

PLAN REGULADOR COMUNAL DE SAN ANTONIO

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

ESTUDIO DE RIESGOS

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional, la consideración por parte de la planificación urbana de factores físicos asociados a riesgos naturales ha sido muy limitada, e ineficiente debido principalmente a carencias en su implementación.

Una muestra importante en este sentido, son la regulaciones sismoresistentes, las cuales después de un largo período de estudios dieron origen la Norma Chilena Oficial NCh433 Of72, del área F "Construcción", sobre Cálculo Antisísmico de Edificios, del Instituto Nacional de Normalización INN, a través de la cual se limita la altura de los edificios.

En el ámbito de la prevención de catástrofes naturales, destaca una normativa referida a la ocupación de terrenos en pendiente, situación que se encuentra regulada por el D.S. N°226 de 1986. Según este decreto los coeficientes máximos de constructibilidad (índice que fija el máximo de superficie permitido construir) y los porcentajes máximos de ocupación del suelo, disminuyen a medida que aumentan las pendientes (Bertrand, 1992).

Sin embargo, los avances mas importantes de la legislación urbana nacional, en cuanto a incorporar factores naturales a la planificación de las ciudades se encuentran contenidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, promulgada en Mayo de 1992 (OGUC., D.S. N°47 de V. y U. de fecha 16.04.92; D. Of. N°34.270 del 19.05.92). El cambio más radical introducido en la nueva normativa, se relaciona con el principio de traspasar al urbanizador y/o usuario los costos asociados a las externalidades negativas que se derivan del desarrollo urbano, entre las cuales se encuentran los riesgos naturales.

La citada Ordenanza General indica que en los planos reguladores comunales podrán definirse áreas de riesgo, cuando proceda y previo estudio específico, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos; debiendo determinarse las zonas no edificables o de condiciones restringidas de edificación; las zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas y pantanos; zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas; zonas de actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas; y zonas, franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa, tales como aeropuertos, helipuertos públicos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gaseoductos y estanques de almacenamiento de productos peligrosos. (OGUC., artículo 2.1.10. N°1, letra d), inciso último; y 2.1.17.).

Se presentan a continuación los antecedentes de estudios sobre riesgo sísmico, riesgo de inundaciones, riesgo de aluviones y riesgo de tsunamis, que inciden en el área urbana de la comuna de San Antonio.

1. RIESGO SÍSMICO

Riesgo sísmico, se define como “los daños potenciales que un posible terremoto podría generar en áreas urbanas”.

Este riesgo sísmico no es igual para todos los habitantes de un territorio, ya que va a depender de las condiciones de ocupación del mismo, como también de las características geomorfológicas y topográficas de éste y del tipo y calidad de las construcciones que en él se encuentren.

A continuación se presenta un análisis de los factores que inciden en la determinación de diferentes niveles de riesgo sísmico para el territorio urbano de la comuna de San Antonio y como consecuencia de éstos, áreas de diferente vulnerabilidad sísmica.

1.1. Antecedentes del potencial sísmico.

Es posible relacionar el potencial sísmico de un área con el emplazamiento de áreas de fallas por cuanto las líneas de fractura se consideran caminos de liberación de energía interna del planeta, y consecuentemente serían las zonas de mayor vulnerabilidad en el caso de ocurrir un sismo.

Si se analizan las características geológicas y geomorfológicas de esta área, en ella encontramos dos grandes unidades morfológicas de oeste a este, una plataforma submarina y la cordillera de la costa. Entre ellas hay un sector de playa y dunas. Así tenemos que el área urbana en estudio se emplaza en plena Cordillera de la Costa, la que presenta las siguientes características:

- _ Cerros con alturas de 100 a 200 m. tales como el Cerro Centinela (177m.) y en el Cerro La Viuda (117m.).
- _ Sectores de terrazas interrumpidas por quebradas, siendo las principales la de los Esteros Arévalo y El Sauce.

1.1.1. Estratigrafía.

En relación al origen y edad de los depósitos tenemos:

1.1.1.1. Basamento rocoso.

Este basamento rocoso está constituido por rocas ígneas y metamórficas silíceas. Su alta densidad y bajo grado de alteración y meteorización son características que las hacen recomendables como

suelos de fundación. Estas rocas aparecen expuestas a la superficie en el sector norte de San Antonio (Cerro Centinela) y hacia el oriente entre Lo Gallardo y la vía férrea Cartagena-Santiago, en el curso del Estero El Sauce.

Dentro del basamento rocoso se incluyen dos unidades geológicas, por un lado tenemos rocas metamórficas magmáticas, denominadas formación Quintay, probablemente de edad Paleozoica Inferior y por otro el denominado Batolito Costero de edad Paleozoica Superior y de composición predominantemente granítica. La formación Quintay aflora principalmente en el sector norte de San Antonio, mientras que el Batolito Costero lo hace en el sector oriental y sur del área.

1.1.1.2. Coquinas de Miramar Grande.

En el cajón de la Quebrada Arévalo, a la cota 70 m.s.n.m. afloran depósitos bien consolidados y cementados de coquinas y areniscas calcáreas. Las coquinas están constituidas por fragmentos de conchas de organismos de esqueleto calcáreo, muy compactados y cementados por carbonato de calcio.

Esta unidad se apoya sobre el basamento y es cubierta en discordancia de erosión y angular por los estratos de la Quebrada Arévalo. Este depósito sería de edad Pliocénica.

1.1.1.3. Rocas sedimentarias arenosas. Estratos del Estero Arévalo.

Esta unidad consiste en una alternancia de areniscas, conglomerados y fangolitas (arcillosas y limosas), las cuales cubren el Basamento Rocos. Se encuentran en dos sectores del área de estudio, en el Estero Arévalo y en Llo-Lleo.

1.1.1.4. Área de dunas.

Estas arenas constituyen la mayor parte de los suelos de fundación de Barrancas y zona sur de San Antonio. Presentan una distribución bastante irregular, encontrándose desde la cota 5 m.s.n.m. hasta los 200 m.s.n.m. Su distribución estaría controlada por los valles de los Esteros Arévalo y El Sauce, y su depositación sería el reflejo principal de los vientos del sudeste.

Estos depósitos litológicamente corresponden a arenas finas muy bien seleccionadas, con granulometría muy homogénea y con ausencia de granulometría arcillosa.

1.1.1.5. Depósitos fluviales.

Rodeando la ribera del Río Maipo, hasta la cota 5 m.s.n.m., entre Lo Gallardo y Tejas Verdes se reconoce un nivel de terrazas de erosión fluvial, bajo el cual se encontrarían depósitos del Río Maipo consistentes en arenas y limos relativamente bien consolidados.

1.1.1.6. Arenas de playa.

Las arenas de playa, se localizan en la playa de Llo-Lleo, litológicamente son muy similares a las dunas, con granulometría algo mas gruesa.

1.1.1.7. Relleno artificial.

La zona portuaria de San Antonio, está fundada sobre relleno artificial, el cual presenta diferentes características dependiendo del objeto del relleno, la topografía preexistente y el material usado.

1.1.2. Fallas o lineamientos.

En la zona es posible identificar cuatro zonas de fallas las que se caracterizan a continuación;

1.1.2.1. Falla del Estero Arévalo.

Para las fallas localizadas en el área de estudio la de mayor riesgo es la del Estero Arévalo, pero se debe considerar que se trata de un riesgo moderado, ya que está dado por la modernidad de esta falla, la cual tiene una edad probable Post-Pleítica. Esta se presenta en el sector norte de San Antonio, coincidiendo con los sectores de quebradas, y la Ruta Nacional 78 (Autopista del Sol) que une Santiago con San Antonio.

1.1.2.2. Lineamiento Río Maipo-Lo Gallardo.

El lineamiento de Lo Gallardo presente en el sector de Llo-Lleo, en el área del Puente Llo-Lleo que une las comunas de San Antonio con Santo Domingo. Debido a que no se evidencia que sea una zona de falla, este lineamiento no se relaciona a riesgos en el área.

1.1.2.3. Lineamiento Santo Domingo-Cartagena.

Otra falla en el área, corresponde a la falla inferida Santo Domingo-Cartagena, la cual correspondería a una falla sellada, en la cual se descarta una edad moderna, puesto que no afecta el curso natural del Río Maipo, ni el de otros cauces fluviales. Su participación por lo tanto, al igual que en las fallas anteriores, se descarta el caso sísmico.

1.1.2.4. Falla San Antonio-Melipilla.

Por último la falla San Antonio-Melipilla, posee una participación en el caso sísmico poco clara por lo que no es posible inferir su riesgo.

En síntesis, podemos concluir que no es posible aseverar si éstas fallas producirán o conducirán las ondas sísmicas frente a un eventual terremoto. Considerando que en el sistema de planificación urbana se consideran las fallas como restrictivas en cuanto al tipo de uso de suelo, se consideró importante analizar esta variable. En todo caso no se descarta la posibilidad de que estas adquieran un papel protagónico en futuros sismos en el área, no encontrándose descartada, por lo tanto, la restricción que presentan para la ocupación humana.

1.1.3. Riesgos de deslizamientos de tierras.

Sin duda que uno de los fenómenos que nos permiten inferir condiciones concretas de vulnerabilidad de la población frente a un

evento sísmico destructor, es el que corresponde a los deslizamientos de tierras.

En efecto, sin consideramos que la destrucción o perjuicios en las viviendas, suele estar relacionada en ciertas áreas a éste tipo de fenómenos, su localización en el espacio, permite identificar áreas en las cuales existe una grado mayor de exposición de la población en relación al evento sísmico.

De acuerdo a esto se ha considerado el fenómeno de deslizamiento de tierras como una de las variables a utilizar en el Estudio de Vulnerabilidad Sísmica en la Comuna de San Antonio, debido a que como se señala anteriormente, se constituyen en sucesos no deseados para la población expuesta a ellos, producto de los daños y perjuicios que suelen ocasionar.

El interés de lo anterior, se basa en el hecho de que el área de estudio ha experimentado una ocupación progresiva del espacio, lo cuál dada la baja disponibilidad de terrenos topográficamente adecuados para uso urbano, se ha traducido en una pronta inclusión de zonas de fuerte pendiente.

Esta situación, ha llevado a la conformación de importantes emplazamientos en las laderas de los cerros del área de estudio, como son las que se encuentran en los cerros Cerro Alegre, Cerro Bellavista, Cerro La Virgen, Cerro Placilla, Cerro La Viuda y Cerro Centinela, lo que se ha traducido en una situación grave, si se considera el hecho de que como señala Hauser (1985), éstas áreas dada su inestabilidad, presentan condiciones propicias para que por efecto de un sismos destructor, se produzcan desplazamientos de importantes masas de material.

Si en éste contexto, se reflexiona sobre la ausencia de restricciones de ocupación de áreas expuestas a éste tipo de fenómenos en el Plan Regulador Comunal, lo que tenemos es que de manera cada vez más progresiva el fenómeno de deslizamientos se ha convertido en uno de los problemas más importantes para la población en éste espacio urbano, como quedo claramente expuesto en el terremoto de 1985, en donde se asoció a éste evento una serie de perjuicios y daños para la población.

Los deslizamientos de tierras, a diferencia de otros movimientos en masa, corresponden a un desplazamientos de material en sentido cortical o vertical, en el cuál el agente agua, no ha tenido ninguna participación.

Se ha considerado a los movimientos sísmicos, como agentes desencadenadores de éste fenómeno, por lo cual la revisión de la prensa local se ha concentrado en los años en los cuales el área a experimentado ocurrencia de sismos destructores.

A la recopilación de antecedentes de deslizamientos en la prensa, le ha seguido un análisis de las características de las pendientes y las formaciones superficiales en el área de estudio. El interés de esto, es identificar las condiciones favorables que presentan éstas variables para que el movimiento sísmico desencadene, en ciertas áreas, eventos de deslizamiento de tierras.

1.1.3.1. Tipología de deslizamientos de tierras.

Mediante la revisión de los archivos disponibles de la prensa local, se ha identificado un total de 34 eventos de deslizamiento en el área de estudio. La revisión se ha concentrado en los 5 años en los que la zona ha sido afectada por fenómenos sísmicos considerables, y, por lo tanto, en los cuales se esperaba encontrar registros de eventos de deslizamiento de tierras.

Los años considerados fueron; 1906, 1943, 1965, 1971 y 1985.

**Cuadro N°1.
Tipos de deslizamientos en San Antonio.**

TIPO	Frecuencia
Deslizamiento de tierra sobre Inmueble	10
Deslizamiento sobre Infraestructura vial	11
Deslizamiento de muro de contención	7
Hundimiento de calles	6
Total de eventos	34

Fuente: Recopilación de publicaciones en prensa local de San Antonio.

Al observar el Cuadro N°1, se puede establecer que la modalidad de ocurrencia de eventos de deslizamientos de tierras en el área de estudio, dada la mayor cantidad de casos identificados, corresponde a deslizamientos sobre infraestructura vial, con una frecuencia relativa de 32.4 %. En segundo lugar es posible identificar la modalidad deslizamiento sobre inmuebles, en la cuál se consideraron los registros de material en carretera y vía férrea. La frecuencia relativa de ésta modalidad de deslizamientos en el área de estudio, alcanza un 29.5 %.

Por último, y en menor grado le siguen a las dos categorías de eventos antes señaladas, las modalidades deslizamientos de muros de contención y hundimiento de calles, las cuales registran frecuencias relativas del orden de 20.5 % y 17.6 %, respectivamente.

La localización de éstos eventos en el área de estudio se concentraron principalmente, en la zona del Estero Arévalo, en el sector de San Antonio, así como en el área norte de Tejas Verdes, en el sector de Llo-Lleo.

Respecto del sector de San Antonio, la mayor frecuencia de eventos de deslizamientos se registró en la Ruta Nacional 78 (Autopista del Sol), en la cuál se identificaron un total de 10 eventos de modalidad deslizamientos sobre inmuebles e infraestructura vial. Como es posible observar en la Carta N°3 (Ver Anexo Cartografía Temática), en el sector noreste de San Antonio, éstas áreas de deslizamientos coinciden con el rumbo N 550 E, de la falla del Estero Arévalo, por lo que la inestabilidad de los taludes podría corresponder a la presencia de ésta falla en el área.

Otras zonas que registran eventos de deslizamiento de tierras en éste sector, son las áreas que se concentran en torno a las pequeñas quebradas, como son las que se localizan en el Cerro Centinela y Cerro Alegre, en las cuales la presencia de fuertes pendientes incide en el desencadenamiento de éste tipo de fenómeno. Se identificaron un total de 8 eventos, en los cuales domina la modalidad de deslizamientos sobre inmuebles.

Por último, el sector de San Antonio registra eventos de deslizamientos de tierras en la zona sur, en las inmediaciones de la Quebrada Huallipén, en donde debido a la existencia de taludes de menor pendiente, sólo se identificaron un total de 5 eventos de modalidad deslizamientos sobre inmuebles, infraestructura vial y muros de contención.

En cuanto al sector de Barrancas, éste registra eventos de deslizamientos en la zona sur, en las áreas aledañas al Estero el Sauce. Para este sector se identificaron un total de 6 eventos de modalidad hundimiento de terreno, produciendo perjuicios en el Puente Llo-Lleo, localizado en ésta zona.

Respecto del sector de Llo-Lleo, éste presenta como se indica anteriormente, deslizamientos en el área de Tejas Verdes, y en el Cerro La Viuda, donde se identificaron un total de 7 eventos de modalidad deslizamientos sobre inmuebles y muros de contención.

1.1.3.2. Distribución de deslizamientos según formaciones.

1.1.3.2.1. Formaciones superficiales.

De acuerdo a la información disponible, las formaciones superficiales del área de estudio se encuentran delimitadas en lo que se denomina Suelos de Fundación. Para el presente estudio se considera sólo el concepto de formaciones superficiales, para que las terminologías no se presten a confusión.

La comuna de San Antonio en el marco del límite urbano establecido por el Plan Regulador Comunal vigente se sitúa, como señala Claret (1968), sobre diferentes tipos de formaciones. Si observamos la Carta N°2 (Ver Anexo Cartografía Temática), vemos que se pueden identificar para el sector un total de 8 tipos de formaciones superficiales. Sin embargo éstas pueden ser agrupados en tres categorías de las cuales como señala Patiño (1992), un 48 %, tres corresponderían a geoformas dunarias, un 41 % a terrazas marinas y un 11% a terrazas fluviales.

Respecto de las formaciones dunarias, tenemos que presentan en el área de estudio cuatro tipos; dunas recientes, emparejada, activa y bordera. De acuerdo al interés del presente estudio, las dos primeras formaciones son los que nos interesan, dado que en éstas se han registrado deslizamientos de tierras.

De acuerdo a esto, tenemos que se identificaron deslizamiento de tierras en formaciones de dunas recientes en; la ladera occidental del Cerro Centinela, en el sector de San Antonio, en las proximidades de la Quebrada Huallipén (límite entre el sector de San Antonio y Barrancas) y en la ribera norte del Estero El Sauce, zona sur del sector de Barrancas.

La característica principal de ésta formación superficial es que presenta una amplia distribución en el área de estudio (Ver Carta N°2, en Anexo

Cartografía Temática), abarcando una extensión aproximada desde el nivel de los 15 m. hasta pasado los 100 m.s.n.m.. Sus espesores son muy variados, alcanzando profundidades mayores de 15 m. como son los que se aprecian en la población Las Dunas, en la ribera norte del Estero El Sauce. (afecta a deslizamientos)

Por su parte, en la formación superficial de duna emparejada, los deslizamientos se han registrado, al igual que en el caso anterior, en la ribera norte del Estero El Sauce. Este tipo de dunas, se diferencia de las dunas recientes, en que como señala Claret (1968), han sido ligeramente compactada, sin que en ello se hayan utilizado técnicas ni controles especializados.

Las dunas emparejadas se encuentran en el área de estudio aproximadamente entre los 5 m. y 15 m.s.n.m, y salvo lo señalado anteriormente, presenta iguales características que las dunas recientes.

Respecto de las terrazas marinas, que corresponden al segundo grupo de formaciones superficiales en el área de estudio, tenemos que se han registrado eventos de deslizamientos de tierras en el sector noreste de San Antonio (Ruta Nacional 78, Autopista del Sol) y en el sector sudeste de Llo-Lleo, en el sector de Tejas Verdes y Cerro La Viuda.

Presentes en casi la totalidad de San Antonio y Llo-Lleo, corresponden a la formación superficial característica de éstos dos sectores. y como es posible observar en la Carta N°2 (en Anexo Cartografía Temática), se presentan de manera extensa en la zona norte de San Antonio y sudeste de Llo-Lleo.

En éste contexto, tenemos que esta formación superficial presenta tres zonas principales; una parte superior de aproximadamente 1 a 1,5 m. de espesor, compuesta por suelos arcillosos y limosos, una parte media con un espesor aproximado de 2 m. compuesta por capas de arenas finas, presenta en algunas parte suelos limo arcillosos.

La diferencia principal de ésta formación superficial con la de tipo dunario, es que su composición principalmente limosa, infiere grados mayores de compactación que en el caso de las arenas que conforman las formaciones dunarias.

Por último, se registraron eventos de deslizamientos de tierras en las formaciones de terraza fluvial en la zona norte de San Antonio y la ribera norte del Estero El Sauce (zona sur de Barrancas).

Este tipo de formación superficial es propia de ambientes fluviales, y como es posible observar en la Carta N°2 (en Anexo Cartografía Temática), es posible encontrarla tanto en las inmediaciones del Estero Arévalo, en el sector norte de San Antonio, así como en las inmediaciones del Estero El Sauce, sector de Llo-Lleo.

Se componen principalmente, por arenas finas limosas o arcillosas, correspondiendo a sedimentos depositados por los Esteros Arévalo y El Sauce, por lo que su extensión en el área se presenta de manera reducida en comparación a los dos grupos de deformaciones superficiales antes señalados.

1.1.3.2. Pendientes.

El área de estudio desde el punto de vista de la pendiente, presenta tres sectores claramente individualizados (Carta N°2, en Anexo Cartografía Temática). El primero corresponde a la zona norte del área, sector de San Antonio. Este se caracteriza por presentar una combinación de pendientes, distinguiéndose en ésta zona las más altas del área de estudio.

De acuerdo a esto, tenemos que los deslizamientos de tierras, se presentan en las pendientes más abruptas del sector, principalmente en la zona noreste y área costera, correspondiente a los faldeos del Cerro Centinela. En éste contexto, se registraron eventos de deslizamientos en pendientes que en promedio, alcanzan o sobrepasan los 20° de inclinación.

Un segundo sector, en relación a las características de la pendiente es el que se localiza en la zona central del área de estudio, delimitada por los sectores de Barrancas y la parte sur del sector de Llo-Lleo. En ésta zona a diferencia de la anterior, es posible distinguir un dominio de pendientes moderadas, produciéndose en importantes extensiones del área, intercalaciones de pendientes no mayores a 4° y áreas planas. En general, como señala Patiño (1992), en éstas zonas la pendiente no aumenta de los 8°, por lo que éstos sectores corresponden al plano del área de estudio.

En lo referente a eventos de deslizamientos de tierras, tenemos que no se registró ninguno, por lo que éste tipo de fenómeno se encuentra descartado para las áreas con características de pendiente antes señalada.

Un último sector, en relación a la pendiente, es el que corresponde a la zona sudeste de Llo-Lleo. Esta aún cuando presenta una ligera similitud con el sector anterior, registra a diferencia de éste, sectores en los cuales es posible observar (ver Carta N°2, en Anexo Cartografía Temática), pequeñas áreas con fuerte pendiente, principalmente en la zonas próximas al Estero El Sauce, así como en las inmediaciones del Cerro La Viuda.

Si consideramos entonces, los fenómenos de deslizamientos de tierras registrados, tenemos que éstos se localizan exclusivamente en éstas pequeñas áreas de fuerte pendiente, afectando a las poblaciones del sector sur de Barrancas, así como el emplazamiento urbano del Cerro La Viuda.

1.1.3.3. Áreas de deslizamientos de tierras.

De acuerdo a las variables pendientes y formación superficial, analizadas anteriormente, es posible inferir que el evento de deslizamientos de tierras en el área, se encuentra ligado a zonas con fuerte pendiente, con depósitos de suelos y rocas inestables.

En efecto, si se considera la distribución de los deslizamientos de tierras en relación a las formaciones superficiales, el área presenta éste tipo de eventos indistintamente de la formación. Un claro reflejo de lo anterior es la situación que se produce en la zona norte del sector de San Antonio, donde se identifican deslizamientos de tierras en dunas recientes, terrazas marinas y terrazas fluviales.

Es entonces que las formaciones superficiales en el área de estudio, no presentan una relación directa con el fenómeno de deslizamiento de tierras, por lo que en el presente estudio su participación como factor determinante en la generación de éste evento frente a un sismo destructor, se ha descartado.

Contrariamente a lo anterior, en relación a la pendiente, se observa una relación entre los eventos de deslizamientos registrados y las características de ésta en algunas zonas. Las áreas afectas a deslizamientos de tierras principalmente en el sector de San Antonio, se encuentran asociadas de manera significativa a las áreas con fuerte pendiente, las cuales oscilan entre los 15°, 20° y más grados.

Esta situación se explica debido a que como señalan Andrade y Castro (1981), ciertos rangos de pendientes, se constituyen en umbral o limitante para cierto manejo del suelo, puesto que en ellos los procesos morfogénicos adquieren significativa importancia. Dentro de éstos, tenemos al evento sísmico, el cual actúa como proceso líder en la generación del fenómeno de deslizamientos de tierras, en asociación con condiciones de pendientes favorables.

De acuerdo a lo anterior, las áreas de deslizamientos de tierras (Ver Carta N°3, en Anexo Cartografía Temática), se encuentran dadas por una variable combinada, que se obtuvo a partir de la integración de los deslizamientos de tierras registrados y la pendiente existente en éstas áreas.

Puesto, que éstas áreas presentan una ocupación de tipo urbano, se hace evidente, que el fenómeno de deslizamientos de tierras se asocia con un carácter eminentemente antrópico, puesto que es el hombre, el que al ocupar éstas áreas ambientalmente inestables, crea éste tipo de vulnerabilidad sísmica, en el espacio físico.

En función de lo anterior, la extensión de éstas áreas, se encuentra dada por los límites de las pendientes fuertes (Ver carta N°2, en Anexo Cartografía Temática), puesto que es en torno a ellas, en donde se encuentran condiciones de vulnerabilidad de deslizamientos de tierras.

1.1.4. Riesgos de daños en las construcciones.

Uno de los problemas más graves, como consecuencia de un terremoto en el espacio humano, son sin duda, los daños que se producen en las construcciones. Por este motivo, un parámetro bastante decisorio respecto al nivel de exposición de la población, es la intensidad con la que se puedan manifestar los daños en las viviendas, frente a un sismo destructor.

Sin embargo, dada la gran variedad de factores que pueden influir en cuanto a los daños que puede sufrir la construcción por efecto de un terremoto, la determinación de la exposición de la población a éste respecto, sólo puede materializarse, a partir de una selección de la información, abocando el análisis de vulnerabilidad, a una realidad particular del espacio.

De acuerdo a lo anterior, se ha considerado la vulnerabilidad que se produce a nivel de la calidad de la construcción y el tipo de formación superficial sobre el cual se emplaza. En efecto, la tipología de la construcción, dada por el tipo y calidad del material de ésta, presenta en relación a las características de las formaciones superficiales, ciertas situaciones propicias para que los eventos sísmicos se manifiesten en plenitud, produciendo daños, y por tanto perjuicios para la población.

Como se indica anteriormente, las formaciones superficiales, suelen presentar ciertas aptitudes, como suelos de fundación.

Debido a que es de interés identificar las aptitudes que la variable formación superficial presenta en el área de estudio desde la perspectiva sísmica, se retomará el concepto de suelos de fundación, dejando en claro que se hace referencia a la misma variable de formación superficial.

De acuerdo a esto, en éste segmento del presente estudio, se abordarán las particularidades que éstas dos variables presentan en los sectores urbanos de San Antonio, Barrancas y Llo-Lleo, de la comuna de San Antonio. Para efectos más prácticos de comprensión, podemos superponer la carta de formaciones superficiales, utilizada anteriormente en el capítulo de deslizamientos de tierras, sobre la carta de tipología de la construcción, obteniendo de éste modo, de manera conjunta, el tipo de suelo y la construcción en cada sector del área de estudio (Ver Carta N°4, en Anexo Cartografía Temática).

1.1.4.1. Tipología de la construcción.

La construcción de viviendas en la Comuna de San Antonio, ha estado en manos de particulares en casi su totalidad. Exceptuando casos puntuales como la construcción de viviendas progresivas por parte de SERVIU, en el sector norte de San Antonio (Población Víctor Domingo Silva), así como en el sector sudeste de Llo-Lleo, principalmente en el Cerro La Viuda (Poblaciones Las Viudas, Población las Lomas, El Sauce, Mirador de La Campiña, Los Nogales, Los Aromos, Gral. M. Baquedano I y II y Las Acacias), e inversiones de empresas en el área de Tejas Verdes al sur del mismo sector, el resto de la construcción ha respondido a iniciativa propia de los pobladores.

En éste contexto, la tipología de la construcción en la comuna se relaciona de manera estrecha con los aspectos socioeconómicos de la población, dado que al ser ellos mismos los que construyen sus casas, éstas son un claro reflejo de la capacidad de recursos que éstos poseen (Ross, 1997).

Si consideramos, entonces, que la prevención en materia sísmica ha estado orientada al despliegue de una gran cantidad de tecnologías que han encarecido la construcción, lo cierto es que podemos encontrar en un espacio urbano, construcciones de diferentes calidades, por tanto, diferente resistencia frente a un sismo destructor.

1.1.4.2. Tipo de material de la construcción.

A partir de datos entregados por el Dpto. de Asesoría Urbana & Permisos de la Dirección de Obras Municipales DOM de San Antonio, se ha identificado el tipo de material predominante a nivel de manzana (en más de un 50 %), en las construcciones de viviendas en los tres

sectores del área de estudio, obteniéndose un total de 5 tipos de construcción predominantes.

Cuadro N°2.
Tipo de construcción predominante en San Antonio.

SECTOR	ADOBE	MIXTA	ALBAÑILERIA	HORMIGON	MADERA
SAN ANTONIO	X	X	X	X	X
BARRANCAS		X	X		
LLO-LLEO		X	X	X	

Fuente: Dpto. de Asesoría Urbana & Permisos de la DOM de San Antonio.

Como es posible apreciar en el Cuadro N°2, las construcciones de albañilería y mixta, son las más importantes en el área, puesto que presentan una gran extensión.

La construcción de tipo albañilería, es característica de los sectores de Barrancas y Llo-Lleo, presentando en éste último un importante dominio a nivel de manzana. Este tipo de material corresponde a construcción de ladrillo reforzada con pilares.

La construcción mixta, por su parte, presente en casi todo el sector de San Antonio, así como en una importante área del sector de Barrancas, corresponde a una asociación de materiales, principalmente madera y albañilería, en la cual, al no existir dominio de ninguno, se observa una condición mixta.

El problema de éste tipo de construcción en el área, es que se encuentra asociada a fuertes procesos de autoconstrucción, presentando importantes falencias de edificación, ya que como señala Ross (1997), y como se pudo apreciar en terreno (conversación con lugareños Cerro Alegre), se ha efectuado en su mayoría, sin la asesoría de especialistas, estando su construcción a cargo de los llamados maestros chasquillas, o por sus propios propietarios. Este tipo de construcción es típica de sectores de toma de terreno, por lo que a ella se encuentran asociadas, poblaciones de condición socioeconómica baja (Ross, 1997).

Las construcciones de madera y adobe, por su parte, con una extensión significativamente menor, dominan sólo en un reducido número de manzanas, en el sector de San Antonio. En el caso de las construcciones de adobe, corresponde a construcciones en muy mal estado, puesto que al resistir el impacto del pasado terremoto del 3 Marzo de 1985, se encuentran gravemente deterioradas, con alta posibilidad de desplomarse frente a otro terremoto (Ross, 1997).

Por último, es posible identificar para el área de estudio, un dominio a nivel de manzanas, de construcciones de hormigón armado, las que aún cuando se presentan a escala muy reducida en el área, infieren una fuerte inversión, puesto que son altamente resistentes frente a un terremoto.

Este tipo de construcción se localiza en el sector norte de San Antonio, correspondiendo a inversiones estatales materializadas por el Servicio de Vivienda y Urbanización SERVIU V Región. Corresponden a viviendas progresivas y básicas. Las construcciones de éste en el sector de Llo-Lleo, por su parte, corresponden a inversión privada, y se

constituyen en una de las pocas construcciones de edificios en el área de estudio.

1.1.4.3. Calidad de la construcción.

La calidad de la vivienda en Chile, en relación al presente estudio, se encuentra dada por las disposiciones y normativas sobre construcción en materia asísmica entregada por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. De acuerdo a ésta, tenemos que la calidad de la construcción indica la resistencia de la estructura frente a las solicitudes (oscilaciones sísmicas) a las que se ve sometida por efecto de un sismo destructor.

Debido a que la comuna de San Antonio se caracteriza por presentar en un gran porcentaje, construcción de un piso, las exigencias respecto al cálculo asísmico de los edificios, como son por ejemplo, cálculo en los pesos unitarios y sobrecargas máximas de éstos, incluidos en el capítulo 6, Título 5 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, no se encuentran considerados dentro de los niveles de calidad de la construcción en San Antonio. La calidad en el área, entonces, se encuentra dada por ciertos elementos de construcción no sometidos a cálculo, como son los que se estipulan en los artículos 5.6.1. al 5.6.13. en la OGUC, en las cuales se describen las condiciones mínimas que deben cumplir los distintos elementos de una construcción (muros, pilares, cadenas y otros).

En función de esto, en el presente estudio, se ha identificado para cada tipo de material, su respectiva calidad, en relación a las terminaciones que presentan las viviendas, puesto que son éstas las que pueden producir condiciones de vulnerabilidad de la construcción frente a un evento sísmico. De éste modo, las construcciones pueden ser definidas de acuerdo a tres categorías como son; buena, mala y regular.

Las construcciones con calidad buena, infieren buenas terminaciones, principalmente muros y pilares, por lo que la vivienda, no debería presentar problemas estructurales, frente a un sismo destructor.

La construcción regular, infiere falencias en alguna de las terminaciones, ya sea por nivelaciones mal hechas, pilares no reforzados, o por mal construcción de muros de la vivienda.

La construcción mala, se encuentra dada por una carencia total de regulaciones mínimas de construcción, primando en ellas una exposición importante a sufrir daños por efecto de un sismo destructor.

En fusión de esto, tenemos que como señala Ross (1997) en el sector de San Antonio, se registra más de un 50 % de construcción mixta regular y mala (Ver Carta N°4, en Anexo Cartografía Temática). En lo referente a la tipología mixta mala, tenemos que ésta es particularmente dominante en las poblaciones Miguel Solari, René Schneider Chereaux, Bellavista y Holanda, localizadas en áreas próximas a la Ruta Nacional 78 (Autopista del Sol). En lo referente a la tipología mixta regular, tenemos que ésta se aprecia en las poblaciones; El Faro, Faro Panul y Ampliación El Faro emplazadas en el Cerro Centinela, en la parte oeste de San Antonio.

Conjuntamente a ésta tipología de la construcción, se aprecian construcciones de madera y adobe de mala calidad, lo que produce que para el sector se registre casi un 80 % de la construcción con problema de resistencia frente a un evento sísmico.

En el área de Barrancas, por su parte, también observamos una mala calidad de construcción, pero a diferencia del sector de San Antonio, en ésta última existe un dominio de construcción con calidad regular presentando, por tanto, una mejor situación a éste respecto.

La excepción a esta situación se presenta en la población Las Dunas, zona sur de Barrancas, en donde es posible observar (Ver Carta N°4, en Anexo Cartografía Temática). un dominio de tipología mixta mala.

El área de Llo-Lleo, presenta en el área sudoeste, un importante sector con problemas de construcción, presentando al igual que en el caso de la población Las Dunas, tipología mixta mala. La población emplazada en ésta zona corresponde a La Boca del Maipo.

La tipología de construcción de albañilería, por su parte, considerando que corresponde a un tipo de construcción superior a la mixta (autoconstrucción), presenta mala calidad sólo en los sectores de la ex población Juan Aspee Pizarro y Brisamar, en Barrancas, pero si se considera que éstas poblaciones han sido casi erradicadas por completo de éstas áreas para dar lugar al Barrio Industrial Dip. Akin Soto Morales, quedando en la actualidad muy pocas viviendas habitadas, la importancia de ésta es mínima (Ross,1997).

En cuanto a la albañilería regular tenemos que se reduce a una pequeña extensión, en el sector de San Antonio, la cual corresponde al área céntrica de éste, identificándose principalmente comercio en ella. El sector de Barrancas, por su parte, presenta ésta tipología de construcción en una la parte este, la cuál corresponde a la Población 30 de Marzo.

Llo-Lleo, por su parte, como es posible observar (ver Carta N°4, en Anexo Cartografía Temática). es de los tres sectores, la que presenta la mayor extensión de ésta construcción, la cual se localiza mayoritariamente en el emplazamiento del Cerro La Viuda.

Las construcciones hormigón y albañilería buena, no merecen una mayor explicación, puesto que al no presentar problemas de calidad, infieren para los sectores de Barrancas, Barrancas Alto, Llo-Lleo y Llo-Lleo Alto, así como la población Víctor Domingo Silva, Holanda, Planicies de Bellavista y Llanos de Bellavista en el sector norte de San Antonio, donde se presentan, condiciones muy buenas de construcción.

1.1.5. Características de los suelos de fundación.

Como se indicará anteriormente, en el presente estudio se ha considerado la relación existente entre los suelos de fundación y la tipología de la construcción respecto de los daños observados por efecto de un sismo destructor. De acuerdo a esto, se tratarán los suelos de fundación del área de estudio, en relación al comportamiento diferencial que presentan los diferentes sedimentos que lo componen, frente a un evento sísmico.

Es de interés señalar antes de comenzar éste análisis, que las características locales de los suelos, por sí solos, no se constituyen en un factor restrictivo de ocupación del espacio, puesto que cualquier construcción enmarcada dentro de normas correctas de edificación, puede resistir perfectamente el impacto de un sismo de iguales características que el de Marzo de 1985.

De acuerdo a lo anterior, los suelos de fundación son restrictivos, por tanto, en la medida que la calidad de la construcción posea falencias, y por ende, es en ésta situación en que la relación suelo-construcción adquiere real relevancia.

San Antonio, de acuerdo a lo anterior, posee tres categorías principales de suelos de fundación. Una esta representada por las geoformas dunarias, la otra por las terrazas fluviales y una última por la terrazas marinas. Estas últimas, características de gran parte del área norte de San Antonio y sudeste de Llo-Lleo, representan los mejores suelos de fundación, ya que están compuestas principalmente por arcillas, la cuál como señala Claret (1982), no se relaciona a cambios en la intensidad de la onda sísmica.

Para el caso de las terrazas fluviales, la composición limosa, con mezcla de arcillas, deduce un comportamiento mas inestable del suelo, aún cuando no lo suficiente para ser malos suelos de fundación. Las terrazas fluviales se encuentran próximas a las terrazas marinas, tanto en el sector norte de San Antonio siguiendo el curso del Estero Arévalo, así como en el sector sur de Llo-Lleo, siguiendo el curso del Estero El Sauce.

Las formaciones dunarias, por su parte, corresponden a los suelos de fundación de casi la totalidad de Barrancas, así como del área sur de San Antonio, y sudoeste de Llo-Lleo (sectores próximos a las Laguna de Llo-Lleo u Ojos de Mar).

La composición sedimentológica principalmente de arenas, permite deducir un comportamiento más elástico de estos materiales frente a un sismo, esto en relación a la escasa compactación que presentan las arenas principalmente en las dunas recientes. Lo anterior indica a las dunas como malos suelos de fundación, siendo incompatible con cierta tipología de la construcción. La propagación de la onda sísmica en éste tipo de suelo, suele estar relacionada a un aumento en la intensidad del evento, por lo que las exigencias en materia de edificación en estos sectores, deberían considerar todas las normativas aplicables tales como la Norma Chilena del INN NCh433 Of72, sobre cálculo antisísmico de los edificios y la Ley de General de Urbanismo y Construcciones, en lo referente a su Ordenanza General (respecto a terminaciones).

1.1.6. Relación tipología de la construcción y suelos de fundación.

De acuerdo a las características que presentan las variables tipología de la construcción y suelos de fundación en el área de estudio, se ha determinado para cada uno de los tres sectores de la comuna, la relación entre éstas dos variables.

En función de esto, la información se ha llevado a tres cuadros, en los cuales se gráfica, las probables consecuencias de un terremoto en la construcción, en relación a su calidad y a los suelos de fundación existentes.

A este respecto es importante señalar, que la tipología de la construcción hormigón armado, se ha incluido, dentro de la tipología de albañilería buena, puesto que al corresponder a una buena construcción, y estar emplazadas sobre terrazas marinas, no amerita un estudio aparte.

Cuadro N°3.
Relación Suelo-Construcción San Antonio.

Calidad y tipo de construcción					
	Mixto/regular	Mixto/malo	Albañilería/Regular	Adobe	Madera
Subsuelo					
Duna Reciente	Daños	Daños	Posibles Daños	Daños	Daños
Terraza Fluvial	Posibles Daños	Posibles Daños		Posibles Daños	
Terraza Marina		Sin Daños			

Fuente: Elaboración propia.

En este sector, es posible inferir de acuerdo a estas dos variables, una importante condición de vulnerabilidad de la población, frente a un terremoto.

En efecto, aún cuando el sector de San Antonio, se caracteriza por presentar un dominio de suelos de fundación de buena calidad (Ver Carta N°4, en Anexo Cartografía Temática), como son los correspondientes a las terrazas marinas, lo cierto es, que existe un importante emplazamiento urbano en los suelos de dunas recientes y terraza fluvial, correspondiendo el primero, como se señaló anteriormente a muy malos suelos de fundación, y el segundo a uno de moderada calidad.

Esta situación, en asociación con los fuertes procesos de autoconstrucción en el área, representado por la tipología mixta, permite inferir que el sector frente a un terremoto se vería fuertemente afectado, en cuanto a daños en las viviendas.

Las poblaciones enmarcadas en ésta situación, se emplazan principalmente en la zona oeste del sector, específicamente en el Cerro Centinela, correspondiendo a las poblaciones El Faro, Faro Panul y Ampliación El Faro.

Otra zona en ésta mismas condiciones sería la población Quinta Placilla, en las proximidades de la Quebrada Huallipén, parte sur del sector de San Antonio.

La excepción a esta situación, en el sector, se encontraría en los emplazamientos sobre terrazas marinas, debido a que no importando la tipología de la construcción, al ser buenos suelos de fundación, no es posible inferir a partir de ellos algún nivel de daños en la construcción frente a un terremoto.

Cuadro N°4.
Relación Suelo-Construcción Barrancas.

Calidad y tipo de construcción				
	Albañilería/buena	Albañilería/Regular	Mixta/regular	Mixta/mala
Subsuelo				

Duna Reciente	Sin Daños	Posibles Daños	Daños	Daños
Duna Emparejada	Sin Daños		Daños	Daños

Fuente: Elaboración propia.

Barrancas se localiza en su totalidad sobre formaciones dunarias, existiendo un emplazamiento mayoritario sobre dunas recientes. La mala calidad de éste suelo en asociación con las características en la tipología de la construcción existente en el área, identifica situaciones bastante desfavorables.

Si embargo, aún cuando la situación de éste sector parece ser igual que el caso de San Antonio, es importante identificar una serie de particularidades que en su contexto general, nos evidencian una significativa diferencia respecto del sector de San Antonio.

En efecto, una diferencia fundamental a este respecto, es el hecho de que Barrancas se emplaza en su totalidad sobre dunas, por lo que la ausencia de daños en las viviendas en algunas zonas, se asocia a la buena calidad de ésta, a diferencia de San Antonio en donde al corresponder en su generalidad a una tipología de construcción mala, las zonas sin daños en las viviendas se asociarían a la calidad de los suelos de fundación, más que otra situación.

De acuerdo lo anterior, es importante observar (Ver Carta N°4, en Anexo Cartografía Temática), que Barrancas presenta una tipología de la construcción de mejor calidad que San Antonio, por lo que no es válido enmarcarla dentro de la misma realidad de San Antonio.

En éste contexto tenemos que Barrancas presenta zonas en las cuales no se producirían daños en las viviendas, como es el caso la población Mirador del Pacifico, en la que se identifica una tipología de la construcción, de tipo albañilería buena.

Una segunda situación, pero menos favorable que la anterior, es la que se encuentra dada por la tipología de la construcción de albañilería regular, en dunas recientes. Aquí tenemos, que dada la mala calidad del suelo, y la falencia de la construcción en cuanto a sus terminaciones, principalmente en los muros, se infiere en éstas, posibles daños frente a un terremoto. El emplazamiento que se enmarca en éstas condiciones, corresponde a la población 30 de Marzo, en la zona este del sector.

Por último, las situaciones desfavorables, se encontrarían dadas, por daños en la construcción de tipología mixta regular y mala. Lo anterior se infiere a partir de los malos suelos de fundación, en los que se emplaza ésta construcción, altamente deficiente, puesto que como se indica anteriormente, no presentaría resistencia frente a un sismo. Los emplazamientos, correspondientes a ésta situación, son las poblaciones Las Dunas y San Luis de Barrancas, localizadas en la parte centro sur, del sector de Barrancas

**Cuadro N°5.
Relación Suelo-Construcción Llo-Lleo.**

Calidad y tipo de construcción

	Mixto/malo	Albañilería/Regular	Albañilería/Buena
Subsuelo			
Duna Reciente	Daños	Posibles Daños	
Terraza Fluvial	Posibles Daños	Posibles Daños	Sin Daños
Terraza Marina		Sin Daños	Sin Daños

Fuente: Elaboración propia.

Sin duda que en comparación a los dos sectores anteriormente analizados, éste último es el que presenta las mejores condiciones, respecto de la variables suelos y construcción. En el sector de Llo-Lleo, las áreas que presentarían daños en las viviendas frente a un terremoto son de una extensión espacial bastante menor, que en el caso anterior. (Ver Carta N°4, en Anexo Cartografía Temática).

Esta situación se explica en el hecho de que a igual que en el caso de San Antonio, Llo-Lleo posee una amplia extensión de suelos de fundación de terraza marina, el cual como ya se ha indicado anteriormente, corresponde al de mejor calidad en el área. Sin embargo lo anterior, la diferencia de Llo-Lleo, con respecto a San Antonio, es que la mayor parte del emplazamiento en éste sector se localiza sobre éste tipo de suelos de fundación, por lo que las condiciones favorables, respecto de San Antonio, son significativamente mayores.

En función de esto, tenemos que en Llo-Lleo, se presentarían daños en viviendas, sólo en las áreas donde se encuentra una tipología de la construcción mixta regular y mala, en suelos de dunas recientes. Esta situación se da en la zona oeste de éste sector, el cuál corresponde a la población Boca del Maipo, infiriéndose para la población emplazada en ella, una fuerte condición de vulnerabilidad, por efecto de los daños que se podrían producir en las viviendas frente a un sismo.

Las otras dos situaciones, que implican daños en viviendas, en este sector, es el que presenta tipología de construcción mixta y regular, sobre dunas recientes y emparejadas. Esta situación se aprecia en un pequeña extensión de la zona este de Llo-Lleo, correspondiente a la antigua población María de Llo-Lleo (Casco urbano antiguo entorno a la Plaza de Llo-Lleo). En ésta como se indica anteriormente, existe una posible situación de daños en las viviendas, dado que la calidad de la construcción no es la más apropiada en relación a los suelos de fundación existentes.

1.1.7. Definición de áreas de vulnerabilidad sísmica.

Estas áreas se obtuvieron de la integración de las variables físicas y variables humanas:

1.1.7.1. Variables física.

Abocada a la identificación de áreas propensas a sufrir daño por efecto de deslizamientos de tierras.

Esta es una variable combinada ya que se relaciona en el área de estudio directamente con la pendiente. El estudio de ésta variable se relaciona de manera estrecha, con la ocupación de áreas con fuerte pendiente (rango superior a 15°), identificando la problemática respecto a la flexibilidad del actual Plan Regulador Comunal de San Antonio vigente, el cual no considera ésta variable como factor de restricción de uso de suelo, lo que ha generado un emplazamiento considerable de la población en áreas ambientalmente inestables (deslizamientos de tierras).

1.1.7.2. Variable humana.

En ésta se identificó el potencial de daños que posee la construcción.

Se obtuvo a partir de la combinación de las variables tipología de la construcción y los suelos de fundación. Esta variable se relaciona directamente con la problemática de la falencia en cuanto a prevención sísmica en materia de ingeniería, puesto que infiere condiciones inapropiadas de construcción respecto de la calidad del subsuelo.

En función de lo anterior, se zonificó el área de estudio, a partir de la determinación de grados de vulnerabilidad que infieren distintos niveles de exposición para la población frente a un eventual sismo destructor .

De acuerdo a lo anterior se obtuvo el siguiente cuadro con grados de vulnerabilidad:

**Cuadro N°6.
Grados de Vulnerabilidad.**

	ALTA	MEDIA	BAJA
Deslizamientos de tierras	X		
Destrucción de Viviendas	X		
Posible Destrucción de Viviendas		X	
Sin Destrucción de Viviendas			X

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a esto, la zonificación del área de estudio presenta:

Áreas en condición de alta vulnerabilidad sísmica; corresponden a aquellas en las cuales frente a un sismo destructor, se producirían deslizamientos de tierras y daños en las viviendas. Estas condiciones de vulnerabilidad se presentan simultáneamente o cada una por separado, en las áreas determinadas.

En éste contexto, tenemos que el sector de San Antonio, presenta una importante extensión de áreas en ésta condición, constituyéndose en el

sector que presenta la peor situación al respecto, dado que las mayor parte de las áreas determinadas, presentarían simultáneamente condiciones de deslizamientos de tierras y daños en las viviendas frente aun terremoto.

De acuerdo a lo anterior, tenemos que las poblaciones en ésta condición de vulnerabilidad. corresponden a: El Faro, Ampliación el Faro, Faro Panul, Ampliación Santa Laura, 21 de Mayo, Santa Laura, Plantación Fiscal, Miguel Stuvens y Quinta Placilla. Estas poblaciones se encuentran emplazadas principalmente en los cerros Cerro Centinela, Cerro Placilla y Cerro Alegre.

Por su parte, las poblaciones en igual condición del sector de Barrancas corresponden a: San Luis y Las Dunas. Estas se diferencian del sector de San Antonio, en que al encontrarse emplazadas en el área plana de la comuna, no presentan vulnerabilidad por deslizamientos de tierras, correspondiendo su exposición sólo por efecto de las falencias que presenta la construcción en relación a los malos suelos de fundación en el área.

Por su parte, el área de Llo-Lleo presenta dos áreas en condición de alta vulnerabilidad pero poseen una reducción bastante más reducida que en los casos anteriores. La poblaciones consideradas en ésta categoría corresponden a; La boca del Maipo, Los Nogales y Los Alerces. La primera se caracteriza por presentar, una vulnerabilidad en relación a los daños en la vivienda, debido a que en ella se identificó una construcción mixta mala, sobre dunas recientes. Para el caso de las dos últimas poblaciones, emplazadas en el Cerro La Viuda, la vulnerabilidad se encuentra dada por fenómenos de deslizamientos de tierras.

En relación a las áreas en condición de vulnerabilidad media, éstas se caracterizan por presentar posibles daños en las viviendas, dado que en ellas se presentan en malos suelos de fundación, una tipología de construcción de albañilería regular.

De acuerdo a esto, las áreas en condición de media vulnerabilidad se identifican de manera amplia en el sector de Barrancas, principalmente en la poblaciones 30 de Marzo y un sector de la población San Luis. La primera población indica un grado de vulnerabilidad medio, por efecto de una tipología de construcción albañilería regular, en suelos de fundación de dunas recientes.

La segunda, presenta condición de media vulnerabilidad debido a que en ésta se ha identifica una tipología mixta regular en suelos de fundación de duna emparejada, la cuál al tener un grado mayor de compactación, no permite inferir que se puedan producir daños en las viviendas en éstas áreas, por lo que sólo se indica una posibilidad a sufrir daños.

Llo-Lleo, por su parte, presenta vulnerabilidad media en el sector sudeste, en las poblaciones María y Boca del Maipo. La tipología de construcción albañilería regular sobre duna reciente y emparejada, para el primer caso, y tipología de construcción mixta y regular sobre terraza fluvial para el segundo, son las condicionantes de vulnerabilidad media en estas áreas. Para el caso de la población Boca del Maipo, es necesario explicar, que aún cuando corresponde a una tipología mixta de construcción, la terraza fluvial sobre la que se emplaza no corresponde a un suelo de fundación de mala calidad, por lo que se

infiere que debido a la mala calidad de las viviendas en ésta área, éstas posiblemente pueden sufrir daños frente a un sismo.

Las áreas en condición de baja vulnerabilidad se caracterizan por que en ellas no se han registrado eventos de deslizamientos de tierras, ni tampoco situaciones posibles de daños en las construcción.

1.1.8. Conclusiones.

Un estudio sobre desastre sísmico puede ser enfocado desde numerosos puntos de vista de acuerdo al objetivo que se persiga. En el presente estudio se han considerado una serie de aspectos tanto del medio físico, como humano para la definición de la vulnerabilidad sísmica que presenta la Comuna de San Antonio.

Las áreas que presentan condición de alto grado de vulnerabilidad, frente a un sismo destructor en la comuna de San Antonio, corresponden a la parte norte del sector de San Antonio, parte sur de Barrancas y sectores periféricos en la parte oeste y este de Llo-Lleo.

Las áreas así definidas no presentan un trazado homogéneo, concentrándose de manera particular en ciertas zonas. De este modo tenemos que los espacios más vulnerables son los sectores de San Antonio y Barrancas, en los cuales se observan una importante situación de vulnerabilidad.

Debido a lo anterior, en estos sectores se registra un 78 % del total de población en condición de alta vulnerabilidad de la comuna, por lo que son estos espacios, los que presentan las mayores situaciones de exposición para la población frente a un eventual sismo destructor.

La vulnerabilidad en estos espacios puede estar dada por dos tipos: El primero es la exposición frente a eventos de deslizamientos, y el segundo a daños en la vivienda. Estas situaciones de vulnerabilidad se presentan de manera conjunta en ciertas áreas o separadamente en estas áreas.

De estas dos situaciones de vulnerabilidad tenemos que la más grave es la que se relaciona con la vivienda en San Antonio, puesto que en ciertas áreas se presenta de muy mala calidad.

De acuerdo a los objetivos específicos planteados en el presente estudio es posible concluir:

En relación al potencial sísmico del área de estudio, se observa que debido al importante número de fallas en el área de estudio. Las que alcanzan un total de cuatro, aún cuando no presentan actualmente condiciones de vulnerabilidad, puesto que corresponden a fallas inactivas, el potencial sísmico de estas no debe ser obviado, teniéndose en consideración la posibilidad de que adquiere un papel protagónico en eventos sísmicos futuros.

La exposición en el área de estudio, en relación a los eventos sísmicos se encuentra fuertemente condicionada por la variable pendiente, puesto que en las áreas en las que se han registrado eventos de deslizamiento, los valores de estas superan los 15°. Las áreas más expuestas en relación a esta situación, son las que se localizan en la zona norte del área de estudio, en lo que corresponde al sector de San Antonio. En el cual se aprecia una importante extensión de áreas propensas a experimentar eventos de deslizamientos de tierras.

Respecto de la vulnerabilidad que se asociaría a daños en la construcción, tenemos que esta posee su origen en la mala calidad de la construcción en algunas áreas de San Antonio, situación que es particularmente inapropiada a las características de los suelos de fundación imperantes en el área de estudio.

De acuerdo a esta situación, se observa que los sectores de San Antonio y Barrancas presentan las situaciones más desfavorables al respecto, por lo que en relación a esta condicionante serían los espacios mas perjudicados frente a un sismo destructor.

En lo referente a la distribución espacial de la población en San Antonio, se observa que esta se concentra en los ejes estructurantes del área, vale decir, en los sectores periféricos, En esta situación se producen importantes diferencias en cuanto a las características que esta distribución presenta en el sector de San Antonio, y los sectores de Barrancas y Llo-Lleo.

Mientras que el primero prima una fuerte concentración en pequeños espacios, en los otros dos sectores la realidad es diametralmente opuesta. En efecto, se observa en Barrancas y Llo-Lleo grandes espacios en los cuales existe una baja concentración de población.

ANEXO N°1.**Microzonificación sísmica.**

Con posterioridad al sismo del 3 de Marzo de 1985, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo contrató un Estudio de Microzonificación Sísmica de San Antonio (1). Una vez terminado dicho estudio en 1988, se incorporó éste, como norma complementaria de carácter indicativo, al no existir a esa época disposiciones técnico-legales que las hiciese obligatorias, al Plan Regulador Comunal mediante su modificación en el Seccional BIP-DYR.

El procedimiento de microzonificación, pretende subdividir la ciudad de San Antonio en unidades territoriales con distinto grado de riesgo sísmico (2).

Esta microzonificación es utilizable en planificación urbana, sólo si se puede cuantificar de manera objetiva, el efecto económico y social del sismo en una u otra zona.

El efecto social del sismo consiste en los accidentes y necesidades de la población para albergarse, alimentarse y en general, subsistir y recuperarse del trastorno que ocasiona el sismo. Todo ello requiere de infraestructura de hospitales, albergues, energía, suministros y transporte.

El estudio de microzonificación sísmica refleja los factores incidentes en los efectos económicos del sismo en cada zona, de forma que se planifique la seguridad e integridad de las personas y los daños(económicos) del sismo, siendo aplicable a la planificación urbana, no al diseño, se basa en los siguientes parámetros que inciden en los daños:

- La solicitación sísmica.
- La estabilidad del suelo de fundación.
- La pendiente del terreno.
- La napa freática.

Niveles de riesgo del efecto sísmico.

La clave de la aplicación de zonificaciones sísmicas a la planificación urbana, consiste en relacionar atributos físicos del territorio, con niveles de riesgo, expresados estos en términos que sean aplicables por los planificadores.

Esta meta se logra a distintos niveles de zonificación:

- Nivel de zonificación basada en el riesgo de daños producidos en el sismo, expresado en términos del costo relativo de reparación de estructuras típicas, para ser usado para la planificación territorial del uso del suelo.
- Nivel de zonificación física del suelo, basada en cada uno de los atributos que inciden en los daños o solicitaciones expresado en las unidades físicas que corresponde, para ser usado directamente por los usuarios inversionistas y planificadores, para evaluar los problemas y requisitos de diseño y construcción para evitar daños.
- Nivel de zonificación de riesgos de catástrofes (secundarios) que restringen seriamente el uso del suelo, para ser utilizado por las Autoridades Municipales que autorizan los proyectos y construcciones.
- Nivel de exigencias técnicas en el diseño y construcción, que deben aplicarse por las Autoridades Municipales de control, para minimizar daños por sismos. Estas exigencias son diferenciadas en zonas de distinto riesgo de daños.

De esta enumeración se desprende, que las diferentes acciones planificadoras tienen diferentes requerimientos de información de parte de la zonificación sísmica.

En el estudio de microzonificación sísmica se describen los niveles de riesgo sísmico, expresados de tal modo que puedan ser usados en los diferentes niveles de zonificación urbana, mencionados mas arriba.

Se supone que un evento sísmico destructivo, tiene la misma probabilidad de ocurrencia para toda la región, por lo que este factor es común a todas las microzonas y por tanto no interesa para evaluar los riesgos relativos entre varias microzonas dentro de la ciudad.

El costo del evento en una zona se puede expresar de dos maneras:

- El costo de diseñar y construir tan seguro como para que no es produzcan daños a las estructuras.
- El costo de reparar los efectos del sismo,(cuando no se diseña para evitar los daños).

En el estudio se eligió la segunda forma de expresar el riesgo sísmico, para lo que se siguió el procedimiento determinado en el estudio y explicado en él.

La ciudad se zonificó en base al costo de reparación de estructuras de albañilería armada de un piso, para un evento similar al de Marzo de 1985.

Se dividió la puntuación o gradación en tres rangos de riesgo:

- | | | |
|--------------|---|-----------|
| a) Gradación | : | 0 – 350 |
| b) Gradación | : | 350 – 850 |
| c) Gradación | : | > 850 |

Las cifras corresponden al costo aproximado de reparación de estructuras de albañilería reforzada en un sismo similar al de 1985.

Si se asigna un promedio a cada rango, se producen tres niveles de riesgo sísmico relativos al nivel B, al que se da un valor arbitrario de 1.

- | | | |
|---|---|-----|
| A | = | 0,3 |
| B | = | 1 |
| C | = | 2,0 |

Estos valores representan el riesgo relativo del sismo expresado en costo de daños materiales.

Esta escala de riesgo es válida para un sismo similar al de 1985, con intensidades promedio, en zonas planas y de suelo firme.

A partir de la microzonificación sísmica, se obtuvo una microzonificación de riesgos, basada en costos diferenciales de reposición de daños. A través de esta última microzonificación, se determinaron tres niveles de riesgo de valores 2,0 , 1 y 0,3 o C, B ,A respectivamente.

Los niveles de riesgo del efecto sísmico son tres:

- | | | | |
|---|---|-------------|-------|
| A | = | Riesgo bajo | (0,3) |
|---|---|-------------|-------|

- B = Riesgo medio (1,0)
C = Riesgo alto o máximo (2,0)

1. El **riesgo máximo** corresponde a zonas en que el costo de reparación implica alteraciones mayores de las estructuras y de los componentes no estructurales de los edificios, por lo cual hay un alto peligro para la integridad de las personas.
2. El **riesgo medio** corresponde a zonas en que el costo de reparación no implica alteraciones mayores de las estructuras, pero si de los componentes no estructurales del edificio, por lo cual hay escaso peligro para la integridad de las personas.
3. El **riesgo bajo** corresponde a zonas donde los suelos son de buena calidad para fundar y las pendientes son bajas, por lo cual la destrucción sísmica resultaría mínima.

En todo caso no existen restricciones técnicas para construir en forma segura en ninguna microzona sísmica, para San Antonio u otra ciudad cualquiera.

Se entiende por seguro, que no se produzcan daños que resulten en accidentes a la población. Una estructura que sufre daños serios durante el peor sismo esperado, pero no colapsa ni hiere a personas, es considerada segura.

Por lo anteriormente expuesto se sugieren las siguientes pautas generales básicas:

- ❑ No construir en adobe tradicional.
- ❑ No construir en zonas susceptibles a tsunamis, con suelos inundables por avalanchas, crecidas de esteros, crecidas por tormentas, con taludes inestables, con pendientes grandes.

Sin embargo, estructuras importantes que siempre requieren mayor tecnología e inversión, van asociadas a inspección y controles que pueden permitir su construcción en zonas de alto riesgo.

- (1) GEOTÉCNICA CONSULTORES, "Estudio de Microzonificación Sísmica de San Antonio", de fecha 12 de Septiembre de 1988; contratado por el MINVU mediante la Res. N°343 del 11.11.87. Trabajo de recopilación de información y visitas a terreno coordinado con el Arquitecto U.Ch. Sr. Miguel Ross Rozas, Asesor Urbanista y Encargado del Dpto. de Permisos de la Dirección de Obras Municipales de la I. Municipalidad de San Antonio; 1986 a la fecha.
- (2) Se define riesgo sísmico, como el daño expresado en el costo de reposición o reparación, multiplicado por la probabilidad de ocurrencia, en un lapso determinado de tiempo.

2. RIESGO DE INUNDACIONES

Los antecedentes sobre inundaciones en el área urbana de la comuna de San Antonio, se obtuvieron principalmente del "Estudio de Ingeniería Diagnóstico y Soluciones Técnicas Río Maipo, Provincia de San Antonio, V Región".

Dicho estudio tuvo como objetivo la realización de un diagnóstico de la situación actual del Río Maipo, en el tramo próximo a la desembocadura, incluyendo la identificación de los problemas de desborde e inundación y sus causas, durante la ocurrencia de eventos extremos de crecidas en el cauce, así como el planteamiento y definición de soluciones a nivel preliminar, que permitan la regularización y control del escurrimiento en forma integral.

2.1. Antecedentes geomorfológicos del área.

El rasgo geomorfológico mas importante del área de estudio lo constituyen las planicies litorales y los últimos cordones de la Cordillera de la Costa, a través de los cuales el Río Maipo ha formado su valle hasta desembocar en el Océano Pacífico. Los cerros y lomajes que rodean el valle superan escasamente los 200 m.s.n.m.

El cauce del río presenta las características típicas de todos los ríos de la zona central del país al alcanzar su desembocadura en el mar. Se trata de cauces formados por sedimentos granulares del tipo gravas, con abundante arena producto de los procesos de arrastre y depositación que ocurren principalmente durante las medianas y grandes crecidas.

Los procesos de socavación y sedimentación aparecen visibles hasta varios kilómetros aguas arriba de la desembocadura, donde el efecto de marea es nulo o despreciable.

En cuanto a las dimensiones del valle y de los cauces, el rasgo mas característico que presenta el Río Maipo en el sector en estudio, es su ancho gradualmente creciente desde el sector de San Juan (5,8 Kms. aguas arriba de la desembocadura) donde la caja del río alcanza 800 m. hasta la desembocadura con mas de 1 Km. El delta de la desembocadura manifiesta claramente la influencia del arrastre litoral y dunas costeras, pudiéndose apreciar aquí extensos arenales que sólo son cubiertos por las aguas durante las grandes crecidas del río

2.2. Régimen hidrológico.

El régimen hidrológico del río se manifiesta en crecidas de invierno, a causa de las precipitaciones y crecidas de primavera provenientes de los deshielos en la alta cordillera, siendo en consecuencia un régimen típicamente mixto nivo-pluvial.

El régimen de escurrimiento del río muestra la influencia marítima en los últimos kilómetros durante las pleamares. Gradualmente hacia aguas arriba este efecto se va perdiendo.

Los principales afluentes al Río Maipo, en este tramo son el Estero San Juan y el Estero El Sauce, cuyas desembocaduras al río se ubican a unos 700 y 5.300 m. de la desembocadura, por la ribera norte, respectivamente. El régimen hidrológico de ambos esteros es de tipo pluvial. El Estero San Juan está parcialmente regulado por el embalse del mismo nombre, alimentado por el estero Leyda, el cual junto con el estero Nanco, forman los principales afluentes de este estero.

2.3. Descripción terrestre del área de estudio.

Los tramos descritos a continuación corresponden a distintos sectores de la ribera norte de la desembocadura de Río Maipo, más específicamente el sector urbano sur de San Antonio, donde encontramos sectores tales como San Juan, Lo Gallardo, Tejas Verdes y que son los que reciben los efectos de las crecidas del río, con fenómenos de socavamiento de riberas y en algunos casos inundaciones de los sectores ribereños más bajos. Este sector se subdivide de acuerdo a las características de su ribera, en tramos que van desde los 5,8 Km. de distancia (sector de la desembocadura del Estero San Juan), hasta la desembocadura de Río Maipo al mar, Km. 0,0.

Km. 5,8-4,0. En este tramo la caja del río alcanza a 800 m. de ancho y recibe los aportes del Estero San Juan. En este tramo el río tiene un ancho del orden de los 100 m. y la ribera se eleva a alrededor de 4 m. por sobre el nivel del lecho del río. En el Km 5,3 desemboca el Estero San Juan; las aguas de este estero una vez que alcanzan la caja del Río Maipo, corren por la ribera norte y se unen al río en Km. 4,0. Por el borde corre el Camino a Lo Gallardo-San Juan y en torno a él, encontramos un buen número de viviendas.

Aproximadamente en el Km. 4,1 existe un sector muy afectado por la erosión, durante las crecidas del río, que compromete la estabilidad de un sector del camino.

Entre el Km. 5,7 y 5,0 se desarrolla la defensa de la bocatoma de ESVAL S.A., lo que da origen a una zona protegida en que se desarrollan cultivos, de unos 1.000 m. de longitud y 300 m. de ancho máximo. Esta zona está limitada por las aguas del Estero San Juan, en el lado norte.

Km. 4,0 - 3,3 En este tramo la caja del río se angosta, alcanzando a 150 m. aproximadamente; en la ribera norte existe un uso intensivo de la ribera con fines habitacionales, y se encuentra el poblado de Santa Rosa, ubicado a unos 3 m. por sobre el nivel del río.

Km. 3,3 - 2,0 En este tramo el río tiene un ancho de 100 m. y la caja del río alcanza un ancho máximo de 400 m. En el centro de la caja se

desarrolla un islote de aproximadamente 600 m. de largo y 300 m. de ancho, cubierto de vegetación. En el Km. 2,3 encontramos el Puente Lo Gallardo. La ribera norte se encuentra ocupada con edificaciones. En este sector la altura de la ribera respecto al lecho del río es de 2 m. Inmediatamente aguas abajo del Puente Lo Gallardo, se encuentra el sector de Tejas Verdes, donde la ribera es un poco mas alta y se encuentra protegida con protecciones artesanales hechas con escombros.

Km. 2,0 - 0,7 En este tramo de la ribera norte se encuentra totalmente urbanizada, el río se ensancha paulatinamente desde 100 a 300 m. aproximadamente; la caja del río queda limitada por el sector de Tejas Verdes.

Km.0,7 - 0,0 Corresponde a la desembocadura del Río Maipo. En este tramo alcanza hasta unos 400 m. de ancho. Esta ribera está constituida por arenales. En el Km. 0,7 desemboca el Estero El Sauce, el cual corre de norte a sur en el tramo final.

2.4. Áreas de inundación y diagnóstico del cauce en crecidas.

En base a los antecedentes recopilados y los resultados obtenidos del estudio hidráulico y mecánico fluvial, se realiza el diagnóstico del cauce del Río Maipo en crecidas, a fin de individualizar los problemas de desborde e inundación que ocurren a lo largo del tramo estudiado, determinando su naturaleza y características de manera de poder plantear posteriormente las alternativas de mitigación mas factibles y recomendables de materializar.

2.4.1. Comportamiento del cauce en las crecidas.

2.4.1.1. Crecidas de orden frecuente.

Km. 5,5 - 3,9 Este tramo se caracteriza por presentar un brusco estrechamiento; éste se debe a la acción de las defensas de ribera construidas para la protección de los pozos de captación de ESVAL S.A., ubicadas entre los Km. 5,5 y 5,0. Estas defensas actúan desviando las aguas hacia la ribera sur, estrechando el escurrimiento y protegiendo con ello sus pozos y una zona de terrenos agrícolas ubicados en la caja del río. El escurrimiento principal vuelve a apegarse a la ribera norte del río, en el Km.3,6 debido al encajonamiento del cauce.

A lo largo de todo el sector se observa la generación de islotes en el centro del escurrimiento, abriéndose el cauce en un escurrimiento principal y un brazo de tipo secundario.

Debido a la configuración de este islote ubicado frente a la descarga del Estero San Juan se genera una corriente secundaria en el Río Maipo que impacta frontalmente contra la ribera norte. Al llegar en el mismo sector las aguas del Estero San Juan, que corren apegadas a esta orilla, se genera un sector de 400 m. de longitud fuertemente afectado por la acción erosiva de la corriente, exponiendo el terraplén del camino a la localidad de San Juan.

Km. 3,9 - 2,7 Este tramo presenta un fuerte estrechamiento en relación a las secciones de escurrimiento aguas arriba. Este sector se encuentra

encajonado por la ribera norte por barrancos, presentando el escurrimiento sus mayores profundidades en este tramo.

Km. 2,7 - 1,7 Este tramo presenta en su inicio un suave ensanchamiento desde 280 m. a 360 m. en una longitud de alrededor de 350 m. comenzando luego paulatinamente a estrecharse hasta alcanzar un ancho de 140 m. al término del tramo.

En el Km. 2,3 se encuentra el Puente Lo Gallardo. En general a lo largo del tramo, el cauce se encuentra confinado a la ribera norte por barrancos de pequeña altura.

Km. 1,7 - 0,0 Este tramo tiene una configuración muy similar a la del tramo aguas arriba.

El ancho de la desembocadura se encuentra limitado por la barrera natural que se conforma en estos sectores (barra) por la sedimentación de las arenas del arrastre litoral.

Se generan algunos islotes que dividen el cauce en un escurrimiento principal y un brazo secundario.

En el Km. 0,7 desemboca por la ribera norte, el estero El Sauce casi en forma perpendicular al Río Maipo, no observándose problemas en su descarga.

2.4.1.2. Crecidas poco frecuentes.

Km 5,5 - 3,2 La ribera norte se encuentra confinada siempre por las laderas de cerro, presentando a partir del Km. 4,1 una planicie angosta pero que confina el escurrimiento mediante barrancos de mediana altura.

Las defensas de la ribera de ESVAL S.A., son sobrepasadas quedando su coronamiento bajo agua en alrededor de 1 m. aproximadamente, ocurriendo lo mismo con los pozos y terrenos agrícolas, que se veían protegidos por la acción de éstas.

Por otra parte en el Km. 5,0 la amplia área de inundación alcanza algunas casas de la localidad de San Juan ubicadas adyacentes al camino de acceso a las instalaciones de ESVAL S.A..

Km. 3,2 - 2,5 Este sector presenta a todo lo largo un paulatino angostamiento.

Con este tipo de crecidas, a causa del natural aumento del nivel de las aguas, se produce inundación en el sector de Lo Gallardo, alcanzando incluso el camino, en una longitud de 400 m. aproximadamente.

En este tramo se origina un aumento de la tasa de arrastre de sedimentos, en relación a los tramos inmediatamente aguas arriba. Al término del tramo se encuentra el Puente Lo Gallardo, encontrándose el estribo norte, comprometido en el área ocupada por el escurrimiento principal de esta crecida.

Km. 2,5 - 0,0 En este tramo el cauce vuelve a retomar un ancho de alrededor de 1.400 m. , disminuyendo en la desembocadura al mar, hasta un ancho de 600 m.

En la ribera norte se observa que el aumento del nivel de las aguas, deriva en el anegamiento de todo el sector urbano de Tejas Verdes, adyacente a la ribera del Río Maipo, desde el Puente Lo Gallardo, hasta la confluencia del Estero El Sauce.

Dichas inundaciones actualmente han sido mitigadas mediante la construcción de algunas defensas de ribera que permiten desviar el curso principal de las aguas hacia el centro del cauce. Su comportamiento frente al paso de grandes crecidas es incierto, dado que el nivel de escurrimiento sobrepasa estas obras.

Una de las modificaciones importantes que se esperaría ocurriera en este tramo es que la barrera de sedimentos que actualmente se desarrolla en la desembocadura, de sur a norte, sea arrastrada hacia el mar, desapareciendo y permitiendo el paso de las aguas. Esta barrera se volvería a formar una vez pasado el peak de la crecida.

En general a lo largo de todo el tramo de la ribera urbana sur de San Antonio, los puntos afectados por erosión, son los mismos identificados para las crecidas de orden frecuente, ya que las condiciones topográficas, obligan al curso principal a mantener su caja, aumentando para las crecidas de orden superior, el nivel de escurrimiento. Por otra parte, como la capacidad de arrastre de sedimentos es mayor para esta crecida, los problemas detectados, se verán agudizados o intensificados

2.5. Principales problemas detectados.

De los resultados obtenidos del estudio de crecidas, tanto para aquellas de orden periódico, como para las de carácter poco frecuentes, se identificaron los siguientes puntos críticos, respecto del riesgo de rebases o erosión de riberas.

Km. 5,0 Desembocadura del Estero San Juan.

Este sector se encuentra comprometido por la acción de las aguas de inundación para crecidas de carácter poco frecuente.

Dichas inundaciones tiene origen en el alto nivel que alcanzan las aguas para esta crecida, en relación a la cota en que se ubica este sector.

La acción de las aguas comprometen un sector poblado ubicado adyacente al camino de acceso a las instalaciones de ESVAL S.A., interrumpiendo a su vez el tránsito por dicha vía.

Km. 4,0 – 3,8 La ribera se encuentra sometida a la acción erosiva de las aguas provenientes del Estero San Juan y de una corriente secundaria del Río Maipo, que debido a la configuración de un islote ubicado en el sector, la hace escurrir con sentido sur norte chocando frontalmente contra la ribera, comprimiendo además el escurrimiento del primero contra esta última.

Este problema se detectó tanto para las crecidas poco frecuentes, como las de orden periódico, siendo mas intensa la acción erosiva en el primer caso.

Km. 3,8 – 3,3 El aumento de nivel de las aguas para las crecidas poco frecuentes, genera la inundación de terrenos adyacentes a la ribera.

Km. 3,3 – 2,6 Con las crecidas de orden periódico se activa un brazo secundario, que corre apegado a la ribera norte y que somete a este sector a la acción de una erosión progresiva que ha derivado en la pérdida de terreno para todo el sector poblado ubicado en este sector.

Para las crecidas extraordinarias o poco frecuentes, el aumento del nivel de escurrimiento hace que las aguas alcancen el Camino a Lo Gallardo-San Juan, afectándolo en una longitud de 400 m.

Km. 2,2 En este punto se ubica el estribo norte del Puente Lo Gallardo, el que es alcanzado por las aguas en las crecidas poco frecuentes. Dado que el escurrimiento principal corre apegado a la ribera norte, es necesario verificar el adecuado comportamiento de esta obra.

Km. 2,1 – 0,9 Todo este sector se encuentra comprometido por la acción de las aguas para las crecidas extraordinarias, inundando una faja de alrededor de 100 m. de ancho medio.

En el sector se han construido algunas protecciones que permiten el desvío de la corriente principal, cuyo efecto sólo es efectivo para las crecidas de orden periódico. Durante las crecidas extraordinarias su acción es mas bien incierta, principalmente por el nivel alcanzado por las aguas.

2.6. Alternativas de solución.

Del diagnóstico realizado, se desprende que para las crecidas de orden frecuente no existen inundaciones de sectores ribereños, detectándose sólo algunos problemas puntuales de socavación.

Durante las crecidas de mayor magnitud o poco frecuentes, se generan amplias zonas de inundación que comprometen sectores urbanos ubicados en la ribera norte (sector urbano sur de la comuna). Estos sectores urbanos comprometidos son las localidades de San Juan, Lo Gallardo y Tejas Verdes.

Las zonas inundadas en la ribera norte, comprometen áreas urbanas habitadas que necesariamente requieren de obras de protección a fin de resguardar tanto la infraestructura existente, como el estándar de vida de la población comprometida.

3. RIESGO DE ALUVIONES

El fenómeno de los aluviones corresponde a material en suspensión, principalmente fango, cieno y arena, que es arrastrado a lo largo del lecho de un río. El tamaño de un aluvión depende de la cantidad de material que arrastre y del monto de las precipitaciones; su velocidad depende de la pendiente del lecho del río.

Estos pueden encauzarse por la quebrada del Estero El Sauce y en ellas influyen variables tales como pendiente de la quebrada, existencia de depósitos sueltos y precipitaciones de gran intensidad. La hoya hidrográfica del Estero El Sauce a pesar de su gran extensión (114Km²), hace poco probable la posibilidad de aluvión dada su baja pendiente (0,1%).

4. RIESGO DE TSUNAMIS

Los tsunamis corresponden a grandes olas marinas que se producen a lo largo de una costa como producto de terremotos, que tiene su epicentro en el fondo del Océano Pacífico en sectores correspondientes a la plataforma continental.

En el caso de San Antonio no existen muchos registros de este tipo de fenómenos, sólo para el terremoto del 3 de Marzo de 1985, en que las deformaciones del fondo marino produjeron un pequeño maremoto y tsunami con un aumento inicial de 0,2 m. alcanzando hasta 3 a 4 m.

Son un riesgo para la zona baja de Barrancas y Llo-Lleo incluyendo la zona portuaria y las poblaciones Juan Aspee y Brisamar y todo el borde costero.

En el sector sur del Puerto de San Antonio, debido al arrastre de sedimentos que trae el Río Maipo, las profundidades son menores a 26 m. por lo que la velocidad de las olas disminuye en la medida que se acerca a la costa, con la consecuente pérdida de energía por efecto de la fricción.

BIBLIOGRAFÍA

- _GEOTÉCNICA CONSULTORES.** "*Estudio de Microzonificación Sísmica de San Antonio*", de fecha 12 de Septiembre de 1988; contratado por el MINVU mediante la Res. N°343 del 11.11.87. Trabajo de recopilación de información y visitas a terreno coordinado y realizado en conjunto con el Arquitecto U.Ch. Sr. Miguel Ross Rozas, Asesor Urbanista y Encargado del Dpto. de Permisos de la Dirección de Obras Municipales de la I. Municipalidad de San Antonio, desde Marzo de 1986 a la fecha.
- _A.C. INGENIEROS CONSULTORES.** "*Estudio de Ingeniería, Diagnóstico y soluciones técnicas Río Maipo, sector Lo Gallardo. Provincia de San Antonio*". Informe Primera Etapa, 1992.
- _A.C. INGENIEROS CONSULTORES.** "*Estudio de Ingeniería, Diagnóstico y soluciones técnicas Río Maipo, sector Lo Gallardo. Provincia de San Antonio*". Informe Final, 1993.
- _ANDRADE B. CASTRO C.** "*Ensayo y detección de unidades morfodinámicas en las planicies litorales de Chile Central*". En revista Terra Australis. Santiago Chile, 1981.
- _BRÜGEN, JUAN.** "*Fundamentos de la Geología de Chile*". Editorial Instituto Geográfico Militar, 1950.
- _CLARET, J.** "*Estudio del subsuelo de San Antonio*". Memoria para optar al título de ingeniero Civil. U. De Chile. Santiago, 1968.
- _CRUZ, E.** "*Lecciones del sismo del 3 de Marzo de 1985*". Editorial, Instituto Chileno del cemento y del hormigón. Santiago. Julio, 1988.
- _CHARRIER, R.** "*Informe sobre observaciones geológicas efectuadas los días 7 al 9 de Marzo de 1985 en las Regiones V y Metropolitana*". Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. U. de Chile, 1985.
- _GUEVARA, TERESA.** "*La microzonificación sísmica como base para el ordenamiento de Caracas*". Revista Urbana N°18, 1996 (Pgs. 31-44).
- _MARTINEZ-CONDE G., LEONOR.** "*Determinación de áreas de vulnerabilidad sísmica en la comuna de San Antonio*". Pontificia Universidad Católica de Chile, 1997.
- _ONEMI.** "*Informe: Riesgo Sísmico Santiago*", Chile, 1996.
- _UNESCO.** "*Terremotos, Evaluación y mitigación de su peligrosidad*". Editorial Blume, Barcelona España, 1980.