Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica

SOCHID

ISSN 0716-3746 Volumen 25 Número 1 Diciembre 2010

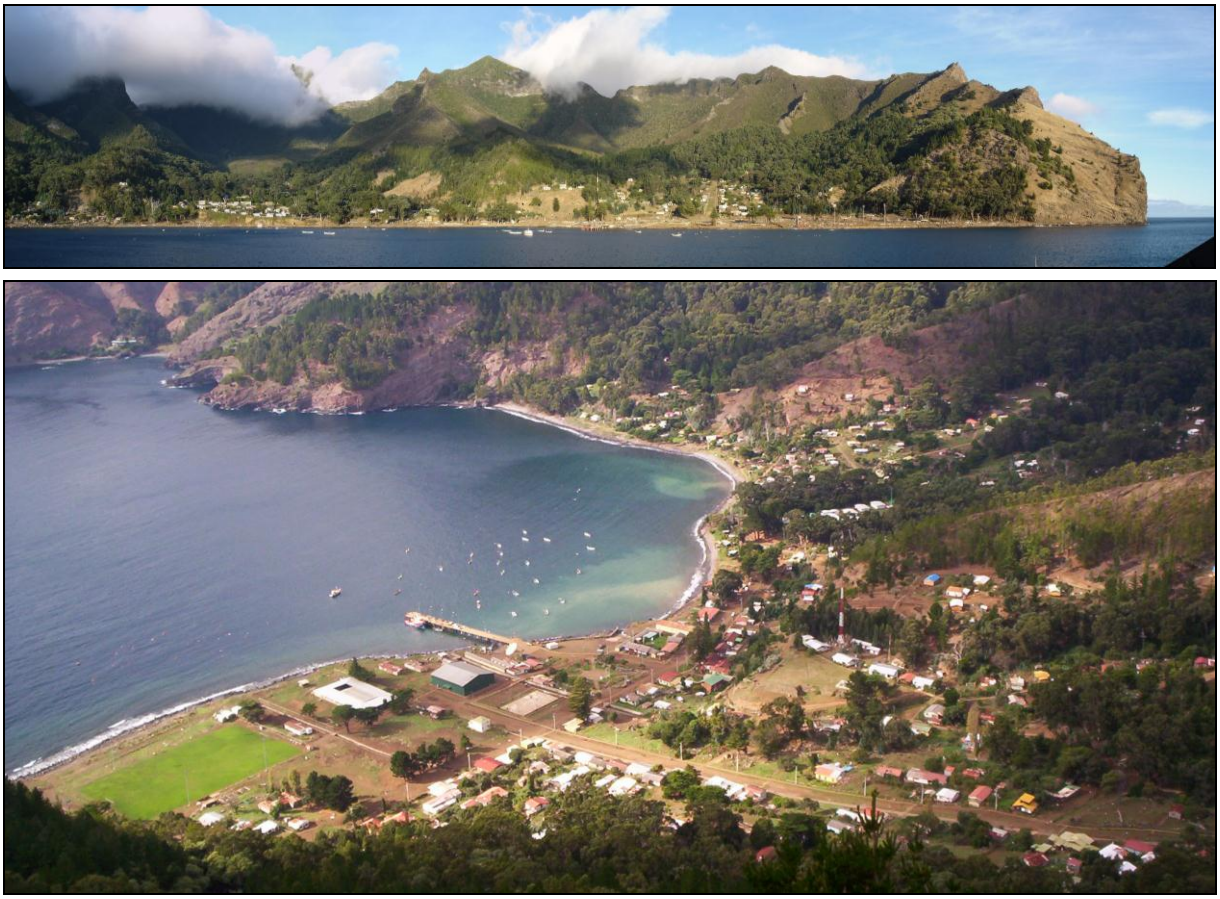
OBSERVACIONES DE CAMPO DEL TSUNAMI DEL 27 DE FEBRERO DE 2010 EN ISLA ROBINSON CRUSOE, ARCHIPIÉLAGO JUAN FERNÁNDEZ.

Patricio Winckler Grez. Ingeniería Civil Oceánica Universidad de Valparaíso
Mauricio Reyes Gallardo. Ingeniería Civil Oceánica Universidad de Valparaíso
Ignacio Sepúlveda Oyarzun. Ingeniería Civil Oceánica Universidad de Valparaíso

RESUMEN

El 27 de febrero de 2010, a hora local 3:34 AM, la zona central de Chile fue sacudida por un terremoto que alcanzó una magnitud de 8.8 grados en la escala de Richter, con epicentro 63 [km] al SO de Cauquenes y profundidad focal estimada en 35 [km]. Como consecuencia del terremoto, se registraron ondas de tsunami que impactaron con gran intensidad 550 kilómetros a lo largo de la costa continental, desde San Antonio a Tirúa, afectando también el Archipiélago Juan Fernández, ubicado a 600 [km] de la costa. El poblado de San Juan Bautista (Figura 1), ubicado en Bahía Cumberland fue impactado por ondas de tsunami que arrasaron con la zona baja del pueblo, dejando a su paso un total de 12 víctimas fatales, 6 desaparecidos, unas 50 familias damnificadas y un impacto en las principales actividades económicas de la isla como son la pesca artesanal y el turismo.

Figura 1: Poblado de San Juan Bautista desde Bahía Cumberland.



Cabe parte del International Tsunami Survey Team (UNESCO), un equipo de Ingeniería Civil Oceánica efectuó un levantamiento de la zona de inundación, una evaluación de daños en obras portuarias y simulaciones hidrodinámicas cuyo objetivo fue evaluar las características de la inundación y las consecuencias sobre las instalaciones terrestres y portuarias. Este artículo resume los trabajos efectuados en terreno y algunas recomendaciones de carácter general que debieran contemplarse en la definición del plan de ordenamiento territorial y en planes de educación a la comunidad.

ANTECEDENTES HISTORICOS

Los tsunamis corresponden a ondas de período largo y baja probabilidad de ocurrencia, cuyos efectos a nivel costero son altamente dependientes del mecanismo que los genera y de las condiciones locales del emplazamiento. Los mecanismos de generación de tsunamis más comunes son los terremotos submarinos y avalanchas submarinas. Desde 1562 a la fecha, en Chile se han registrado 28 tsunamis magnitud significativa, lo que sugiere una recurrencia de un tsunami cada 16 años. De ellos, los tsunamis más destructivos fueron generados por terremotos de 1730, 1835, 1868, 1877, 1922, 1960 y 2010, lo que sugiere una recurrencia cercana a los 50 años si se considera el borde costero nacional en su integridad.

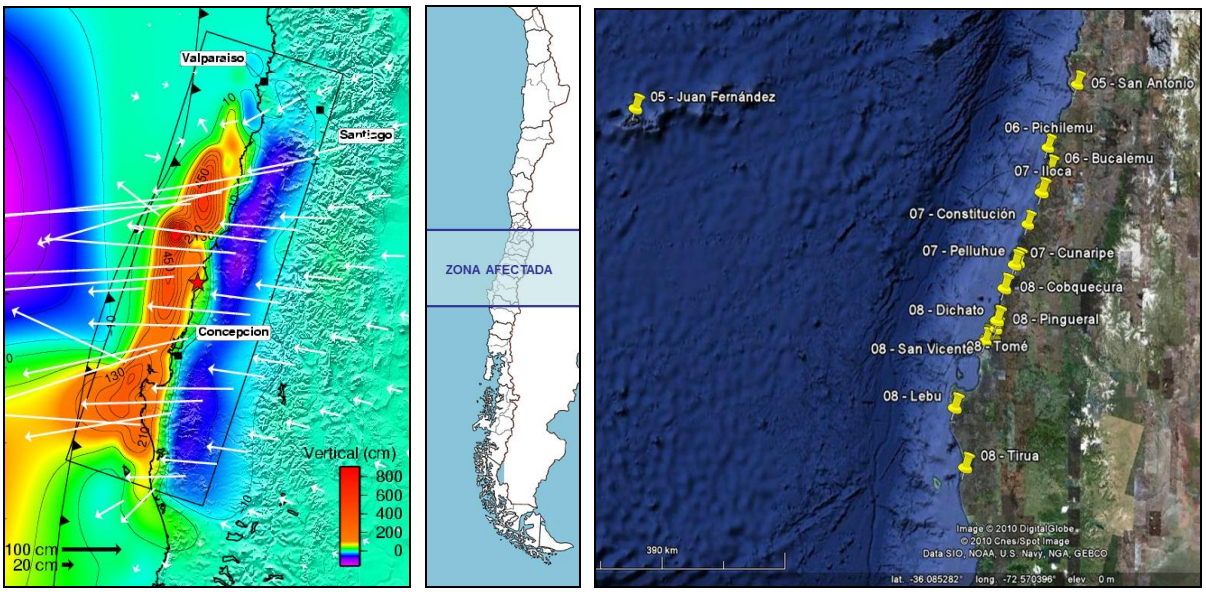
San Juan Bautista se ubica en la Bahía Cumberland, cuya configuración abierta hacia el norte lo convierte en blanco de tsunamis generados en las costas de Chile y en otros lugares del cinturón de fuego del Océano Pacífico. Las crónicas indican que el 25 de mayo de 1751 se generó un terremoto de magnitud 8,5 y posterior tsunami que impactó al archipiélago, donde perecieron 35 personas incluyendo el Gobernador. Asimismo, el 20 de febrero de 1835 se generó un terremoto de magnitud 8 a 8,2 que afectó las instalaciones portuarias de San Juan Bautista. Este terremoto abarco una zona de ruptura comparable al de 2010 y el tsunami presentó una zona de inundación similar. El tsunami de 1922 generó una inundación máxima estimada en 20 [m] en tanto que el terremoto de 1960 no generó grandes daños en Bahía Cumberland[(1)].

En forma espontánea, los isleños mencionan asimismo “subidas de mar” y “explosiones submarinas” sin fecha definida y comportamientos extraños de cangrejos y perros durante estos eventos. En algunos casos se refieren como “mar boa”, a aquella anomalía asociada a una crecida impulsiva del nivel del mar, sin necesariamente romper como el oleaje generado por viento. Esta información forma parte de la tradición oral y no ha sido investigada en el marco de este estudio.

DESCRIPCIÓN FISICA DEL TSUNAMI DEL 27 DE FEBRERO DE 2010

El tsunami del 27 de febrero fue generado por una zona de ruptura de 450 [km] de longitud, en la cual se evidenciaron deformaciones verticales del fondo marino de hasta 450 [cm], las cuales son responsables de la transferencia de energía a la masa de agua (Figura 2). Las deformaciones horizontales, de hasta 100 [cm], son de menor relevancia en la generación de tsunamis aun cuando esa aseveración es materia de investigación en la actualidad.

Figura 2: Campo de deformaciones verticales y horizontales en la zona de ruptura del terremoto del 27-02-2010.

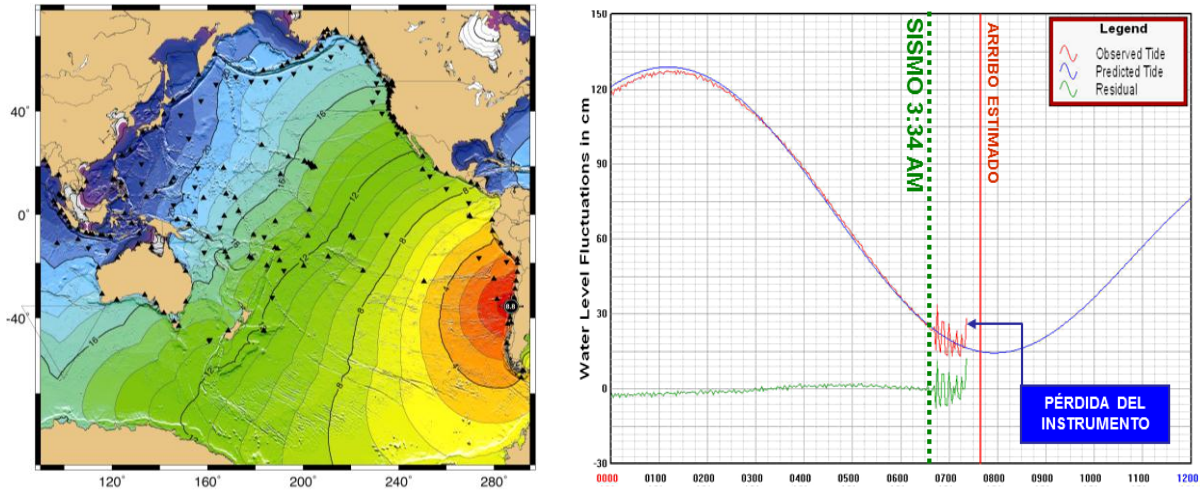


Fuente: http://tectonics.caltech.edu/slip_history/2010_chile/index.html.

En las inmediaciones del Océano Pacífico el tsunami se manifestó con alturas inferiores a 1,0 [m], alcanzando las costas de Hawaii 15 horas de ocurrido el terremoto y Japón a las 22 horas. Estas alturas no son representativas en los asentamientos costeros pues las ondas experimentan una serie de fenómenos en la medida que se propagan a profundidades menores y son altamente dependientes de las condiciones locales.

El tsunami se aproximó al archipiélago de Juan Fernández desde el sureste, como dirección dominante. En la Isla Robinson Crusoe, las ondas generadas alcanzaron las costas en forma de leves anomalías a partir de las 03:42 AM y como una o varias olas grandes a contar de las 04:23 AM, instante en que el mareógrafo del SHOA dejó de registrar (Figura 3). El tiempo de arribo del tsunami al poblado se estima en 49 minutos, tiempo suficiente para la entrada en funcionamiento del Sistema Nacional de Alerta de Maremotos, que en esta ocasión no funcionó por razones que exceden el alcance de este artículo y son materia de investigación judicial.

Figura 3: Líneas isócronas registro del mareógrafo de Juan Fernández para el tsunami de 27-02-2010.



Fuente: http://ioc3.unesco.org/itic/contents.php?id=667.
Nota: La hora corresponde a zona horaria GMT y deben restarse 3 horas para obtener la hora local.

A diferencia de lo ocurrido en el continente, no se sintió un movimiento telúrico significativo en el Archipiélago, razón por la cual pocos de los habitantes de la zona afectada estaban despiertos al momento del ataque de las olas. Algunos testigos señalan haber percibido un temblor leve pasadas las 3:30 AM, sin certeza respecto a la hora de percepción de ese sismo. De la interpretación de un total de 27 entrevistas efectuadas a testigos oculares se estima que el sismo tuvo una intensidad 2 a 3 en la escala de Mercalli.

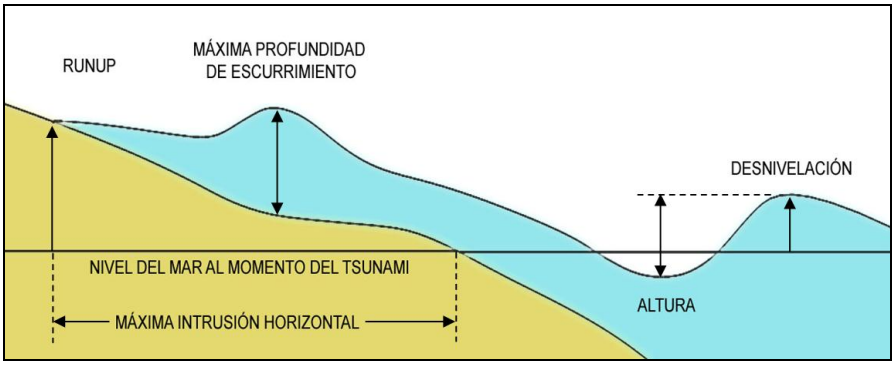
Las ondas del tsunami arrasaron la zona baja del poblado de San Juan Bautista, donde se encontraban la mayoría de los servicios públicos (Municipalidad, colegio, Correos de Chile, Capitanía de Puerto, Gimnasio Municipal, Notaría y Conaf, entro otros) y gran parte de la actividad comercial y turística de la isla. La infraestructura turística se vio ampliamente dañada, puesto que aproximadamente el 80% de las hosterías y hospederías se ubicaban en la zona devastada. Diversos son los relatos de personas que salvaron sus vidas nadando en aguas turbulentas, algunas aferradas a escombros o árboles, con la escasa iluminación que proporcionaba la luna llena en una noche parcialmente nublada. En las figuras 4 y 5 se presentan fotografías aéreas del poblado de San Juan Bautista y del sector inmediato al muelle antes y después del tsunami. En lo sucesivo se presentan antecedentes específicos sobre los efectos hidrodinámicos en San Juan Bautista.

Figura 4: Fotografías antes y después en San Juan Bautista, Bahía Cumberland desde el mismo punto de vista.

TRABAJOS EN TERRENO

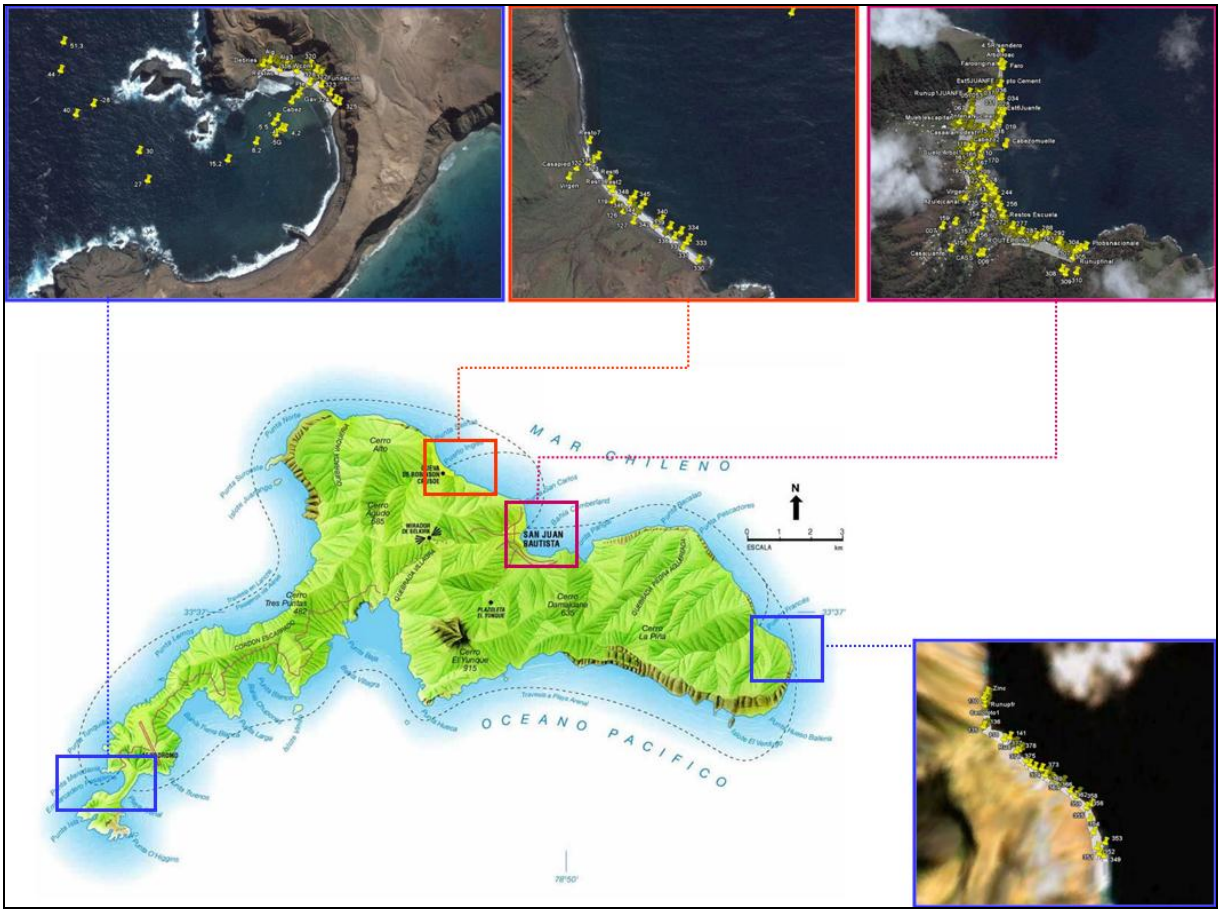
Se efectuaron dos levantamientos entre los días 27 y 31 de marzo de 2010 y entre el 7 el13 de abril de 2010 con el apoyo de la Armada de Chile, que facilitó el desplazamiento en la lancha Arcángel y en dos botes zodiac pertenecientes a la dotación de la Barcaza Valdivia. Se contó con dos equipos Garmin GPSMAP60csx, con que se registraron 250 puntos con información planimétrica y altimétrica en Bahía Cumberland, Bahía del Padre, Puerto Inglés, Puerto Francés y Bahía Pangal (Figura 6). Se midió una serie de parámetros hidrodinámicos (Figura 5), incluyendo la zona inundada por el tsunami, los run-up acusados por restos flotantes y algunos puntos en donde se podía estimar la profundidad de flujo desde los rastros en los árboles.

Figura 5: Fotografías antes y después en San Juan Bautista, Bahía Cumberland desde el mismo punto de vista.



Se sostuvo entrevistas con sobrevivientes y testigos oculares del tsunami, seleccionados de aquellas personas que habían logrado asumir los aspectos emocionales de la experiencia. En tal sentido, el equipo realizó las consultas a la psicóloga del consultorio, a fin de obtener recomendaciones sobre personas en condiciones de ser entrevistadas.

Figura 6: Vista general de los sectores contemplados en los levantamientos.



EFECTOS EN BAHIA CUMBERLAND

La manifestación inicial del tsunami ocurrió entre las 4:10 y 4:15 AM inundando hasta la mitad de la cancha de fútbol de manera lenta y silenciosa. De acuerdo a testimonios de testigos, pudo ser observada por la luz proveniente de las instalaciones para estudios nucleares ubicadas en el borde costero. Cerca de esa posición se encontraba el generador de energía, que quedó fuera de operación con la segunda ola, dejando al pueblo en la oscuridad. Aparentemente la luna llena no proporcionó luminosidad suficiente para alertar a los lugareños. Algunas personas que permanecían despiertas observaron la irrupción inicial de la onda y dieron la alarma en forma oral. Luego del corte de energía, se oyó el “gong” de alerta desde el cuartel de carabineros. Puede inferirse que la primera entrada de agua no generó suficiente ruido como para despertar a la totalidad de los residentes y su carácter sorpresivo tampoco permitió avisos de alerta masivos. Testigos sorprendidos por el flujo en la zona baja del poblado se percataron del tsunami por el ruido proveniente desde el sector “El Palillo”, con un sonido asociable a vidrios y estructuras en rompimiento.

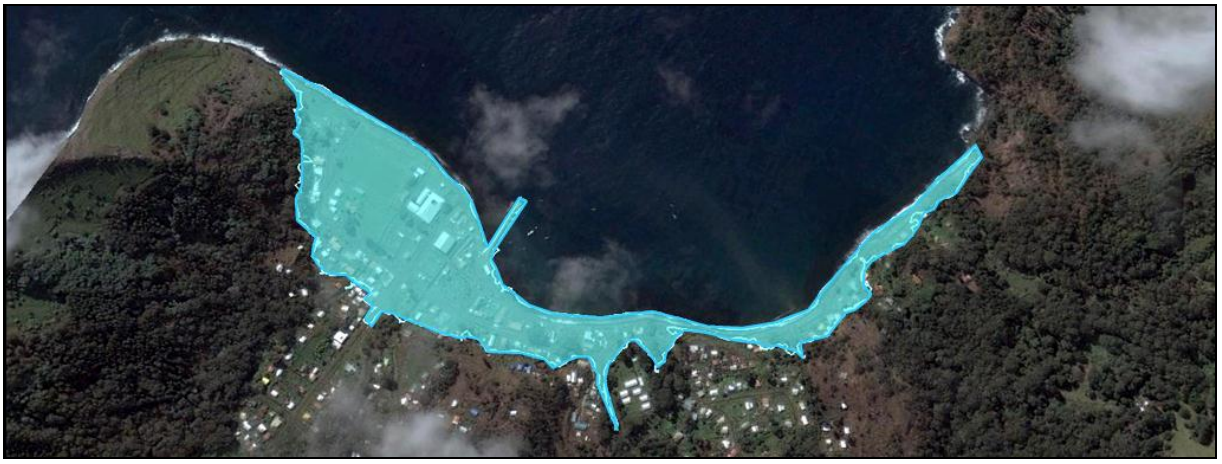
Luego de la primera ola se observó una recogida del mar de alrededor de 30 a 50 [m] desde la línea de costa, descrita por una sobreviviente que quedó de pie sobre el fango y por un pescador cuya embarcación se encontraba amarrada al muelle. Luego de la recogida del mar se registró una segunda ola desde el Este e inmediatamente una del Noroeste, que puede asociarse a las reflexiones sobre el talud batimétrico de bahía Cumberland. Aparentemente, el efecto conjunto de ambas es responsable del mayor daño ocurrido en las viviendas. A las 4:20 AM aproximadamente la inundación alcanza el inicio del camino La Pólvora. Testigos indican haber observado un burbujeo en la zona superior del flujo, remolinos en el sector de la plaza y una gran cantidad de escombros flotando y arrastrados por el agua.

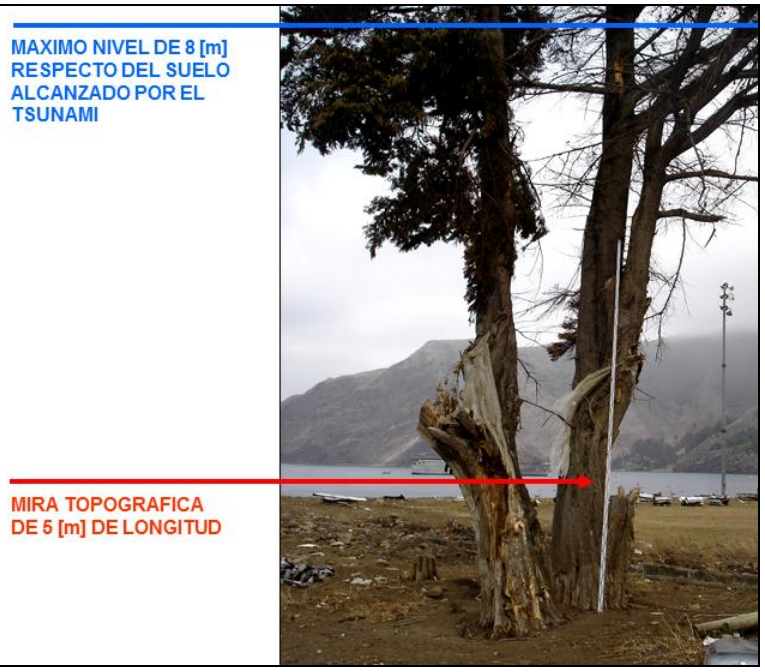
La inundación causó la implosión del gimnasio, la flotación de viviendas livianas y el desprendimiento de techumbres. La ruptura de ventanales indujo flujos que expulsaron a personas y objetos desde el interior de las estructuras. Los sobrevivientes permanecieron flotando detrás de la zona de escombros flotantes (Figura 9). Hubo maniobras de rescate que fueron abortadas por la irrupción de la segunda y tercera ola. En lo sucesivo el desarrollo de la inundación fue errático, con corrientes importantes en la superficie, representadas por la traslación relativamente rápida de botes u otros elementos en flotación.

Los testigos señalan que el ruido fue ensordecedor y que una vez ocurrido el ataque de las olas la superficie del mar volvió a una quietud estremecedora. Este dato es interesante, pues indica que el patrón hidrodinámico en la isla fue distinto al evidenciado en el continente, donde por efectos locales, el tsunami se manifestó incluso 10 horas después de ocurrido el sismo.

De acuerdo a las mediciones en terreno, la intrusión horizontal máxima alcanzó 300 [m] y el runup 20 [m], en tanto que la máxima profundidad de escurrimiento en las cercanías del borde costero alcanzó por sobre los 8 [m] (Figura 7). Un cálculo grueso basado en la ecuación de energía –una vez conocido el runup- permite estimar una velocidad de hasta 10 [m/s]. Estas características del flujo evidencian el gran potencial destructivo de las ondas.

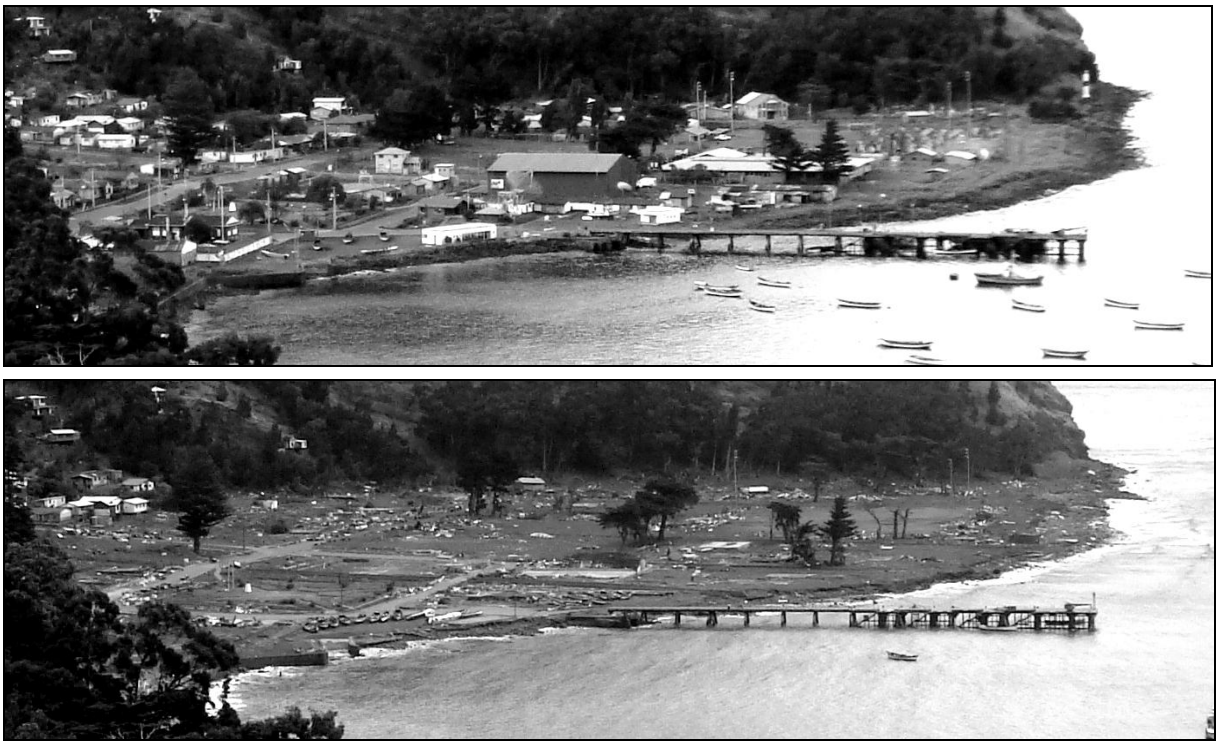
Figura 7: Máxima inundación el poblado de San Juan Bautista.





El borde costero de Bahía Cumberland resultó seriamente afectado, dado que prácticamente todas las estructuras de defensa existentes en el área utilizada por los pescadores resultaron dañadas. En el sector sur del muelle, el muro que protegía la explanada de servicio para los pescadores se volcó en una longitud de 40 [m] aproximadamente por efecto de socavación. En el costado norte del muelle se volcaron los muros de hormigón que protegen la rampa existente. Tanto los boxes como las instalaciones de servicio utilizadas por los pescadores resultaron totalmente destruidas. En muelle quedó inoperativo para embarcaciones mayores debido a la destrucción parcial de las defensas de caucho (Figura 8).

Figura 8: Fotografías antes y después en San Juan Bautista, Bahía Cumberland desde el mismo punto de vista.



Por efecto del flujo de resaca, se removieron grandes cantidades de material que fueron depositados en el fondo y quedaron flotando en el sector de El Palillo (Figura 9). La contaminación por escombros fue sucedida por contaminación de hidrocarburos provenientes de los estanques de acumulación utilizados en motores y generadores eléctricos ubicados en la zona arrasada.

Figura 9: Escombros flotantes el día posterior al tsunami en el sector del Palillo.

Fuente: Gentileza de Sr. Rudy Aravena Ortiz.

Durante los trabajos en terreno se detectaron fallas por impacto y flotación en prácticamente todas las edificaciones ubicadas en la zona inundada, que se contabilizan en 160. Los daños están asociados a las fuertes corrientes de resaca y a flotación de viviendas livianas y elementos flotantes, que contribuyen al potencial destructivo de las ondas. A modo de ejemplo, en la Figura 10 se muestra una vista parcial de la zona afectada: en primer plano se observan las fundaciones (poyos) de las instalaciones la Municipalidad, que resultó completamente destruida por el ataque de las olas.

Figura 10: Vista parcial de la zona arrasada por el tsunami

El tipo de falla generalizada en las fundaciones se observa en los restos del pub El Pez Volador, ubicado en el borde costero (Figura 11). Los “poyos” construidos con bases de hormigón de unos 20 a 30 [cm], colapsaron debido a la socavación general del suelo y a la socavación local producto de la interacción del flujo con la estructura. Se observa que la unión entre “poyos” y vigas que soportan el piso de la vivienda es débil, lo que genera un desprendimiento de la parte superior de la estructura, actuada por fuerzas hidrodinámicas de presión, de arrastre y flotación. Las unión entre muros y de muros con techumbres evidenciaron desprendimiento en aquellos pocos casos en que pudieron identificarse -gran parte de los escombros no permitían identificación alguna- lo que denota una debilidad constructiva.

Figura 11: Socavación de fundaciones en el Pez Volador, cerca de la rampa.

Las ondas arrastraron a la gran mayoría de las embarcaciones en Bahía Cumberland, provocando el naufragio de algunas y el vertido de combustibles en el agua. A modo de ejemplo, se menciona el caso de la embarcación “Carrera”, atracada al oeste del muelle antes del ataque de las olas, y que fuera desplazada por sobre el mismo y depositada a unos 200 [m] al este, según se observa en la esquina inferior derecha de la Figura 12.

Figura 12: Embarcación "Carrera", hundida 200 [m] al este del muelle en Bahía Cumberland.

Otro ejemplo lo constituye la lancha "Alborada" (Figura 13), que se ubicaba sobre un carrito en el sector de la rampa, y que fue desplazada al Este por las olas en alrededor de 110 [m] hasta impactar un árbol.

Figura 13: Lancha pesquera "Alborada" desplazada desde la rampa.

Gran parte de las instalaciones de telecomunicaciones y servicios básicos fueron arrasadas por las olas, dejando prácticamente paralizada a la isla luego del tsunami. A modo de ejemplo, en el centro de la Figura 14 se muestra el estado de destrucción de la antena de Internet cerca de la Municipalidad.

Figura 14: Destrucción de la antena de Internet en las cercanías de la Municipalidad.

De acuerdo a una inspección submarina efectuada el 28 de marzo de 2010 por el biólogo marino Florian Schneider en El Pangal, ubicado en el extremo occidental de Bahía Cumberland, se modificó drásticamente el ecosistema debido al arrastre de las rocas que daban sustrato a la fauna bentónica entre la superficie y los 15 [m] de profundidad. Por efecto del tsunami, estas formaciones fueron reemplazadas por arena y rocas de tamaño menor, en tanto que las cuevas existentes que albergaban comunidades de peces, esponjas y equinodermos fueron cubiertas por los sedimentos. Las rocas desplazadas tenían dimensiones de varios metros, lo que sugiere la presencia de corrientes con una gran capacidad de arrastre. Las pocas rocas remanentes fueron "blanqueadas" de organismos bentónicos por la rodadura de las mismas e impacto con otros escombros (Figura 15).

Figura 15: Fondo marino en el sector El Pangal, Bahía Cumberland.

Fuente: Gentileza del Sr. Florian Schneider.

Incluso a 20 [m] de profundidad se evidenciaron efectos significativos que se asocian a un desplazamiento de masas de agua en toda la columna de agua, dada la condición de onda larga del tsunami en su arribo a profundidades bajas. El tsunami arrastró organismos vivos a la superficie y se encontraron pepinos de mar, peces, estrellas, pulpos y langostas en la zona de inundación. En el sector se cuenta únicamente con registros cualitativos sobre la inundación, con runups estimados de 6 [m] sobre el nivel medio del mar.

Cabe mencionar que la isla Robinson Crusoe constituye un ecosistema único, debido a su alto grado de endemismo. Esta característica difiere con el continente, donde las corrientes litorales generan un flujo larval con dirección predominante sur a norte. En consecuencia, es esperable que el sistema ecológico experimente una regeneración lenta e incluso puede darse un proceso irreversible debido a la alteración significativa de la red trófica.

EFECTOS EN OTROS SECTORES DE LA ISLA ROBINSON CRUSOE

En Puerto Inglés, ubicado a 1,5 [km] al este de Bahía Cumberland, no se observaron alteraciones significativas del fondo marino. Dos correntómetros pertenecientes a biólogos marinos de la Pontificia Universidad Católica, ubicados a 5 y 36 [m] de profundidad y fondeados previamente para fines científicos, no experimentaron desplazamientos significativos a pesar de estar constituidos por dos muertos de 70 [kg] c/u y una línea de anclaje de acero. Esto sugiere que la hidrodinámica del tsunami fue muy sensible a las condiciones locales de Bahía Cumberland y sus efectos menores en sectores más abiertos, donde las aceleraciones advectivas debidas al cambio de la batimetría tienden a ser menores.

Bahía El Padre se ubica al extremo occidental de la isla Robinson Crusoe y cuenta con un muelle de pilotes para embarcaciones de poco calado, que sirve de conexión entre el poblado de San Juan Bautista y el aeródromo. La infraestructura portuaria permaneció sin daños estructurales que afectaran su funcionamiento, no obstante, se observaron pelillos en barandas del muelle y una importante cantidad de escombros arrastrados por flotación y corrientes probablemente desde Bahía Cumberland.

Por su ubicación hacia el Este de Bahía Cumberland, la información respecto a los niveles alcanzados por la inundación en Puerto Francés es muy relevante para la caracterización del fenómeno. El terreno costero corresponde a un pequeño valle aluvial, con un canal natural de escurrimiento de aguas lluvias. El sector fue afectado gravemente por el tsunami, desapareciendo un turista que fue arrastrado por efecto de la inundación y el refugio de CONAF resultó totalmente destruido. En sus márgenes se ubicaba el refugio de CONAF y una zona de camping. A pesar de no contar con información cualitativa del fenómeno, se puede inferir que hubo un encajonamiento del flujo, con velocidades importantes y gran capacidad de arrastre.

Ubicado hacia el Oeste de Bahía Cumberland, Puerto Inglés es uno de los lugares de mayor atractivo turístico de la isla, pues en éste se ubica una caverna donde Alejandro Selkirk residió en su permanencia como único habitante. Cuenta con una playa rocosa de pronunciada pendiente, al término de un valle aluvial relativamente extenso y con una canalización natural de escurrimiento de aguas lluvias. Se observaron escasos antecedentes que permitiesen inferir una cota de inundación por tsunami, asumiéndose como línea probable de runup la propia defensa natural de bolones, en su cota media.

LECCIONES Y RECOMENDACIONES

Una revisión somera de la historia de registros de tsunamis en el Archipiélago Juan Fernández indica que es altamente probable estos eventos se repitan y generen inundaciones en el poblado de San Juan Bautista. La evidencia hace imperativa la definición de líneas de acción tendientes a reducir el riesgo. Los siguientes principios orientados a mitigar el impacto de tsunami pueden constituir un aporte en el contexto de la reconstrucción de este y otros poblados afectados o ubicados en zonas de riesgo:

- Evitar la edificación viviendas en áreas potencialmente inundables
- Disminuir el efecto de tsunamis mediante el uso de elementos rugosos
- Desviar o bloquear el flujo mediante obras de defensa perimetrales

En general, estas estrategias pueden ser usadas en forma separada o combinadas dentro de una solución más amplia. Los métodos utilizarse en forma pasiva para permitir el paso de un tsunami a través de un área sin causar mayor daño o bien ser usados construyendo estructuras resistentes que sean capaces de soportar las cargas hidrodinámicas inducidas por un tsunami. Estructuras firmes, tales como muros, terrazas o bermas compactadas, estructuras de estacionamientos y otras construcciones rígidas pueden bloquear la fuerza de las ondas. Sin embargo, este bloqueo puede dar como resultado una amplificación de las ondas, por lo que su comportamiento hidráulico debe ser estudiado rigurosamente.

En el terreno de lo particular y debido a la escasez de terrenos disponibles en San Juan Bautista, no es posible ubicar todas las edificaciones lejos de las áreas potencialmente inundables, por lo que el diseño de la edificación y su construcción jugarán un rol crítico en el desempeño de las estructuras en el evento de un tsunami. Por otra parte, la conformación del fondo marino en Bahía Cumberland resulta en una amplificación local de las ondas de tsunami que difícilmente puede ser eliminada por defensas costeras individualmente.

En lo relativo a viviendas habitacionales, las soluciones deben considerar la elevación de la casa mediante pilotes robustos, la generación de ejes estructurales más rígidos que los simples muros perimetrales comúnmente utilizados a la fecha, el uso de anclajes al suelo y sistemas de sujeción entre elementos estructurales. Cabe mencionar que este tipo de soluciones deben considerar la realidad local, en cuanto a temperaturas, precipitación, humedad, disponibilidad de materiales, existencia de animales e insectos, tradiciones, entre otros, que demandan de la asistencia de especialistas.

Una técnica utilizada para disminuir las corrientes generadas por un tsunami –cuya eficiencia no ha sido cabalmente testeada a la fecha- involucra la creación de zanjas, arboledas de protección y bermas que puedan detener y filtrar los restos o escombros acarreados por las ondas. Naturalmente, estos arreglos requieren de espacio suficiente en la zona costera y del uso de especies de buena adaptación al clima local, con raíces profundas y vegetación frondosa, de modo de disipar la energía de las ondas.

Se debiera revisar la definición de zonas del riesgo de tsunamis y otros fenómenos naturales propuesta en el Plan Regulador de Juan Fernández de forma de evitar desarrollos urbanos en sectores de alto riesgo. Esta medida es de las más eficientes al momento de definir las consecuencias asociadas al impacto de fenómenos de esta naturaleza. La zona de riego de tsunami debiera ser estimada con un estudio de riesgo de inundación por tsunamis de campo lejano o aquellos generados por remociones en masa en las cercanías de Bahía Cumberland[1]. No obstante, basados en antecedentes históricos, recomendamos en principio ubicar las zonas seguras para la evacuación de la población en cotas superiores a 20 [m] sobre el nivel del mar.

En lo relativo a las medidas de contingencia ante la inminencia de un tsunami, es recomendable disponer de un sistema de telecomunicaciones robusto y ubicado en zonas seguras en directa comunicación con la oficina del Sistema Nacional de Alerta de Maremotos y/o con el Pacific Tsunami Warning System. Dada la distancia del archipiélago a la zona de subducción -donde se generan los tsunamis de origen tectónico- se disponen de como mínimo 40 minutos para que las ondas lleguen a San Juan Bautista, lapso que se considera más que suficiente para garantizar la operación eficiente de un sistema de esta naturaleza. Su entrada en operación permitiría el zarpe de embarcaciones hacia profundidades seguras -que en esta bahía son relativamente cercanas dada la pendiente del fondo marino- y la evacuación de la población.

Estas recomendaciones específicas deben complementarse con otras que han sido ampliamente estudiadas por los organismos especializados desde febrero de 2010 a la fecha[2].

BIBLIOGRAFIA

SHOA (2000). “El maremoto del 22 de mayo de 1960 en las costas de Chile”. Segunda Edición.

UNESCO (1998). “Guía de campo para levantamientos posteriores a un tsunami”. Primera Edición. Comisión Oceanográfica Intergubernamental.

[1] Los autores se encuentran trabajando en un estudio orientado a evaluar la zona de inundacion asociada a potenciales terremotos tsunamigenicos generados en las costas de Chile.

[2] Mayores antecedentes pueden consultarse en el documento DOC ICO 05-2010: Recomendaciones de diseño de obras marítimas y terrestres sometidas a cargas de tsunamis, disponible en http://www.ingenieriaoceanica.cl / Investigación / Documentos ICO.