad del viento, etc. dando información temprana de las condiciones climáticas que pueden generar situaciones de emergencias. Las acciones a ejecutar en caso de emergencia por precipitaciones extremas serán:

1º. El área de Planta, deberá inspeccionar que todas las obras del sistema de manejo de aguas de contacto, se encuentren totalmente operativas, de manera tal de garantizar que todas éstas sean captadas y canalizadas hasta las Piscinas VLP 1 y 2.

2º. El área de Medio Ambiente deberá activar el programa de monitoreo de aguas en el estero San Antonio, aguas arriba del punto de descarga del canal y aguas abajo del punto de descarga.

3°. Los capataces del depósito de relaves deberán realizar una inspección de todo el trazado del canal de contorno, obras de captación, disipadores de energía y obra de descarga.

4°. Los capataces del depósito de relaves deberán realizar una inspección del perímetro del depósito con la finalidad de confirmar si existen nuevos ingresos de aguas superficiales que no estén siendo interceptadas por el canal de contorno.

5°. En caso de existir nuevos ingresos que no estén siendo captados por el canal de contorno, se deberá utilizar maquinaria para realizar la obra de desvío de las aguas en caso de ser posible.

6°. El área de Medio Ambiente deberá realizar una inspección del funcionamiento del sistema de piscinas de sedimentación, con la finalidad de constatar su buen funcionamiento.

7°. El área de Medio Ambiente deberá solicitar los equipos y maquinarias que se encuentren disponibles, para que en el caso de requerir obras adicionales no contempladas en el presente plan, éstas sean ejecutadas de manera oportuna.

b) Colapso del Canal de Contorno

En caso de producirse un colapso del sistema de interceptación de aguas superficiales se deberán implementar las siguientes acciones:

1°. Los capataces y operadores del depósito de relaves deberán verificar mediante una inspección visual, las condiciones que generaron el colapso del canal de contorno, en las obras de captación, disipadores de energía u obra de descarga. En caso de identificar el punto de colapso, se deberá utilizar la maquinaria disponible, para despejar, reparar y garantizar nuevamente el libre escurrimiento del agua superficial, a lo largo de todo el canal.

2°. Finalizados los trabajos de limpieza o reparación del canal de contorno, el área de Medio Ambiente, deberá realizar una inspección en los sectores aguas arriba de los ingresos de aguas superficiales, para verificar de que no existan nuevos puntos de riesgos asociados al deslizamiento de material que pudiesen obturar o dañar las instalaciones del canal de contorno.

c) Derrame Desde Tuberías de Relaves

Ante cualquier derrame o fuga de relaves desde las tuberías (bombas Booster, tuberías de relaves hacia Doña Rosa), las acciones ante esta emergencia serán:

1°. Tan pronto como se detecte o identifique la fuga de relaves, la primera acción será tratar, de manera segura, controlar el derrame hasta donde los medios que se tengan en el momento lo permitan. Posterior a esta primera acción se dará aviso inmediato, mediante comunicación radial o telefónica, al Jefe de Turno Planta.

2°. El Jefe de Turno Planta, se comunicará con Sala de Control (ya sea de la Planta de Pasta o Planta de Procesos) para que desde ahí se comunique y ejecute el paro inmediato del bombeo de relaves. Esta acción deberá realizarse en el menor tiempo posible.

3°. El Jefe de Turno Planta activará de inmediato un equipo de contingencia (maquinaria y personal) para controlar el derrame, posteriormente realizar la limpieza del sector.

4°. El Jefe de Turno Planta, avisará de inmediato al área de Medio Ambiente, ya sea por comunicación radial o a los anexos 318 - 210 de la ocurrencia de un derrame de relaves.

5°. Personal de Medio Ambiente, verificará en terreno que la fuga de relaves no haya alcanzado cuerpos de agua superficial. En caso de que esto haya acontecido, se deberá evaluar el alcance y magnitud del derrame, activando el plan de emergencia y dando inicio al programa de monitoreo de aguas, tomando muestras en el punto donde los relaves alcanzaron el cuerpo de agua superficial y aguas abajo de éste punto.

6°. De forma paralela al punto anterior, y dependiendo de la magnitud del derrame, El departamento de PPRR, iniciará la difusión del evento en las comunidades, según el “Protocolo de Comunicaciones de Emergencias Ambientales” y a las autoridades ambientales, tales como: Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), Dirección General de Aguas (DGA) y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

7°. Una vez terminada la etapa de contingencia, personal de Medio Ambiente, supervisará las obras de limpieza de todo el material derramado.

8°. En el caso de que algún cuerpo de agua superficial haya sido alcanzado por el derrame, personal de Medio Ambiente, continuará realizando un monitoreo de aguas diario y durante una semana, enviando las muestras a un laboratorio externo. Los resultados de los análisis de las muestras serán reportados a las autoridades ambientales mencionadas en el punto sexto.

d) Colapso De Los Muros De Contención Del Depósito De Relaves:

El colapso de los muros de contención, es uno de los peores eventos que puede ocurrir en un depósito de relaves. En esta situación, las acciones ante esta emergencia serán:

1°. El primer trabajador que detecte el inminente colapso del muro de contención, deberá avisar de inmediato a todas las personas o trabajadores que se encuentren cercanos al depósito o al área de manera de alertarlos del posible evento. En caso contrario, si el colapso ya ha ocurrido, deberá dar aviso inmediato a las áreas de Planta, Medio Ambiente, Prevención de Riesgos.

2°. La Gerencia general deberá inmediatamente disponer de toda la maquinaria y equipos de faena y realizar un llamado a todas las áreas solicitando todo el personal posible para destinarlos completamente a labores de contingencia. Al mismo tiempo, Planta evaluará la suspensión de la operación.

3°. Personal de Medio Ambiente, constatará en terreno el colapso del muro y la existencia de derrames de relave y que éstos no hayan alcanzado cuerpos de agua superficial. De ocurrir tal evento, se deberá evaluar el alcance y magnitud del derrame, activando el plan de emergencia y dando inicio al programa de monitoreo de aguas, tomando muestras en el punto donde los relaves alcanzaron el cuerpo de agua superficial y aguas abajo de éste punto.

4°. De forma paralela a lo anterior, y dependiendo de la magnitud del derrame, el área de PPRR iniciará la difusión del evento en las comunidades, según el “Protocolo de Comunicaciones de Emergencias Ambientales” y a las autoridades ambientales, tales como: Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), Dirección General de Aguas (DGA) y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

5°. La Gerencia General dará aviso al Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) del evento sucedido, independiente de sus consecuencias.

6°. Una vez terminada la etapa de contingencia, personal de Medio Ambiente, supervisará las obras de limpieza de todo el material derramado en caso de tal evento.

7°. En el caso de que algún cuerpo de agua superficial haya sido alcanzado por el derrame de relaves, personal del Medio Ambiente, continuará realizando un monitoreo de aguas diario y durante una semana o más, enviando las muestras a un laboratorio externo. Los resultados de los análisis de las muestras serán reportados a las autoridades ambientales mencionadas en el punto cuarto.

e) Rotura De Tuberías De Aguas De Contacto:

En la eventualidad de producirse una fuga desde las tuberías de aguas de contacto, éstas serán derivadas a las piscinas VLP

12.3 Medidas Complementarias

En virtud de que los eventos de emergencia que pudiesen afectar la operación del depósito de relaves Doña Rosa, están asociados principalmente a las condiciones climáticas, es necesario realizar actividades tendientes a monitorear permanentemente las condiciones o estado de las instalaciones del Depósito Doña Rosa. Para ello se considera lo siguiente:

a) Personal de Medio Ambiente y Planta deberán realizar inspecciones permanentes de todas las instalaciones del depósito, para definir, en caso de necesitarlo, acciones tendientes a solucionar eventuales condiciones de riesgo o sub-estándar que condicionen el normal funcionamiento de dichas instalaciones.

b) El área de PPRR/Medio Ambiente deberá contar con un kit de monitoreo de manera permanente, que esté operativo en casos de emergencia.

c) La Superintendencia de Operaciones Planta, deberá realizar la limpieza del sistema de intercepción de aguas superficiales (canal de contorno, disipadores de energía, obras de captación y obra de descarga) y piscinas de sedimentación, cuando éstas superen el 40% de contenido de sedimentos en relación a su capacidad total.

RECEPCION DE PROCEDIMIENTO

Acuso recepción conforme de copia del procedimiento denominado: “OPERACIÓN DE DEPOSITOS DE RELAVES PLANTA DE PROCESOS”, establecido por Sociedad Minera Pacifico del Sur SPA.

Al respecto manifiesto, haber recibido una instrucción adecuada sobre las materias contenidas en el procedimiento de operaciones más arriba indicado.

Por otra parte, manifiesto mi voluntad de acatar, aplicar y respetar las regulaciones y obligaciones establecidas en este procedimiento de operaciones.

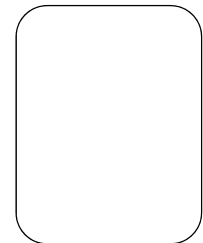
Nombre del trabajador

Cédula de identidad =

Cargo

Fecha recepción

Firma :



Huella dactilar

Supervisor que capacitó e instruyó

Firma :