
**ESTUDIO
“RIESGO Y MODIFICACIÓN PRMS
FALLA SAN RAMÓN”**

ID N° 640-27-LP10

RESUMEN EJECUTIVO

Enero 2012

ÍNDICE

1	PRESENTACIÓN	3
2	INTRODUCCIÓN	4
3	RESUMEN DE PELIGROSIDAD	6
3.1	Falla San Ramón y Peligro Sísmico	6
3.2	Falla San Ramón y Ruptura Superficial	9
3.3	Conclusiones.....	12
4	RESUMEN DE VULNERABILIDAD	13
4.1	Vulnerabilidad Sísmica	13
4.2	Vulnerabilidad Ruptura Superficial.....	14
5	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE RIESGO	17
5.1	Área de riesgo sísmico.....	17
5.2	Área de riesgo de ruptura superficial por falla activa.....	19
6	MARCO NORMATIVO APLICABLE	22
6.1	Normas Legales y Reglamentarias de base	22
6.1.1	Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC).....	22
6.1.2	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)	22
6.2	Instrumentos de Planificación Territorial	24
6.2.1	PRMS.....	24
6.2.2	Planes Reguladores Comunes	25
6.3	Normas técnicas.....	25
7	EXPERIENCIA INTERNACIONAL RELEVANTE	27
7.1	Zonificación sísmica.....	28
7.1.1	Proyecto PREDECAN (Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina).....	28
7.2	Áreas de ruptura en superficie por fallas activas.....	29
7.2.1	El caso de California.....	30
7.3	Síntesis de revisión de experiencias internacionales	32
8	RECOMENDACIONES DE GESTIÓN	34

1

PRESENTACIÓN

El proyecto “Estudio de Riesgo y Modificación PRMS Falla San Ramón” tuvo como objetivo general la evaluación del peligro sísmico asociado a la Falla San Ramón (FSR) en la zona oriente de Santiago, entre los ríos Maipo y Mapocho, orientado a proponer una modificación en consecuencia del PRMS. En una primera fase del Estudio se configuró el universo de información existente y una propuesta de generación de información y registros propios; tanto en el análisis científico-técnico de la FSR, así como de los antecedentes a considerar en el análisis de la vulnerabilidad del territorio y normas aplicables.

Así, el Estudio abordó en forma paralela la profundización del conocimiento sobre la amenaza natural que representa la FSR sobre el territorio acotado y, por otro lado, el estudio de las consideraciones normativas y de gestión aplicables frente al riesgo asociado, en atención al marco normativo regional, nacional y experiencias externas que aporten a la sustentación de criterios aplicables frente a un fenómeno singular, como lo son los efectos probables de una falla geológica activa, como la Falla San Ramón.

En el segundo informe se dio cuenta principalmente, de los resultados de los ensayos y prospecciones realizadas en el área de estudio, los que permitieron caracterizar el fenómeno y concluir con la identificación de la peligrosidad, la cual determinó el territorio sobre el que se hizo el análisis de la vulnerabilidad actual y de la vulnerabilidad probable que podría consolidarse en un escenario futuro, bajo las normas hoy vigentes del PRMS y de los planes reguladores comunales.

El informe final se centró básicamente en la formulación de lineamientos de gestión y propuestas para la incorporación posterior de disposiciones normativas de riesgo asociadas a la falla San Ramón en el PRMS y otros instrumentos o recursos legales, teniendo presente que los fenómenos descritos dan cuenta de la presencia de dos situaciones diferentes. Por una parte se deben abordar los potenciales efectos de un sismo generado en la activación de la Falla San Ramón, y por otra, el efecto de ruptura superficial en la faja de la traza de la falla.

2 INTRODUCCIÓN

La Falla San Ramón es una estructura geológica que limita el valle de la Depresión Central con el frente cordillerano. Estudios recientes han evidenciado que es una falla de mecanismo inverso que, morfológicamente, sobrepone las rocas del frente cordillerano a los sedimentos de la Depresión Central (Rauld, 2002; Armijo et al., 2010) y que corresponde a una falla activa (Rauld, 2002; Pérez et al., 2009; 2010; Armijo et al., 2010).

El fin de esta etapa de desarrollo en el Estudio es formular las bases para una propuesta normativa frente al riesgo sísmico originado por la activación de la Falla San Ramón (FSR), el que está determinado por los niveles de peligrosidad detectados, la vulnerabilidad actual de los territorios afectados y la demanda potencial de uso que éstos tendrán en la aplicación de las políticas de desarrollo metropolitano y local. Ello, en el entendido que las restricciones por riesgo deben considerar tanto la prevención de la ocupación territorial, como la regulación o control restrictivo de los actuales emplazamientos.

El análisis científico-técnico tuvo por fin en este Estudio, la “evaluación del peligro sísmico”, mediante análisis de paleosismología, geotecnia y monitoreo sismológico, concluyendo en la determinación del “máximo sismo creíble” y sus efectos en cuanto a ruptura superficial de la falla y el sismo generado sobre el territorio de Región Metropolitana.

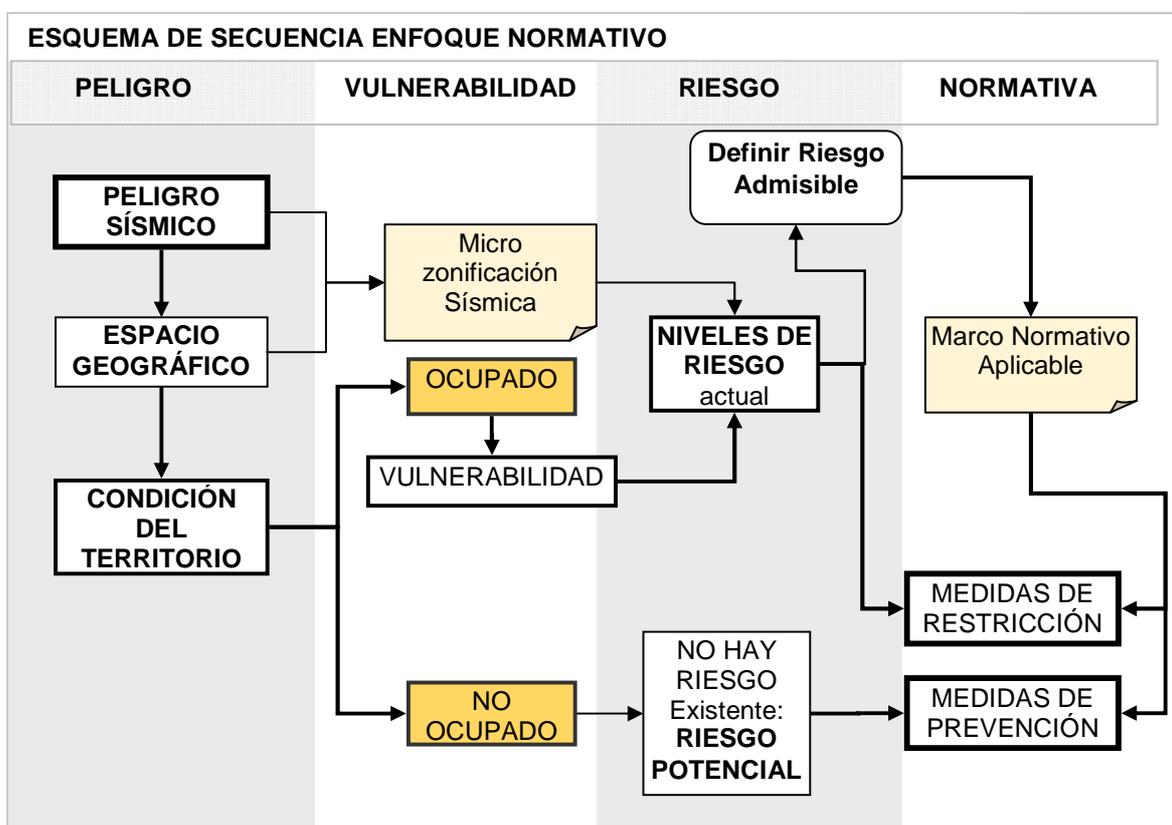
El análisis territorial-normativo por su parte, analizó la “Condición del Territorio”, primero en cuanto a su **ocupación y condición normativa**. Ello por cuanto sobre los territorios no ocupados no se constituye hoy un riesgo y su regulación (en caso de ser áreas normadas) debieran tener una orientación **preventiva**. En el caso de territorios ocupados, se sugiere que la orientación sea **restrictiva** y ella operará en función de los **Niveles de Riesgo** que presenta particularmente cada territorio, lo que se basa en la **Vulnerabilidad** de éstos y la localización dentro de la **Zonificación Sísmica**.

Sabemos que el nivel de riesgo depende de la existencia de asentamientos humanos, infraestructura y edificaciones, a lo que se agregan conceptos de “permanencia”, intensidad de uso y tipo de actividad. Aspectos que están directamente relacionados con materias afectas a normativas de ordenamiento territorial y normas de edificación, calidad de materiales, entre otras.

$$\text{Riesgo (R)} = \text{Amenaza (A)} \times \text{Vulnerabilidad (V)}$$

Visto así el riesgo se puede potenciar cuando aumenta la peligrosidad (amenaza) o cuando aumenta la vulnerabilidad. En consecuencia, podemos decir que si bien la **peligrosidad** sísmica (potencial de la Falla San Ramón) no es regulable o programable, sí lo es el manejo del **riesgo**, en la medida que se regule la **vulnerabilidad** del área potencialmente afectada, ya sea por acción directa sobre ésta o por la planificación normativa que ordena el desarrollo, ocupación o transformación del territorio.

En el esquema siguiente, se expone la secuencia metodológica seguida para llegar a resultados y los pasos que deberán darse para la formulación de la normativa requerida.



El objetivo de la propuesta se enmarca entonces, en el control o disminución de la vulnerabilidad del sector donde la Falla San Ramón presenta peligro sísmico, mediante la zonificación o regulación normativa de competencia del PRMS, para el área normada.

3 RESUMEN DE PELIGROSIDAD

La amenaza originada por la activación de la Falla San Ramón se expresa en dos tipos diferentes de peligro. Por una parte, se ha caracterizado la ocurrencia de un sismo que afectará a la región, y por otra, un proceso físico de ruptura superficial a lo largo de la traza de la falla.¹ En este apartado se resumen ambos fenómenos y sus efectos sobre el área de estudio.

3.1 Falla San Ramón y Peligro Sísmico

La estimación del peligro sísmico asociado a la Falla San Ramón se realizó mediante la aproximación determinística, pues al momento de realizar el presente estudio no se tenían los antecedentes suficientes para hacer una caracterización probabilística de la Falla. En estudios posteriores se debería suplir esta deficiencia, permitiendo realizar los cálculos probabilísticos.

Para estimar las capacidades sismogénicas de la Falla San Ramón, se utilizaron regresiones hechas con datos de todo el mundo, las cuales relacionan el largo de ruptura observado en superficie, los desplazamientos promedios en la falla y la magnitud máxima esperada (Wells & Coppersmith, 1994). Considerando los datos de la Falla San Ramón, se utilizó la magnitud máxima que se puede esperar ($M_w=7.4$). Dado este valor, se estimó las aceleraciones horizontales máximas (PGA) que puede producir la Falla San Ramón, considerando el efecto de bloque colgante (hanging-wall) hacia el Este. Además, se consideró un suelo Tipo II, similar a las gravas consolidadas del Maipo y el Mapocho. Otro aspecto que se consideró fue el efecto de la cuenca de Santiago, con un valor de profundidad promedio de 300 m. Haciendo uso de la ley de atenuación definida por Campbell & Bozorgnia (2008), se obtienen los valores de PGA presentados en la Tabla 2.1 y en la Figura 3.1.

Tabla 3.1. Valores de la aceleración horizontal máxima (PGA) en función de la distancia, para un evento de magnitud $M_w=7.4$.

Distancia hacia el Oeste (km)	PGA (%g)
2.0	47.0
5.0	37.0
10.0	26.0
Distancia hacia el Este (km)	PGA (%g)
2.0	70.0
7.9	47.0
11.5	37.0
14.7	26.0

¹ Ver Anexo Paleosismología, que aporta los detalles de los resultados de la investigación realizada.

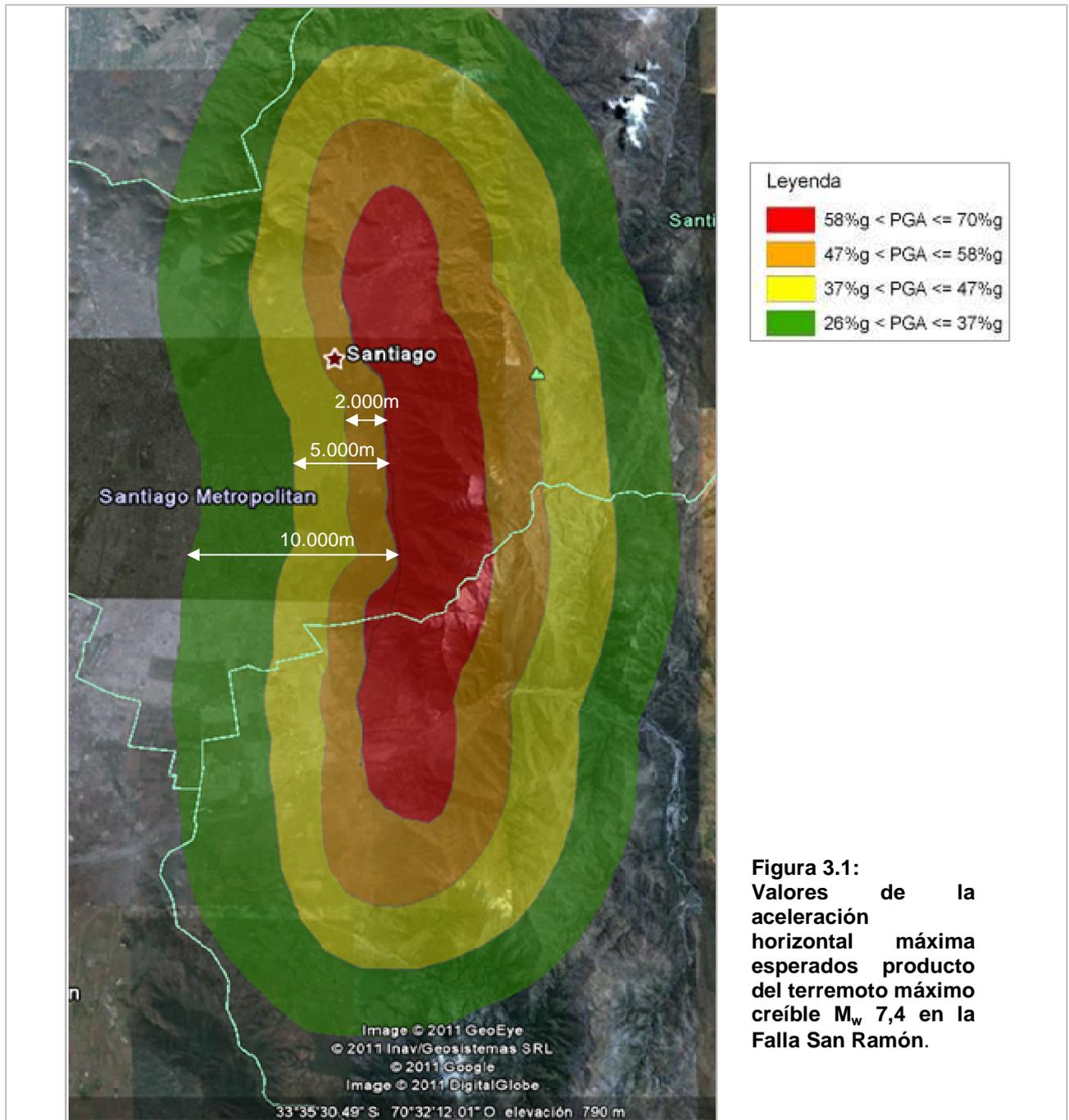


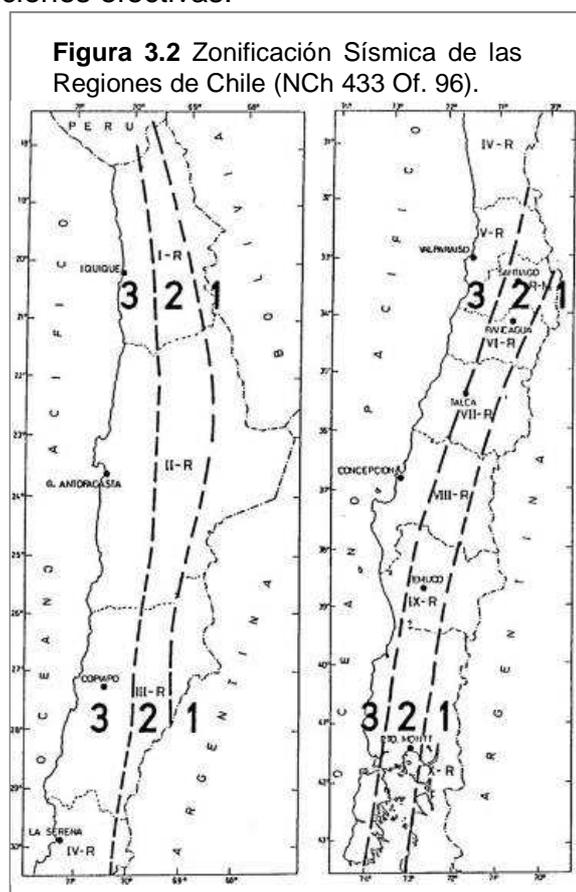
Figura 3.1:
Valores de la
aceleración
horizontal máxima
esperados producto
del terremoto máximo
creíble M_w 7,4 en la
Falla San Ramón.

De la Figura 3.1 es posible ver que las aceleraciones horizontales máximas alcanzan valores del 70% g hacia el lado Este de la Falla San Ramón, dando énfasis al impacto del efecto de bloque-colgante.

En Chile existe una zonificación sísmica normada en la Norma Chilena (NCh 433 Of. 96) que relaciona la profundidad del foco con la magnitud de los sismos e indica normas de diseños. En esta norma, el territorio nacional está dividido en tres secciones, según su grado de sismicidad, siendo la de mayor peligrosidad la Zona 3, con $A_0=0.4g$, y la menor, la Zona 1 con $A_0=0.20g$. La Zona 2 se asocia a $A_0=0.30g$ (Aguiar, 2004). A_0 corresponde a aceleraciones efectivas.

La aceleración horizontal máxima (PGA) es el parámetro más utilizado para caracterizar el movimiento fuerte del terreno, a pesar de que son los parámetros espectrales los que mejor describen su potencial de transmisión de energía hacia estructuras civiles. La aceleración efectiva, que se define como el valor de pseudoaceleración que está más estrechamente relacionado con la respuesta estructural y el potencial de daños de un sismo, es un parámetro más estable y adecuado (Laporte, 2006). Cabe señalar que la aceleración efectiva es menor a la aceleración máxima horizontal (PGA). En Llole por ejemplo, ubicado en la Zona 3, la aceleración máxima (PGA) para el terremoto de 1985 alcanzó 0,6g.

De acuerdo a la norma, el área de estudio se ubica en la zona 2.



En este estudio, el PGA asociado a la Falla San Ramón, supera por el oeste un valor de 0,26g, considerado el valor regional de sismicidad para la zona, a los 10 km de la falla (verde en la figura). Entonces, desde este punto hacia el este se puede suponer que la falla causa un peligro mayor al peligro sísmico regional dado por todas las fuentes. Sin embargo, cabe señalar que el PGA es superior a la aceleración efectiva, pero esta última no es bien definida en la Norma y se supone comparable al PGA.

3.2 Falla San Ramón y Ruptura Superficial

Esta falla se manifiesta en superficie a través de escalones morfológicos que desplazan la superficie del terreno. La magnitud de los saltos se asocia con la edad de los rasgos desplazados paulatinamente por la falla, de modo tal que las superficies más antiguas se encuentran desplazadas decenas de metros, mientras que las más recientes se encuentran desplazadas algunos metros (entre 3 y 200 m; Armijo et al., 2010; Rauld, 2011). La traza de la falla se ha definido a los pies de los escarpes, es decir, de los cambios de pendiente del terreno en los escalones morfológicos, a escala de su cartografía entre los ríos Maipo y Mapocho, apoyada con observaciones de campo de carácter estructural (Armijo et al., 2010; Rauld, 2011).

La traza de la FSR ha sido definida recientemente por Armijo et al. (2010) y Rauld (2011). La realización de trincheras en un sector cercano a la quebrada Macul, en uno de los escarpes más recientes asociados a la FSR, permitió precisar las observaciones respecto de la manifestación en superficie de esta estructura. Se realizaron dos trincheras en forma perpendicular al escarpe de falla más reciente, en un sector ubicado inmediatamente al norte de la quebrada de Macul. Se eligió este sitio debido a que en él se observaron escarpes recientes que afectan las unidades de abanicos aluviales más jóvenes del piedemonte en el sector oriente de Santiago (Armijo et al., 2010), y también debido a que la ausencia o escasa urbanización en el sector facilitó la realización de las excavaciones.

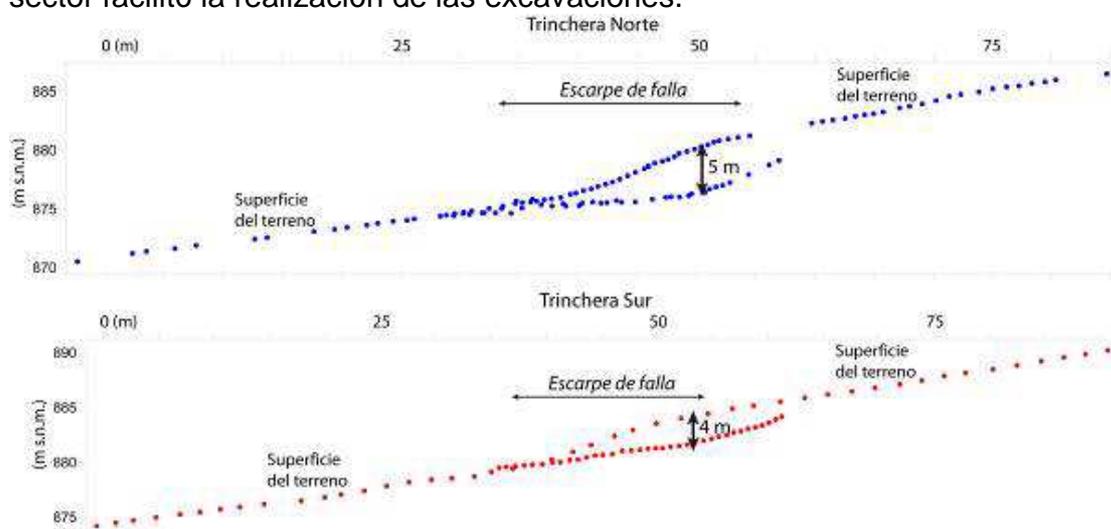


Figura 3.3. Perfiles topográficos de detalle realizados con GPS diferencial a lo largo de cada una de las dos trincheras excavadas en el escarpe de falla más reciente de la Falla San Ramón, en un sector inmediatamente al norte de la quebrada Macul.

Se observa que el escarpe de falla corresponde al incremento de la pendiente de la superficie del terreno; ésta es mayor en la zona del escarpe, respecto de antes y después del mismo. El escarpe se asocia a un desnivel o desplazamiento vertical de la superficie del terreno, del orden de 5 m en el caso de la Trinchera Norte y 4 m en la Trinchera Sur. Estos resultados permitieron precisar la magnitud de los saltos verticales asociados al escarpe de falla más reciente de la FSR, respecto de lo expuesto en los trabajos de Armijo et al. (2010) y Rauld (2011). El escarpe, en este caso, se extiende transversalmente a lo largo de 15-20 m, y su pendiente es el resultado de la actividad reciente de la falla, por una parte, y de la erosión del mismo, por otra.

Ambas trincheras muestran que las estructuras asociadas a la Falla San Ramón alcanzan la superficie del terreno en la zona media basal del escarpe. En ambas trincheras la continuidad estratigráfica de los depósitos que conforman la superficie del terreno se encuentra interrumpida por la falla. La Trinchera Norte mostró en forma más clara tanto la estructura asociada a la falla, como la estratigrafía de los depósitos afectados por la misma.

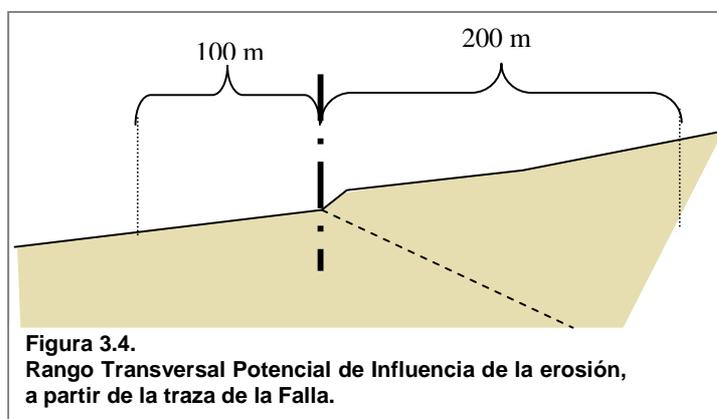
Los resultados de análisis radiocarbono realizados a partir de muestras de sedimento de la Trinchera Norte, con el fin de obtener edades del material afectado por la falla, fueron realizados en el laboratorio *Beta Analytic Inc.*

Las edades radiocarbono obtenidas a partir de la capa cortada por la falla, así como edades obtenidas a partir de una superficie, sugieren que el escarpe puede ser reconstituido por uno o dos eventos de ruptura sísmica en superficie, con posterioridad a 21794 años calibrados AP. En el caso de dos eventos, éstos habrían producido al menos 2,1 m y 2,4 m de deslizamiento a lo largo de la falla con ruptura y desplazamiento en superficie, después de 21794 años Cal. AP, y eventualmente cerca o después de 8400-8433 años Cal. AP, respectivamente. En el caso de un evento, este produjo al menos 4,5 m de deslizamiento a lo largo de la falla con ruptura y desplazamiento en superficie, después de 21794 años Cal. AP.

Los resultados expuestos anteriormente son coherentes con las deducciones de las magnitudes esperables para sismos importantes en la FSR, del orden de Mw 6,7-7,4 (Armijo et al., 2010). Asimismo, confirman que la FSR ha producido ruptura superficial, con al menos desplazamiento vertical concentrado a lo largo de las fallas principales. También, los resultados muestran que la falla es capaz de generar grandes terremotos espaciados por miles de años uno de otro. El o los últimos ocurrieron después de 21794 años Cal. AP y eventualmente 8400-8433 años Cal. AP.

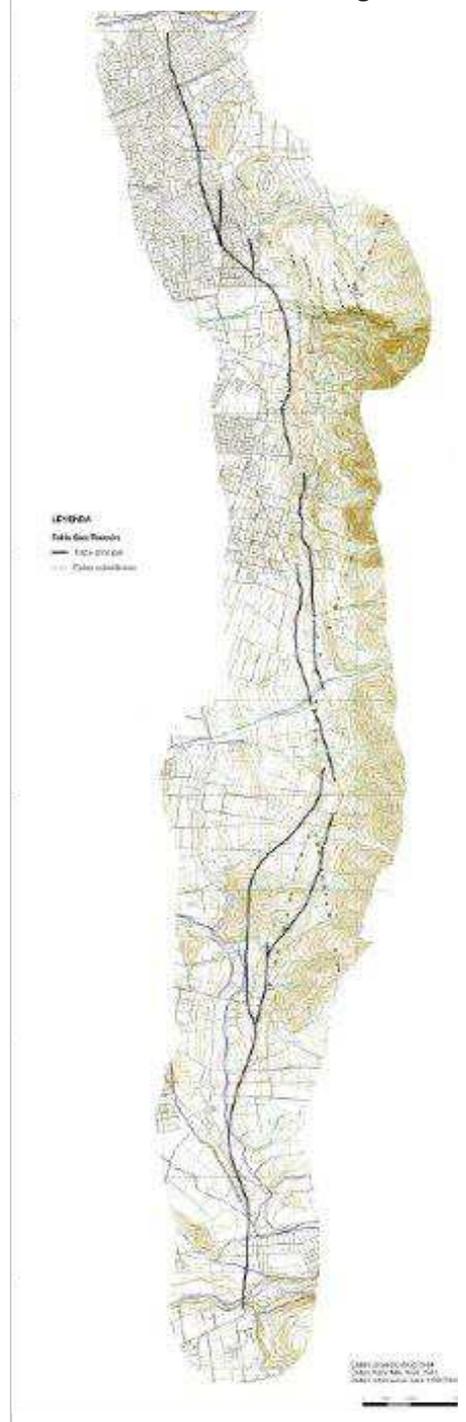
La observación de las trincheras evidenció que la traza o expresión en superficie de esta falla se alcanza en la base o sector medio de los escarpes. De manera transversal, los escarpes de falla se extienden por 15-20 m, hasta algunos cientos de metros (200-300 m).

Considerando la extensión transversal de los escarpes de falla mostrados en Armijo et al (2010) y Rauld (2011), y dado que los escarpes muestran grados de erosión distintos, que ha hecho retroceder su morfología, en este estudio se consideró un rango de **potencial influencia asociada a rupturas superficiales de la FSR de 300 m; 100 m hacia el frente de la falla (oeste) y 200 m hacia atrás (este)**, para efectos de la evaluación del peligro asociado a la misma (Figura 3.4).



Resultados de estudios geofísicos de sismica realizados en el marco de este trabajo en la zona en donde se ubican las trincheras, son coherentes con la geometría de la FSR observada en superficie, y apoyan la idea de una zona del orden de unos cientos de metros (300 m) como ancho de la potencial zona de ruptura.

Figura 3.5.
Traza de la Falla San Ramón en el sector oriente de Santiago.



3.3 Conclusiones

La Falla San Ramón es una falla de mecanismo inverso que, en términos morfológicos y estructurales, sobrepone las rocas del frente cordillerano a los sedimentos de la Depresión Central y que, de acuerdo a los antecedentes evidenciados en este trabajo, corresponde a una falla activa a escala de los últimos 22000 años. Esto implica un potencial de generar terremotos de tipo cortical que por su ubicación y características afectarían de manera importante la zona oriente de Santiago.

Observaciones realizadas a partir de trincheras excavadas en forma transversal al escarpe de falla más reciente cerca de la quebrada Macul, indican que:

- (a) La falla genera **ruptura en superficie**, con desplazamiento vertical del orden de varios metros en un solo evento,
- (b) La ocurrencia de uno o dos grandes eventos sísmicos con ruptura en superficie después de 21794 años calibrados antes del presente y posiblemente 8400-8433 años calibrados antes del presente,
- (c) Dada la geometría conocida de esta estructura, los resultados confirman que las magnitudes esperables para **sismos importantes a lo largo de la FSR serían del orden de Mw 6,7-7,4**, tal como han sugerido trabajos previos (Armijo et al., 2010),
- (d) De acuerdo a los escarpes de falla reconocidos a lo largo de la FSR, junto con las observaciones de las trincheras y resultados de estudios geofísicos realizados en el marco de este trabajo, sugieren que el rango de influencia de la **potencial ruptura en superficie es del orden de 15-20 m hasta 300 m**. Considerar este efecto en la evaluación del peligro sísmico.

Se recomienda fuertemente preservar el sitio en donde se han excavado las trincheras, de modo tal de continuar con las investigaciones paleosismológicas e implementar a futuro un geositio y museo. Esto es crucial para mostrar la FSR a la ciudadanía y a la comunidad científica mundial.

4 RESUMEN DE VULNERABILIDAD

Entendiendo la Vulnerabilidad como las características de la población y sus estructuras en términos de su capacidad para anticipar, soportar, resistir y recobrase de los impactos de una amenaza (*Blaikie et al 1994*), podemos concluir que ante la ausencia de personas o estructuras construidas no existe vulnerabilidad en el territorio, aun cuando éste se encuentre amenazado, identificándose sólo como un área de peligro, sin embargo, en el caso de las áreas Excluidas del Desarrollo Urbano del PRMS si bien no se permite el uso residencial, sí están permitidas para diversos usos las EDIFICACIONES, que es el único componente de vulnerabilidad sísmica que hoy tiene norma de regulación (NCH433), por lo que éstas áreas se incluyen dentro de la vulnerabilidad probable.

En el caso de áreas sujetas a un IPT que regula la ocupación potencial del territorio, podemos hablar de Vulnerabilidad Real o Existente cuando el territorio se encuentra ocupado y de Vulnerabilidad Probable o Proyectada, la que se configuraría ante la ocupación eventual de éste, producto de la aplicación de las normas del instrumento.

En consecuencia, los territorios que se encuentran bajo amenaza y que presentan vulnerabilidad real o probable, se consideran áreas en riesgo, lo que el Estudio ha señalado como Espacio Geográfico de Riesgo Sísmico y Espacio Geográfico de Riesgo de Ruptura Superficial.

Atendiendo que los IPT, en la relación *peligro x vulnerabilidad = riesgo*, sólo pueden aportar en la disminución de la vulnerabilidad para reducir el riesgo, los espacios geográficos de riesgo son las áreas de aplicación para las propuestas normativas, donde las diferenciaciones de tipos y grados de vulnerabilidad serán los factores determinantes en la selección de criterios de regulación.

A continuación entonces se hace un resumen de la vulnerabilidad para las amenazas que se pueden originar de la FSR.

4.1 Vulnerabilidad Sísmica

Para la amenaza sísmica de la FSR, cuyos territorios de alcance con efectos singulares se muestran en figura 3.1 (capítulo 2), el Espacio Geográfico de Riesgo se estableció en el cruce de la extensión de la amenaza con las áreas urbanas, urbanizables y excluidas del desarrollo urbano del Gran Santiago. Estas áreas

constituyen los territorios vulnerables a un sismo provocado por la FSR, el que sería similar a lo que la Norma NCH433 supone para exigencias de la Zona 3 (costera), en consecuencia que para el Gran Santiago aplica hoy la Zona 2, con menores exigencias normativas que la Zona 3. Esta situación sitúa el tema de la vulnerabilidad en forma homogénea para toda el área urbana, urbanizable y excluida del desarrollo urbano, por cuanto el peligro o amenaza que se presenta en esos territorios es ser clasificados en una macrozona con menores exigencias estructurales de edificación que no se condicen con la amenaza de un sismo provocado por la FSR. La diferenciación que se puede hacer es que -al menos en las áreas urbanizables no consolidadas y las excluidas del desarrollo urbano- existe la posibilidad de evitar su ocupación. Por otra parte, si bien la norma NCH433 actualmente no diferencia microzonas dentro de las 3 macrozonas para el país, el mapa de peligro sísmico de este Estudio establece rangos que podrían motivar diferencias de riesgo y con ello exigencias normativas acordes.

La vulnerabilidad sísmica entonces, motivada por la FSR, se basa principalmente en la existencia real o probable de soporte construido (edificaciones e infraestructura), por cuanto la normativa existente se orienta a la regulación de ese factor de vulnerabilidad y no a los de población.

De acuerdo a lo señalado, el riesgo del área afecta a la amenaza sísmica no se verá disminuido por las características de la población o intensidad de uso, sino por la consideración o reclasificación del área en una calificación más exigente contenida en la normativa vigente dirigida a las edificaciones o soporte construido. Es así que podemos decir que toda el Espacio Geográfico de Riesgo Sísmico (graficado en lámina de Zonificación de Riesgo Sísmico) es, desde el punto de vista del soporte construido, altamente vulnerable por encontrarse apto normativamente para ser construido bajo una norma con exigencias menores a las requeridas para la amenaza sísmica que puede provocar la FSR.

4.2 Vulnerabilidad Ruptura Superficial

A partir del mapa de amenaza de ruptura superficial se delimitó el análisis de vulnerabilidad del territorio de la FSR; lo que fue desarrollado a partir de una selección de factores de vulnerabilidad atendiendo la particularidad de la amenaza, sobre la cual hoy no existe una norma específica cuya aplicación asegure mitigar los singulares efectos. Se identificaron así tres grupos de factores: demográficos, socioeconómicos y territoriales, reconociendo ponderaciones diferenciadas en la importancia que cobra cada uno para el caso específico de esta amenaza.

Ponderación que se alcanzó con la aplicación de una evaluación multicriterio, mostrando la siguiente valoración diferenciada de los factores de vulnerabilidad:

Factor	Peso
Densidad	0.250
Niños y Ancianos	0.375
Nivel de Educación	0.068
Ingreso	0.119
Hogar/Vivienda	0.052
Uso del Suelo	0.023
Nivel de Urbanización	0.050
Altura Edificación	0.064

Tratándose de una amenaza con efectos destructivos inmediatos, resulta comprensible que la mayor ponderación de relevancia la presente la densidad y la presencia de ancianos y niños; en tercer lugar el nivel de ingresos, dado la baja capacidad de recuperación de edificaciones eventualmente destruidas.

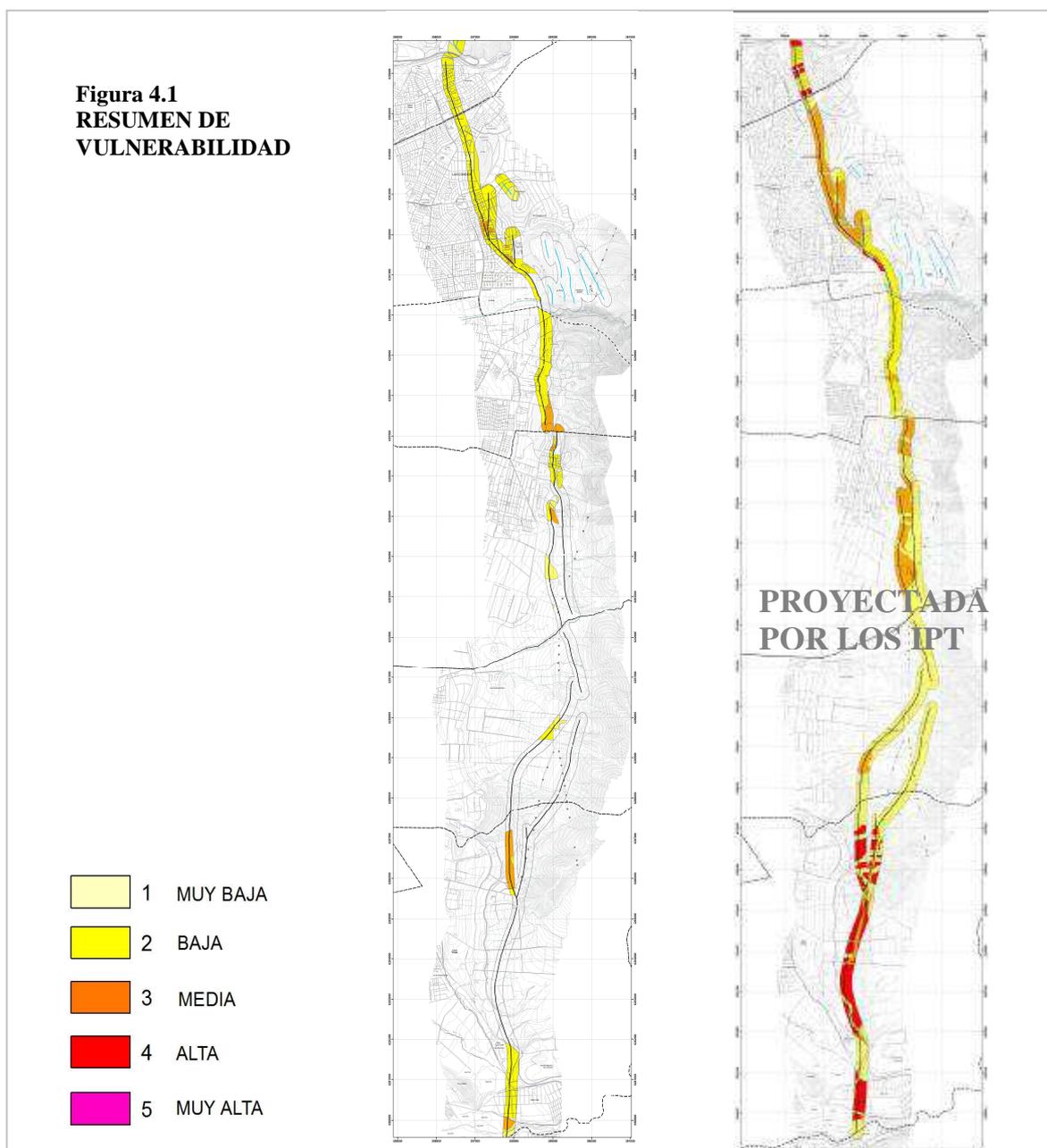
Tabla N°3.1: Pesos factores situación actual

Los resultados del análisis de vulnerabilidad se representaron entonces para situación actual y situación proyectada por los IPT vigentes (PRMS y PRC del área), los que fueron mapeados (Informe Etapa 2) en su versión concluyente, diferenciando los territorios por grado de vulnerabilidad que van desde muy bajo (principalmente áreas desocupadas) a muy alto.

En el caso de la Vulnerabilidad Actual o Real, toda área que hoy no presenta ocupación se excluye de la condición de riesgo, identificándose sólo con la presencia de peligro. Este análisis, si bien representa lo que realmente hoy se encuentra en riesgo, su vigencia es feble, toda vez que a diario estos sectores manifiestan crecimiento en función de los IPT locales o metropolitano.

Por ello es que resulta, para este Estudio, más ajustado a sus objetivos, la consideración de la Vulnerabilidad Proyectada o Probable, que es la que se podría alcanzar en el horizonte de los IPT y su normativa. En este caso se incluyen las zonas no ocupadas, sean éstas urbanizables o excluidas del desarrollo urbano, pues ambas consideran normativamente la instalación de edificaciones en el territorio, que son en rigor los elementos más amenazados por una ruptura superficial de la FSR.

En la figura 4.1 se puede apreciar que al aplicar la vulnerabilidad proyectada, toda el área de peligro a lo largo de la traza de la FSR presenta algún nivel de vulnerabilidad, lo que indicaría que presenta riesgo en todo el Espacio Geográfico de la FSR para ruptura superficial.



Sobre estos resultados se ha hecho una síntesis territorial o delimitación de áreas homogéneas que permiten aprontar la zonificación posterior de riesgo, ver láminas adjuntas de Síntesis de Vulnerabilidad.

5 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE RIESGO

A partir de la identificación de áreas vulnerables, representadas en los respectivos mapas de Espacio Geográfico de Riesgo, se ha identificado las zonas que son materia de riesgo (actual o proyectado) y sobre las cuales se debe formular una estrategia y propuesta normativa que apunte a la mitigación del riesgo mediante el manejo normativo de la vulnerabilidad, concluyéndose en lo que sigue.

5.1 Área de riesgo sísmico

La zonificación del riesgo sísmico, si bien permite una desagregación más pormenorizada para una microzonificación sísmica, en el escenario normativo actual se reconoce como una gran zona urbana, urbanizable y restringida al desarrollo urbano cuyas condiciones actuales de edificación antisísmica, se rigen bajo condiciones que no le son del todo válidas frente a un sismo provocado por la activación de la FSR; lo que no requiere un mayor detalle en tanto no exista una respuesta normativa para una microzonificación sísmica. Bajo esta consideración sólo debiese diferenciarse una zona de riesgo sísmico urbano (urbana + urbanizable) y una zona de riesgo rural (áreas excluidas al desarrollo urbano), la que al margen de las consideraciones normativas del PRMS se encuentra sujeta al Art. 55 de la LGUC, siendo hoy una zona edificable; de hecho la Universidad Adolfo Ibáñez se emplaza allí.

No obstante lo señalado, el Estudio considera pertinente en la Zonificación del Riesgo Sísmico, hacer una zonificación más diferenciada, en función de los niveles de peligro sísmico (aceleraciones horizontales) que ha identificado el análisis técnico. Otra consideración que se ha incorporado, es la diferenciación de territorios normados donde aun no se materializa su ocupación; para ello fue necesario desagregar las áreas urbanizables ya consolidadas, lo que permitiría una propuesta normativa más ajustada a las condiciones actuales del proceso de urbanización del área afectada por el peligro sísmico de la FSR.

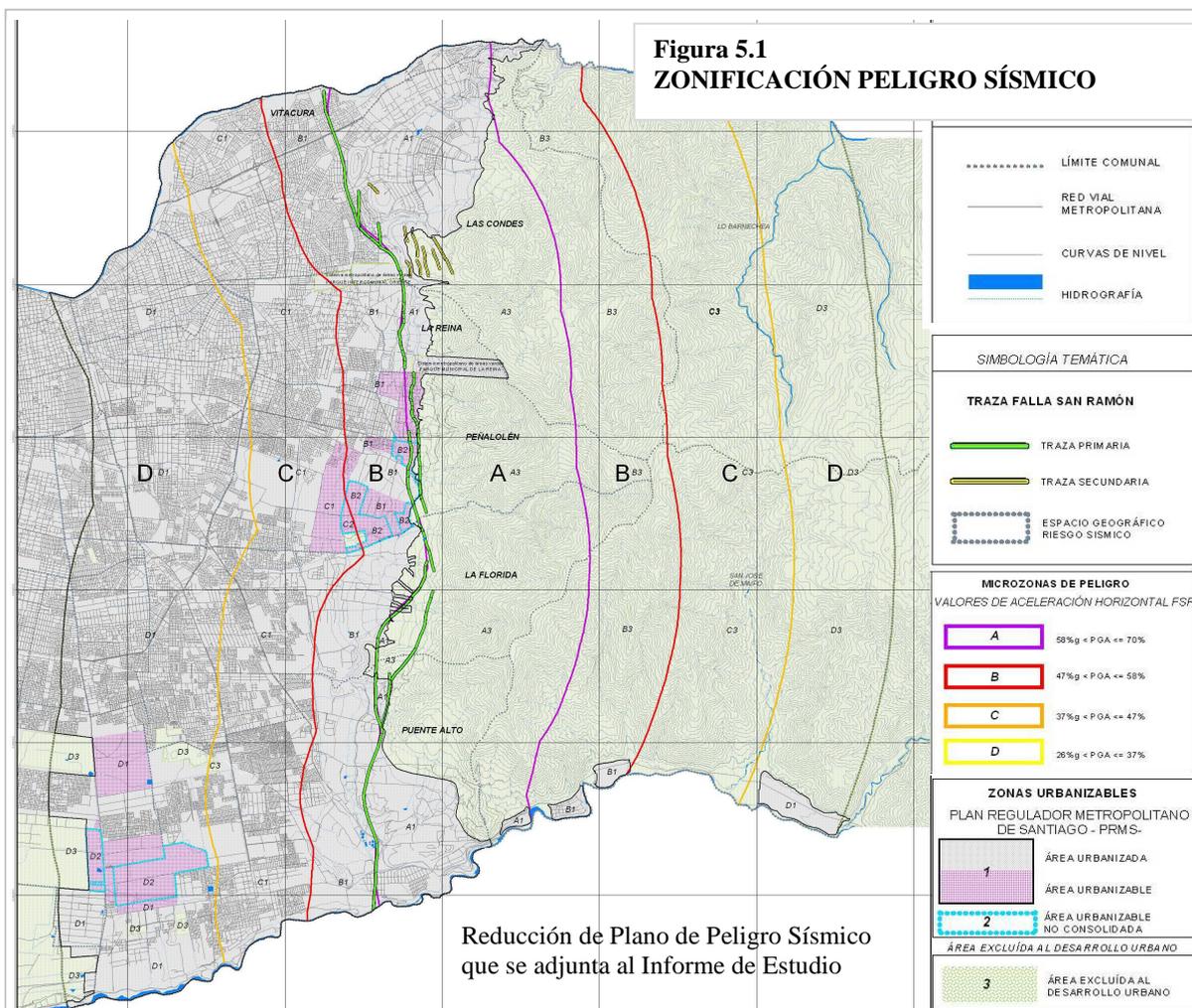
Finalmente, en el Plano de Zonificación del Riesgo Sísmico se diferencian áreas en función de su condición de vulnerabilidad y del grado de peligro sísmico que presentan conforme a rango de aceleración horizontal; los que en todo caso se encuentran por sobre lo considerado para las exigencias normativas de la Zona 2 de la NCH433. La zonificación que se plantea entonces sería aplicable a un escenario normativo que hoy no existe, pero que se propone como necesario de comprender, en la expectativa de gestiones complementarias que aborde la autoridad sectorial a la luz de los resultados del presente Estudio.

ZONAS DE RIESGO SÍSMICO ASOCIADO A LA FSR.

	PELIGRO SÍSMICO (ACELERACIONES HORIZONTALES) DE MAYOR A MENOR			
VULNERABILIDAD	A 26%g < PGA<= 37%	B 37%g < PGA<= 47%	C 47%g < PGA<= 58%	D 58%g < PGA<= 70%
URBANO Y URBANIZABLE CONSOLIDADO	A-1	B-1	C-1	D-1
URBANIZABLE NO CONSOLIDADO	A-2	B-2	C-2	D-2
EXCLUIDO DEL DESARROLLO URBANO	A-3	B-3	C-3	D-3

Propuesta hacia una microzonificación sísmica con fines normativos.

En esta forma se representaría una diferenciación del riesgo donde “A” representa el mayor peligro y “1” la mayor consolidación actual.



5.2 Área de riesgo de ruptura superficial por falla activa

En el caso de la ruptura superficial, los resultados de la síntesis de vulnerabilidad sobre el mapa de Espacio Geográfico de Riesgo, permiten diferenciar las siguientes situaciones de riesgo:

Riesgo Actual: Se refiere a territorios ocupados y normados por un IPT donde se presenta riesgo, es decir, existen edificaciones habitadas y ocupadas por actividades urbanas que resultarían gravemente dañadas. En este caso se encuentran principalmente sectores

pobladors de Puente Alto y Las Condes, en menor grado La Reina y Peñalolén.

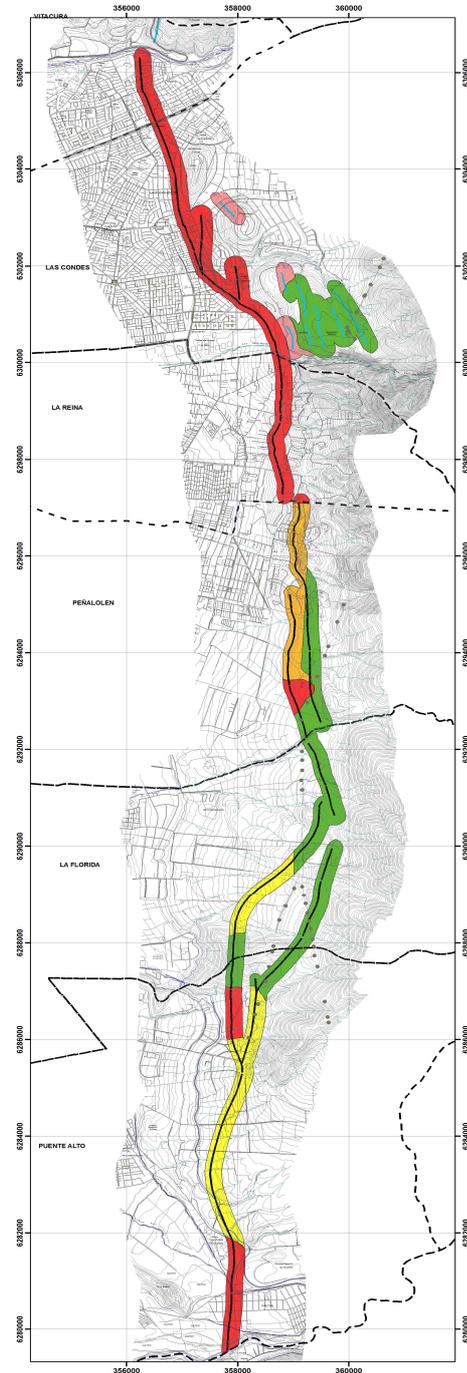
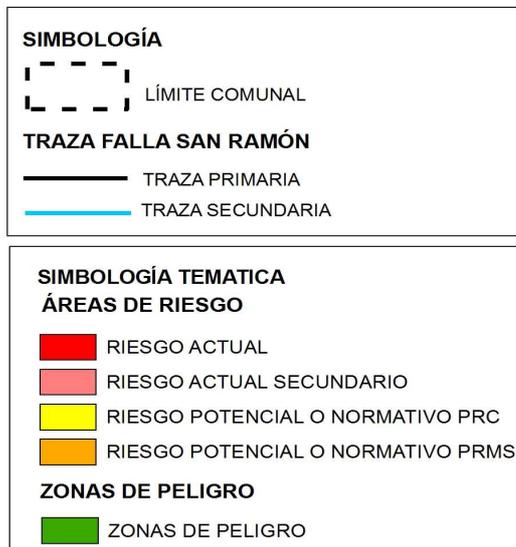
Riesgo Potencial PRMS: Territorios que si bien presentan baja ocupación y vulnerabilidad actual, el PRMS contempla su ocupación como áreas urbanizables contemplando el uso residencial, lo que aumentaría su vulnerabilidad en el escenario de ese plan.

Riesgo Potencial PRC: Se trata de territorios urbanos no consolidados o de baja ocupación actual, los que conforme a sus respectivos PRC son potencialmente construibles y densificables en el horizonte de sus respectivos IPT.

Zona de Peligro: Corresponde a áreas bajo amenaza de ruptura superficial, las cuales normativamente no se encuentran habilitadas para ser habitadas y que no presentan ocupación actual, sin embargo contemplan el emplazamiento de edificaciones para usos educacionales, turísticos, científicos, entre otros; por lo que podrían constituirse en zonas de riesgo.

Sobre esta base de riesgos diferenciados, debiesen aplicarse las restricciones normativas del PRMS, en función de la competencia del instrumento y las consideraciones de clasificación de riesgo que contempla la OGUC (ver Marco Normativo Aplicable).

Figura 5.2
ÁREAS EN RIESGO POR
RUPTURA SUPERFICIAL



6 MARCO NORMATIVO APLICABLE

Mediante la revisión de las disposiciones vigentes de nuestra legislación, relativas a la consideración de los fenómenos sísmicos en la planificación territorial y las edificaciones, las que se establecen en tres niveles, Normas Legales y Reglamentarias, Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) y Normas Técnicas, se definieron las bases que permitirán formular una propuesta normativa frente al riesgo originado por la Falla San Ramón (FSR), el que está determinado por los niveles de peligrosidad detectados, la vulnerabilidad de los territorios y la demanda potencial de uso que éstos tendrán en la aplicación de las políticas de desarrollo metropolitano y local. Ello, en el entendido que las restricciones por riesgo deben considerar tanto la prevención de la ocupación territorial, como la regulación o control restrictivo de los actuales emplazamientos.

6.1 Normas Legales y Reglamentarias de base

Se consideraron las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) y de su Ordenanza (OGUC), ya que dan el marco al diseño y contenidos específicos de los instrumentos de planificación territorial.

6.1.1 Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC)

La LGUC no aborda directamente esta materia, refiriéndose en general solo a terrenos que pudieran “no ser edificables” por su especial naturaleza y ubicación. Es decir, no concibe la definición de áreas de riesgo como tales:

Artículo 60º.- El Plan Regulador señalará los terrenos que por su especial naturaleza y ubicación no sean edificables. Estos terrenos no podrán subdividirse y sólo se aceptará en ellos la ubicación de actividades transitorias, manteniéndose las características rústicas del predio. Entre ellos se incluirán, cuando corresponda, las áreas de restricción de los aeropuertos.

Esta insuficiencia requiere ser corregida, de modo de clarificar desde la ley la afectación sobre predios privados derivada de la aplicación de restricciones a su uso y ocupación.

6.1.2 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)

La OGUC trata en diversas partes esta materia, aunque las definiciones principales están dadas en el siguiente artículo, del cual se transcriben los contenidos atingentes:

Artículo 2.1.17. En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos.

Dichas áreas, se denominarán “zonas no edificables”² o bien, “áreas de riesgo”, según sea el caso, como se indica a continuación:

...

Por “áreas de riesgo”, se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

Las “áreas de riesgo” se determinarán en base a las siguientes características:

1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
3. **Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.**
4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Haciendo una interpretación amplia, se podría considerar que se incluyen los efectos provocados por la activación de una falla geológica, es decir, la ruptura superficial y el sismo asociado. Sin embargo, esta interpretación debería estar refrendada por la DDU del MINVU, lo que permitiría zonificar las áreas urbanas y urbanizables como áreas de riesgo sísmico por activación de una falla geológica.

Esta consideración normativa, en lo relativo a constituir edificaciones en territorios afectos a amenazas naturales, encuentra procedimiento para su exigencia en las condiciones de edificación que deben establecer las Direcciones de Obras Municipales (DOM), lo que debe representarse en el Certificado de Informaciones Previas:

Art. 1.4.4...“En el Certificado de Informaciones Previas, el Director de Obras Municipales podrá exigir que se acompañe a la solicitud de permiso un informe sobre calidad del subsuelo, de acuerdo al artículo 5.1.15. de esta Ordenanza.”

Art. 5.1.15. “En la solicitud de permiso de edificación se incluirá un informe sobre la calidad del subsuelo o sobre posibles riesgos provenientes de las áreas circundantes y las medidas de protección que se adoptarán, en su caso, si lo hubiere requerido el Director de Obras Municipales en el Certificado de Informaciones Previas.”

En consecuencia, la identificación de áreas de riesgo por sismo (efecto sísmico de la activación de la falla), como desastre natural, puede orientar al menos, la necesidad de formular la exigencia por parte de las DOM, de un informe sobre la calidad del suelo a las nuevas edificaciones en las áreas en que se advierten condiciones geológicas singulares frente a un sismo.

² Este tipo de zona se refiere exclusivamente a terrenos o fajas afectados por la presencia de infraestructura peligrosa.

Por su parte, la definición de una zona de ruptura superficial está completamente amparada por las disposiciones del Artículo 2.1.17.

6.2 Instrumentos de Planificación Territorial

En el área estudiada se encuentran en aplicación las disposiciones del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) y los planes reguladores comunales de todas las comunas cruzadas por la traza de la FSR.

6.2.1 PRMS

El PRMS debiese ser el principal referente en la consideración del riesgo sísmico en la habilitación normativa de ocupación urbana de éstos. Sin embargo, ello debe hacerlo en el marco de la competencia que le impone la LGUC y especialmente la OGUC, norma legal de base que establece específicamente cuáles serán las “áreas de riesgo” consideradas en la restricción al desarrollo urbano o a las edificaciones y donde no se encuentra mencionado el riesgo sísmico propiamente.

No obstante lo anterior, el PRMS en su actual Ordenanza, contempla “áreas de alto riesgo para los asentamientos humanos, de riesgo de origen natural”, señalando “Se consideran en esta categoría las siguientes áreas: las que presentan **fallas geográficas y/o inestabilidad a los sismos;**...”, abriendo cabida a la restricción normativa en función de particularidades territoriales frente a un sismo originado por una falla (aunque habría que corregir a “falla geológica”³).

También y en el tratamiento específico de los Rellenos Sanitarios, reconoce la existencia de “zonas de fallas geológicas activadas por sismo”

Artículo 8.2.1. De Riesgo de Origen Natural:

Se consideran en esta categoría las siguientes áreas: las que presentan fallas geográficas y/o inestabilidad a los sismos; las volcánicas; las de inadecuada constitución del terreno para la fundación de estructuras; las de deslizamientos de materiales o sedimentos; las de inundación por aluvión o avenidas; las de avalanchas de nieve, derrumbes y corrientes de barro, las de concentración de aguas provenientes de las precipitaciones y las áreas afectadas por otros riesgos naturales potenciales de tipo geológico, geomorfológico, hidrológico y climático.

Lo principal, es que este instrumento tiene la competencia para establecer áreas de riesgo, las que rigen por sobre las disposiciones de los PRC. En principio, y sin ninguna discusión, la franja de ruptura superficial.

³ De hecho, hace la corrección en el Artículo 8.3.2.4. Proyectos con Desarrollo Urbano Condicionado.

6.2.2 Planes Reguladores Comunes

La actualización de los planes reguladores comunales del sector oriente de Santiago han extendido el área urbana de su competencia, reduciendo el área de aplicación correspondiente al PRMS.

Los PRC vigentes son los siguientes:

VITACURA: DO 30/12/1999, RES 59 1999 del GOBIERNO REGIONAL METROPOLITANO.
Este PRC tiene diversas actualizaciones.

LAS CONDES: DO 3/02/2005, RES 8/95 del GOBIERNO REGIONAL METROPOLITANO.
Este PRC tiene diversas actualizaciones, algunas de las cuales se encuentran en curso.

LA REINA: DO 09/09/2010 DECRETO 1.516 2010 MUNICIPALIDAD DE LA REINA,
promulgación modificación PRC La Reina.
Este PRC tiene diversas actualizaciones y una modificación general en proceso de aprobación.

PEÑALOLÉN: DECRETO Nº 55, Aprobación PRC Peñalolén 20/06/1989 MINVU
Este PRC tiene diversas actualizaciones.

LA FLORIDA: DO 17/08/2001. MUNICIPALIDAD DE LA FLORIDA, Modificación PRC.
Este PRC tiene diversas actualizaciones.

PUENTE ALTO: DO 25/04/2003, MUNICIPALIDAD DE PUENTE ALTO, Aprobación PRC

En ninguno de ellos se reconoce el riesgo relacionado con la FSR.

6.3 Normas técnicas

Norma NCh 433: La actual versión corresponde a una revisión del documento oficializado en 1993 y actualizado por última vez en 1996. Está orientada a lograr estructuras que resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad moderada, limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad y, aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad severa. Establece requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios de acuerdo al área en que serán construidos y al uso que se dará a la estructura.

- Zonificación sísmica. La zona costera, con suelos más blandos y riesgosos, obliga a una mayor rigidez en sus cimientos. Esta área incluye toda la costa, desde el Norte Grande hasta Puerto Montt. Para la zona central, basta una rigidez intermedia y contempla hasta la isla de Chiloé. Para la zona cordillerana (desde el altiplano hasta Tierra del Fuego), con suelos de roca firme, una menor rigidez.

- Clasificación de edificios y estructuras. En caso de catástrofe, los edificios que puedan albergar grandes cantidades de personas deben resistir más con el fin de preservar y proteger la mayor cantidad de vidas. En virtud de esto, establece una clasificación de los edificios y sus prioridades en la calidad de su construcción.
 - **Categoría A:** edificios gubernamentales, municipales, de servicio o utilidad pública (cuartel de policía, central eléctrica, telefónicas, correo, canales de televisión, radios, hospitales).
 - **Categoría B:** edificios cuyo contenido es de gran valor cultural (bibliotecas, museos) y aquellos donde existe frecuente aglomeración de personas (salas, asambleas, estadios, escuelas, universidades, cárceles, locales comerciales).
 - **Categoría C:** edificios destinados a la habitación privada o uso público que no pertenezcan a las categorías A o B y construcciones de cualquier tipo cuya falla pueda poner en peligro las construcciones de categoría A o B.
 - **Categoría D:** construcciones aisladas o provisionales no destinadas a habitación, no clasificables.

Respecto a esta norma, se debe indicar que a raíz del terremoto 8,8 de 27.02.2010 (27F), se ha dictado el Decreto 117 MINVU, terminado de tramitar el 9 de febrero de 2011, que le incorpora adecuaciones y complementaciones, mientras el Instituto Nacional de Normalización confecciona la norma técnica que será la nueva Norma Oficial de diseño sísmico. Se incorporan nuevos espectros de diseño sísmico, además de especificar de mejor manera la clasificación del suelo, aunque manteniendo la misma macrozonificación de referencia anterior.

El Decreto Supremo 61 (DS 61) MINVU, deroga el anterior decreto 117. Al respecto, cabe resaltar que si bien se modifica la forma del espectro, éste vuelve a la versión anterior que existía en la Norma NCh433.Of1999, modificación 2009, basada principalmente en el factor α (alfa). En la nueva versión del espectro propuesta en el DS 61, se entregan parámetros que permiten definir la demanda sísmica para los 4 tipos de suelos que son permitidos para la edificación (desde suelo A hasta E), los cuales no cambian sustancialmente su clasificación. De esta manera, el espectro de diseño definido para edificios, de acuerdo a la legislación vigente, nuevamente considera únicamente registros de eventos de contacto o interplaca tipo *thrust*, dejando de lado las otras fuentes sismogénicas presentes en nuestro país (fuente intraplaca de profundidad intermedia y fuente cortical).

El análisis de las disposiciones de esta norma y sus modificaciones, permite concluir que **no contiene los efectos de un sismo originado en la activación de la Falla San Ramón**, como se ha expuesto, ya que los valores que se deducen exceden los de la NCh 433 en una extensión importante de la región (Ver Figura 3.1).

Norma NCh 430: Esta Norma tuvo su última modificación en el año 2008 y abarca las exigencias para el uso del hormigón armado, sus requisitos de diseño y cálculo

Mediante Decreto 118 MINVU, terminado de tramitar el 10.02.11, se introdujeron cambios en el diseño de hormigón armado orientados a entregar mayor ductilidad a las estructuras. Estas disposiciones se aplicarán hasta que se dicte la correspondiente Norma Oficial.

Otras Normas Técnicas Chilenas que se deben considerar para el diseño de edificaciones y elementos estructurales:

- NCh 2369.Of2003 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales
- NCh 2745.Of2003 Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica
- NCh3.Of1961 Escala de intensidad de los fenómenos sísmicos
- NCh427.cR1977 Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios.

7 EXPERIENCIA INTERNACIONAL RELEVANTE

Se revisaron experiencias y cuerpos normativos que se encuentran como información secundaria disponible (acceso público), que puedan orientar consideraciones normativas que se han abordado o están en estudio en otros países, así como convenios o acuerdos internacionales relacionados al tema y objetivo del Estudio, es decir "... las disposiciones atinentes a los instrumentos normativos y de regulación urbana en otros países que se hayan enfrentado a la problemática de establecer normas y restricciones respecto del uso de suelo y otros aspectos normativos **en el entorno de las fallas activas**".

En este marco, se recopiló una gran cantidad de información documental⁴, de la cual se seleccionó aquella relevante. De la literatura consultada se concluye que si bien el tratamiento de los efectos de las fallas activas en la superficie en los instrumentos de planeamiento físico, se viene tratando desde hace más de una década, las discusiones y aplicaciones más directamente relacionadas son recientes; siendo muy pocos los casos en que se han detectado experiencias relevantes al objetivo final del presente estudio, pero sí se consideraron experiencias de aplicación metodológica, que apoyaron las decisiones técnico - científicas para la posible incorporación de las áreas de riesgo al PRMS y la aplicación de normas urbanísticas.

La revisión del material consultado abre un campo que requiere su análisis y consideración conjunta con los organismos técnicos de la planificación territorial,

⁴ Detallada en Informe Etapa 1 del Estudio.

como el MINVU y el Gobierno Regional (para los efectos de la dictación del Plan de Ordenamiento Territorial de la Región Metropolitana, PROT), ya que lo que se ha recogido obliga a su interpretación y validación en cuanto a opciones referenciales. Para ello, se recomienda la realización de un programa de trabajo conjunto.

7.1 Zonificación sísmica

De los antecedentes revisados, se deduce que lo primordial es lograr una **microzonificación sísmica** debidamente fundada, sobre la cual se apliquen exigencias específicas a la edificación y se controle la ocupación de los predios con mayor nivel de riesgo, tanto en lo que se refiere a los usos de suelo a permitir, como a las prevenciones de mitigación en caso de actividad sísmica originada en la falla.

Para el riesgo sísmico entonces, se seleccionaron los casos de Colombia y Nicaragua. Junto con ello, se destaca la acción del Proyecto de Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN), en cuanto a las orientaciones replicables en Chile que contiene.

De cualquier modo, es preciso destacar que estas experiencias, al igual que todas las restantes revisadas, se dan en un contexto político administrativo distinto al chileno, ya que el grado de injerencia del estado es mayor y el nivel de coordinación y vinculación inter institucional es relevante.

De lo analizado, se destaca la acción del PREDECAN, que ha orientado la conformación de procesos de Gestión de Riesgo más integrales en América del Sur.

7.1.1 Proyecto PREDECAN (Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina)

Este proyecto, centró sus actividades en el acompañamiento a entidades nacionales y de carácter subregional en temas como la formulación de políticas, el desarrollo de sistemas de información, la planificación e inversión pública, la educación y la comunicación, la participación y la gestión local del riesgo, aportando con ello a la reducción de la vulnerabilidad ante peligros de origen natural en la subregión andina (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú).

El objetivo específico del proyecto es **mejorar los servicios en el área de gestión del riesgo mediante el fortalecimiento de políticas nacionales, de instituciones y de la coordinación de actividades entre éstas**, siendo una de las áreas de interés, los procesos de planificación al interior de cada uno de los países involucrados.

El Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres (CAPRADE), con el acompañamiento del Proyecto PREDECAN, implementó una serie de acciones

estratégicas y prioritarias para la subregión andina en materia de integración de la gestión del riesgo en procesos de planificación y desarrollo en los cuatro países.

CAPRADE ha liderado la implementación de cuatro procesos estratégicos para integrar la gestión del riesgo en la planificación del desarrollo en la subregión andina a través del Proyecto PREDECAN:

1. *Desarrollo de conceptos y diagnóstico sobre incorporación de la gestión del riesgo en procesos de planificación del desarrollo territorial e inversión pública y en la planificación del sector agropecuario considerando el cambio climático en los países de la Comunidad Andina.*
2. *Elaboración de lineamientos y capacitación para incorporar la gestión del riesgo en: (1) el ordenamiento territorial, (2) la planificación del desarrollo local, (3) en la formulación de proyectos de inversión pública y (4) en la planificación y gestión del sector agropecuario.*
3. *Validación de los lineamientos mediante experiencias demostrativas en ámbitos locales, capacitación y asesoría técnica para su implementación.*

Con estos procesos, se desarrollaron actividades de carácter internacional y nacional que permitieron ajustar y modificar las normativas legales en cada uno de los países involucrados, generando procesos similares de incorporación de la componente de riesgos en los procesos de planificación.

Cabe destacar que este proyecto no sólo se preocupó de esta componente, sino que además, incluyó temáticas tales como los procesos de participación ciudadana en la gestión y disminución de la vulnerabilidad ante los desastres naturales, sino que además incorporó el financiamiento y una evaluación de los costos asociados a cada uno de los eventos de desastres que se desarrollan en los países involucrados. Esto ha sido una herramienta efectiva al momento de dimensionar los costos asociados a procesos de toma de decisiones que no incorpora el concepto de riesgos y de la disminución de la vulnerabilidad de los territorios.

7.2 Áreas de ruptura en superficie por fallas activas

La experiencia más difundida es la del Estado de California, aunque en otros países se aplican disposiciones similares, ya que constituyó un modelo a replicar en el mundo. En todo caso, hay que tener presente que se trata de otros tipos de fallas y que la Falla San Ramón, de tipo inverso, es de las más destructivas, ya que compromete una faja de ruptura más amplia. Los casos analizados fueron los de California, Japón y Nueva Zelanda.

7.2.1 El caso de California

A raíz del destructivo terremoto de 1971 en San Fernando, y sobre la base de los avances en el conocimiento geológico del área, el Estado de California dictó una ley, que se denominó el Alquist-Priolo Zonificación de Fallas Sísmicas (AP). La Ley de AP proporciona un mecanismo para reducir las pérdidas por rotura superficial de falla a nivel estatal. La intención de la Ley de AP es promover la seguridad pública al prohibir el emplazamiento de la mayoría de las estructuras de ocupación humana a través de las huellas de las fallas activas que constituyen un peligro potencial para las estructuras de la superficie de falla.

Esta ley fue aprobada en 1972 para mitigar el peligro de la superficie de fallas en las estructuras de ocupación humana, ya que el terremoto de San Fernando, se asoció con una amplia superficie de rupturas de fallas, que dañó numerosas viviendas, edificios comerciales y otras estructuras, evidenciándose que la ruptura de la superficie es uno de los peligros sísmicos más fáciles de evitar. La ley sólo se refiere a la amenaza de ruptura superficial de una falla y no está dirigida hacia los peligros de otros terremotos.

En 1990 se aprobó la ley de Mapeo de Riesgos Sísmicos, teniendo el año 2010 su última actualización. Los mapas han sido puestos a disposición general en enero de 2011.

A continuación se ilustran la representación de Mapas de Fallas.

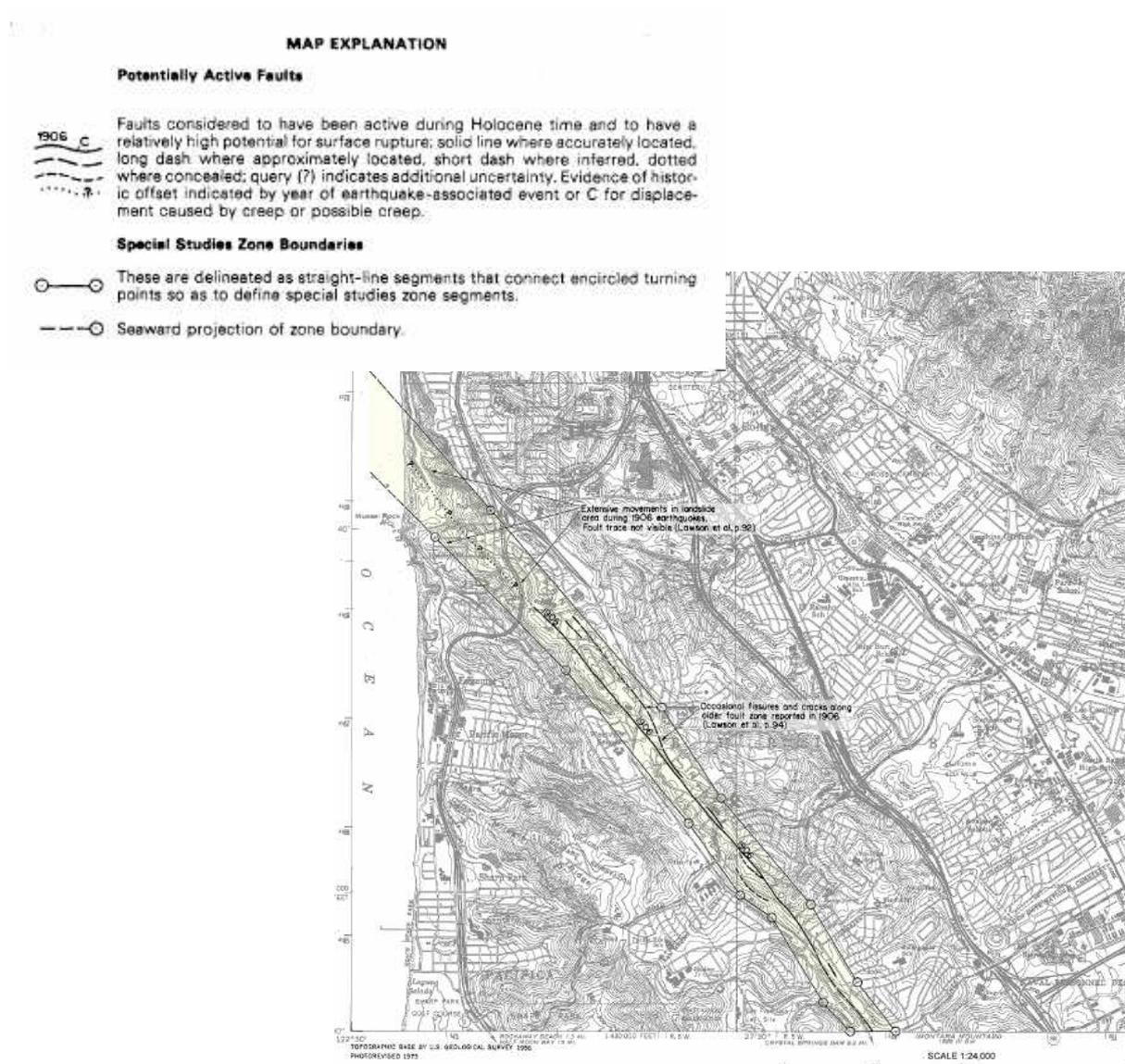


Figura 7.1. Mapa de Fallas Activas de San Francisco (sección)

La ley requiere que el geólogo del Estado establezca zonas de reglamentación alrededor de las huellas superficiales de fallas activas y la expedición de los mapas correspondientes. Los mapas se distribuyen a todas las ciudades afectadas, condados y agencias estatales para su uso en la planificación y el control o la renovación de nueva construcción. Los proyectos incluyen las divisiones de la tierra y la mayoría de las estructuras de ocupación humana. Las construcciones de madera de un solo piso y las viviendas con estructura de acero de hasta dos pisos que no

forman parte de un desarrollo de cuatro unidades o más están exentas. Sin embargo, las agencias locales pueden ser más restrictivas que la ley del estado.

Antes de que un proyecto se pueda permitir, las ciudades y los condados deben exigir una investigación geológica para demostrar que los edificios propuestos no se construirán sobre fallas activas. Un informe de evaluación y por escrito de un emplazamiento específico deberá ser elaborado por un geólogo licenciado. Una estructura para la ocupación humana no puede ser colocado sobre la traza de la falla y debe ser retirado de la zona (generalmente 50 pies, es decir, unos 150m).

Zonas de Fallas son las zonas de regulación en torno a las fallas activas. Las zonas se definen por los puntos de inflexión conectados por líneas rectas. La mayoría de los puntos de inflexión se identifican por las carreteras, drenajes, y otras características sobre el terreno. Se trazan en los mapas topográficos a una escala detallada. Las zonas varían en ancho, pero su ancho promedio es de un cuarto de milla (150m).

El hecho de que una propiedad se encuentra en una zona de falla debe ser divulgado a un comprador potencial antes de que el proceso de venta se haya completado. El agente de bienes raíces está obligado legalmente a presentar esta información al comprador. Cuando no hay un agente de bienes raíces involucrado, el vendedor debe informar al comprador directamente. Esto se hace generalmente en el momento que se haga una oferta o sea aceptada.

A partir de junio de 1998, la Ley de Revelación de Peligros Naturales requiere que los vendedores de bienes inmuebles y sus agentes ofrezcan a los posibles compradores con una "Declaración de Revelación de Peligros Naturales" cuando la propiedad que se vende se encuentre dentro de uno o más esferas de riesgo asignada por el Estado, incluyendo Zonas de Falla.

7.3 Síntesis de revisión de experiencias internacionales

En general, en los países incluidos para revisar su experiencia respecto a la gestión pública de los riesgos, se advierte la existencia de políticas públicas e instrumentos de nivel nacional, regional y local, que relacionan la identificación de los peligros, la vulnerabilidad y los riesgos, con los instrumentos de ordenamiento territorial y de inversión, aún cuando entre ellos se detecten diferencias en el estado de avance.

Las principales características de la gestión de riesgos en estos países, se refieren a los siguientes aspectos:

Marco normativo: Cuentan con leyes que rigen el ordenamiento territorial y sus instrumentos, más allá de las competencias de estos últimos, abordando en forma integral los procesos que ocurren en el territorio en general, y en las áreas urbanas en particular. De este modo, la gestión de riesgos queda inserta en los planes de ordenamiento territorial, incluyendo materias relacionadas con el financiamiento de las obras e intervenciones, con una aceptable claridad en cuanto a la distribución de atribuciones y competencias de los distintos organismos involucrados.

Institucionalidad: Uno de los aspectos de mayor interés es la vinculación entre organismos con funciones complementarias definidas, desde nivel nacional hasta el gobierno local. Existe un organismo validado que proporciona la información científica de peligros naturales, traducida en mapas de peligros, que son integrados, o referidos en los planes territoriales o de intervención urbanística, haciendo vinculante el conocimiento científico, con la planificación física, a través de sus propios instrumentos.

Instrumentos de planificación: Destaca la existencia generalizada del Plan de Ordenamiento Territorial, con competencias más amplias que nuestros IPT.

Metodologías: En los procesos de identificación y delimitación de riesgos, existe consenso en la aplicación de conceptos recientes, desarrollados por los organismos internacionales preocupados de los desastres en el mundo, en cuanto a la clasificación de riesgos de diferentes niveles de afectación hasta riesgo no mitigable, lo que se relaciona con la necesaria acción pública, en los casos en que se determina que una zona poblada está expuesta a un riesgo no mitigable y debe, por lo tanto, ser erradicada.

Participación ciudadana: En todos los casos, está contemplada la participación ciudadana, especialmente la involucrada en el proceso de toma de decisiones.

Relación con planes de inversión: La gestión de riesgos, en general, está integrada a las herramientas institucionales de manejo de la inversión pública, de modo que las mitigaciones o eventuales erradicaciones, por ejemplo, se abordan en forma integral con los planes de ordenamiento. Esto es altamente relevante, ya que la integralidad de la gestión de los riesgos es uno de los factores más deficitarios en Chile.

En general, todas las medidas y herramientas que se advierten en acción en estos países son aplicables en Chile, ya que se dispone de las capacidades para ello. Sin embargo, se debe modificar el marco legal básico, que permita relacionar la acción de los diversos organismos que intervienen en la gestión de riesgos, en sus diferentes fases, para que ésta pudiera ser efectiva. Cada ministerio, servicio, gobierno regional,

municipio, etc., ejerce su acción en forma separada, participando en forma unitaria solo cuando se ha producido el desastre.

La base de estas carencias está dada por la inexistencia de una política y su consiguiente ley de ordenamiento territorial (o como se denomine), que permita articular la acción de los diversos servicios.

8 RECOMENDACIONES DE GESTIÓN

A continuación se formula una pauta de gestiones sugeridas para el reconocimiento normativo de la FSR, que establece las consideraciones particulares de cada propuesta, en especial las de carácter normativo, que le son de competencia directa a la SEREMI Metropolitana del MINVU.

Cabe señalar que en gran parte las gestiones se hacen eco de las observaciones que formula la Misión de las Naciones Unidas en el manejo de la Reducción del Riesgo del Desastre, siempre desde la óptica de la planificación territorial cual es la competencia sectorial de la SEREMI.

GESTIÓN	ÁMBITO	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	ORGANISMOS IMPLICADOS
Incorporación FSR al PRMS	NORMATIVO PRMS	Corregir terminología Ordenanza PRMS	Corrección del Art. 8.2.1 “fallas geográficas” por “ fallas geológicas ”	SEREMI MINVU
		Incorporar faja de ruptura superficial de la FSR a las área de riesgo del PRMS	Agregar un Art. 8.2.1.5 a la Ordenanza PRMS, que describa y reconozca como Área de Riesgo por Ruptura superficial de Falla Geológica la faja de 300m de ancho (100m al poniente y 200m al oriente de la traza de la FSR). Definición de normas urbanísticas que aplicarán a esa área, atendiendo la sectorización reconocida en el Estudio, entendiendo que-en cuanto a usos de suelo- sólo se aceptarán los de área verde y espacios públicos. En particular debe especificarse en cada caso las actividades permitidas dentro de uso de suelo área verde.	
Modificación de la OGUC	NORMATIVO OGUC	Integrar la zonificación sísmica a los Instrumentos de Planificación, asociando la normativa a las disposiciones de las Normas Técnicas	Representar a la DDU la necesidad de incorporar a la OGUC la facultad de los IPT de establecer zonificaciones en función de estudios de sismicidad, los que puedan asociarse a las disposiciones de normas técnicas para el diseño de estructuras edificadas.	SEREMI MINVU DDU MINVU INN
Modificación de la LGUC	NORMATIVO LGUC	Incorporar las disposiciones que definan los riesgos y especialmente, aquellas que dispongan la	Representar a la DDU la ausencia en la LGUC de atribuciones específicas de los IPT para restringir la utilización de territorios privados en función de disminuir riesgos por amenazas.	SEREMI MINVU DDU MINVU

GESTIÓN	ÁMBITO	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	ORGANISMOS IMPLICADOS
		<p>aplicación de las restricciones derivadas, a la propiedad privada.</p> <p>Establecerse las vinculaciones con los otros organismos relacionados con la Gestión de Riesgos.</p>	<p>De igual modo, representar la necesidad de establecer en ese cuerpo legal las vinculaciones que requiere una Gestión de Riesgos en la planificación territorial, como lo establece el Marco de Hyogo suscrito por el Gobierno de Chile.</p>	
Modificación norma NCh 433	NORMATIVO Normas nacionales	Avanzar hacia una microzonificación sísmica.	<p>Representar -en coordinación con la DDU- al Instituto Nacional de Normalización, se estudie la modificación de la Norma NCH 433, en el sentido de considerar la microzonificación sísmica como un paso complementario para la exigencia de diseño a las edificaciones, a partir de la macro zonificación existente; tal que un Estudio Fundado pueda identificar condiciones particulares dentro de las macro zonas que ameriten normas específicas o diferenciadas.</p> <p>Ello basado en los resultados del Estudio de la FSR que arroja la probabilidad de un sismo con características singulares asociado a esta amenaza y que no estaría cubierto por las exigencias estructurales de la Norma NCh 433.</p>	<p>SEREMI MINVU</p> <p>DDU MINVU</p> <p>INN</p>
Postergación de Permisos	GESTIÓN NORMATIVA	Prevenir la ocupación del Área de Riesgo en el futuro cercano, mientras se procede a la actualización del PRMS.	Coordinar con las Municipalidades que comparten el área de riesgo detectada por la FSR, la suspensión de los permisos de edificación en esta faja, conforme a lo indicado en el Art. 117 de la LGUC. Ello en atención a que la tramitación de la modificación del PRMS tendrá un efecto directo en	

GESTIÓN	ÁMBITO	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	ORGANISMOS IMPLICADOS
			la agilización de negocios inmobiliarios en el área afectada, en función de los actuales IPT, aumentando el riesgo hacia las personas e infraestructura. Teniendo en consideración que ello sólo tendrá una vigencia de un año.	
Creación de un Geositio	GESTIÓN CIENTÍFICA	<p>Conservar la evidencia de actividad de la FSR.</p> <p>Aproximarse en la búsqueda de patrones de ocurrencia de la amenaza.</p> <p>Cumplir con el Marco de Acción de Hyogo, prioridades 2 y 3 señaladas anteriormente.</p>	<p>Representar a las autoridades de gobierno que el hallazgo científico que se ha hecho con las trincheras analizadas, representa no sólo un testimonio de alto valor paleosismológico, sino en el referente que avala objetivamente la existencia de la amenaza sobre la cual se pretende gravar normativamente terrenos que hoy tienen un alto valor económico, donde las instancias de evaluación y aprobación del cambio al PRMS querrán verificar personalmente los dichos del Estudio de Riesgo de la FSR.</p> <p>Estas trincheras, que constituyen un valor docente que aporta directamente a la formación de los profesionales nacionales e internacionales en este tipo de fallas corticales, son también la forma más adelantada (mediante su profundización) de poder determinar con mayor acercamiento la probabilidad real de la próxima actividad de ésta.</p>	<p>SEREMI MINVU</p> <p>MINVU,</p> <p>GORE,</p> <p>Interior y Seguridad Pública.</p> <p>ONEMI</p> <p>SERNAGEOMIN</p>
Prevenir Instalación de Líneas Vitales e Instalaciones Esenciales	GESTIÓN INSTITUCIONAL PREVENTIVA	Evitar la instalación en el corto plazo de nuevos elementos de infraestructura, al menos en la faja de ruptura, mientras ésta se integra al PRMS	En gran parte del área de riesgo de la FSR es posible que hoy se levanten edificaciones relevantes, como equipamiento educacional, científico, de salud, seguridad o similares, promovidos por variadas instituciones; los que en muchos casos cumplen funciones claves bajo una situación de emergencia, por lo que deben ser al menos advertidas de este nuevo escenario de	<p>SEREMI MINVU</p> <p>SERVIU</p> <p>ONEMI Municipios</p> <p>Instituciones</p>

GESTIÓN	ÁMBITO	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	ORGANISMOS IMPLICADOS
			riesgo en tanto no se modifique el PRMS, al igual que las instituciones que hoy ya ocupan la faja.	afectadas.
			Advertir a los servicios públicos e institucionalidad asociada, de la existencia de la amenaza de ruptura superficial y su capacidad destructiva sobre las redes viales, sanitarias y de energía, a fin de orientar visiones preventivas y la coordinación interestamental de los planes de emergencia de estas "Líneas Virales"	MOP SEC SISS Empresas Sanitarias. Empresas de energía (electricidad y gas)
Coordinación y vinculación institucional	GESTIÓN DE RIESGO	Promover una Gestión Integrada de Riesgos capaz de hacerse cargo de todas las fases: conocimiento, prevención, mitigación y reconstrucción, las que forman un círculo, ya que van retroalimentándose.	Promover, mediante el sector de Vivienda y Urbanismo la Institucionalidad que requiere una Gestión de Riesgo, como lo indica y describe el marco de Hyogo, particularmente (y es lo que le corresponde al MINVU) en la planificación territorial y todas sus articulaciones intersectoriales que le son necesarias para su debida complementariedad.	SEREMI MINVU MINVU GORE MOP SERNAGEOMIN ONEMI