

5. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.

5.1. ESCENARIOS ACTUALES.

Las condiciones históricas de exposición de Tumaco y los municipios de la franja costera del Departamento de Nariño frente a la amenaza sísmica y sus fenómenos asociados - vibración, licuación y tsunami, sumado al acelerado crecimiento demográfico de la población y urbanización (p.ej., el sobrepoblamiento de la isla de Tumaco y una progresiva ocupación de zonas de mayor exposición a los fenómenos de tsunami y licuación), permiten construir escenarios definiendo así un cuadro de manifestaciones de posibles consecuencias por el impacto de un fenómeno natural.

Los "escenarios de riesgo", la representación - descriptiva o semicuantitativa - de los efectos probables de un futuro impacto de fenómeno, e insumo básico para el diseño de planes de contingencia y mitigación, se generaron integrando información disponible (Rudolph y Sziertes, 1911; *Herd et al.*, 1981; Ramírez, 1980, *González*, 1991; Caicedo et al, 1996; DIMAR - CCPP, 2002; Ingeominas, DIMAR, OSSO, 2002; fuentes hemerográficas y monografías municipales, etc.) con resultados de campo del proyecto: acopio y análisis de información in situ mediante formularios adaptados a la zona de estudio (Anexo 4), testimonios videograbados de personas (testigos del desastre de 1979), sectorización de Tumaco con base en regiones homogéneas por condiciones medioambientales (posición con respecto al mar, áreas de rellenos, altura del terreno, protección por islas y bajos o por vegetación) y por criterios urbanísticos y constructivos (cimentación y materiales de edificaciones, ancho de vías, densidad de vivienda por manzanas y barrios, etc.). Todo esto fue complementado con la realización de diversos talleres de socialización del proyecto en los cuales él mismo se realimentó con información de

autoridades y pobladores. Además, se contó con la permanente vinculación de cuatro profesionales de Tumaco, uno de ellos con conocimientos y experiencias en toda la región de estudio desde antes del terremoto y tsunami de 1979.

Para las demás cabeceras municipales y corregimientos evaluados se hicieron reconocimientos de campo, talleres con autoridades y pobladores y fotografías terrestres y aéreas.

5.2. ABANICO DE ESCENARIOS.

En las actuales condiciones de poblamiento los escenarios de vulnerabilidad y riesgo dependen, también, de las características del fenómeno causante. Considerando la magnitud de terremotos históricos se pueden considerar tres tipos de escenarios que a su vez pueden ocurrir en condiciones de marea baja, media o alta.

El escenario más pesimista sería un terremoto extremo, como el de 1906, en condiciones de marea alta o media. Las vibraciones sísmicas por sí mismas causarían enormes daños en las construcciones actuales incluidas las de madera, por falta de amarres adecuados; la licuación abarcaría extensas áreas de bajamar, playas y barras hoy ocupadas y las olas de tsunami arrasarían la mayor parte de las poblaciones incluyendo Tumaco, aún con sus barreras naturales como El Guano y El Bajito. Las olas se remontarían por los ríos en forma de seiches y afectarían fuertemente las cabeceras municipales costa adentro. Aunque no se conoce el período de retorno para un sismo de esta naturaleza (que podría ser de siglos), lo cierto es que en las actuales condiciones el escenario sería muy difícil, sino imposible, de manejar.

El escenario más optimista sería inducido por un terremoto como el de 1958, que produciría daños en las edificaciones actuales de concreto y ladrillo y en muchas de las viviendas en madera menos resistentes, quizás con efectos concentrados en

zonas de relleno (la mayoría de los cuales se construyeron en Tumaco después de 1958). Se esperaría licuación en terrenos de bajamar, playas y orillas de ríos, pero probablemente no se generaría un tsunami destructivo.

5.3. ESCENARIO SELECCIONADO.

Atendiendo recomendaciones del Programa Nacional de Prevención de Tsunami en la Costa del Pacífico, se ha seleccionado un escenario intermedio entre los anteriores, inducido por un terremoto como el de 1979 en condiciones de marea media.

Este escenario se puede sintetizar en los siguientes aspectos:

Vibraciones fuertes en toda la costa de Nariño que impiden a los habitantes mantenerse en pie; colapso parcial o total la mayoría de viviendas en ladrillo y concreto; agrietamientos en varias de las edificaciones esenciales y colapso de algunas de ellas; colapso por quiebre de pilotes de muchas viviendas de madera; inicio, poco después del comienzo de las vibraciones fuertes, de licuación de suelos en bajamar, en playas, orillas de los ríos y en rellenos; caída de postes de energía cortocircuitos, apagón e incendios; daños severos en el sistema de acueducto, muchas roturas en la tubería matriz y desprendimiento de la barcaza flotante (bocatoma) en el río Mira. Unos 15 minutos después ola de tsunami en la parte norte de la costa de Nariño que embate sobre las playas, islas y poblaciones cercanas a ellas arrasando con su impacto muchas viviendas; media hora después del sismo las olas llegan a Tumaco y, a pesar de perder fuerza y altura al chocar contra El Guano y luego contra El Bajito, embaten afectando y destruyendo edificaciones en los sectores frente al mar. El tsunami se propaga por esteros y ríos que inundan gran parte de El Charco y las demás cabeceras, incluyendo Bocas de Satinga e Iscuandé.

5.3.1. Escenarios por municipios.

La mayoría de las viviendas han sido construidas sin ningún tipo de normatividad sísmica, ni acceso a los recursos técnicos que requiere la aplicación de provisiones sismorresistentes. Por otro lado (he aquí una raíz cultural de la vulnerabilidad) se observa a través de décadas recientes una creciente tendencia a reemplazar la madera por materiales rígidos (mampostería, concreto reforzado, Foto 1), percibido como símbolo y sinónimo de progreso; estos materiales - de mayor peso, menor ductilidad y menor elasticidad -son inherentemente menos resistentes a vibración y requieren mayores niveles de tecnificación.



Foto 1. Cambio de materiales flexibles por rígidos.

El estudio partió de que las instalaciones críticas, hoy en día en su mayoría de materiales rígidos, si fueron diseñadas y construidas generalmente con provisiones de sismorresistencia y por tanto están en capacidad de cumplir con sus funciones propias y de atención a desastres aún después de un terremoto; no obstante, el estudio también prestó atención a vulnerabilidades obvias (que no requieren de recálculo estructural).

Muchos factores de vulnerabilidad física son consecuencia de la falta de percepción y conocimientos mínimos sobre la respuesta de edificaciones a los sismos. Este diagnóstico conduce a una conclusión que justifica en buena parte el enfoque y

propósito del Estudio: siendo con frecuencia tan elementales los factores de vulnerabilidad física (González,1991), su mitigación muchas veces es factible sin recursos exorbitantes.

Es preciso aclarar que los resultados obtenidos en esta evaluación son cualitativos y por lo tanto, solo pueden tomarse como indicativos de la vulnerabilidad física frente a cada uno de los fenómenos evaluados. Se presentan como una contribución inicial de conocimiento a la toma de acciones sociales, comunitarias e institucionales, para la reducción de riesgo por terremoto y sus fenómenos asociados en las poblaciones estudiadas del Litoral de Nariño.

5.4. VULNERABILIDAD FÍSICA POR EXPOSICIÓN.

Las vibraciones sísmicas esperables en toda la costa de Nariño pueden inducir fuerzas del orden del 40 % de la gravedad, de acuerdo con la Norma sismorresistente vigente en Colombia (Ley 400 de 1997). Aún cuando estos valores pueden haber sido mayores según las descripciones de testigos de 1906 y 1979 (imposibilidad de mantenerse en pie, objetos que se levantan del suelo) y que localmente el tipo de terrenos puede influir en su comportamiento, se puede asumir que las vibraciones sísmicas serán fuertes y prolongadas en toda la región de estudio. La conclusión inmediata es que todas las viviendas, edificios e infraestructura deben ser construidas con buenas provisiones de seguridad para resistir estas vibraciones, lo que conlleva también a recomendar el reforzamiento. Para viviendas sobre pilotes, típicas en la región, la recomendación más expedita, de fácil aplicación y bajo costo es el arriostramiento de pilotes y reforzamiento de amarres entre pisos, paredes y techos.

5.4.1. Área urbana de Tumaco.

5.4.1.1. Sectores de vivienda.

- *Impacto e inundación por Tsunami.*

Los sectores directamente expuestos al impacto, por su localización frente al mar son el 1, 4, 18, 19 y 26, los dos primeros en la Isla de Tumaco y el resto en la Isla El Morro. Los sectores 2, 5, 6 y 9, en la Isla de Tumaco, presentan un grado de exposición medio, porque tienen barreras de protección natural (vegetación o bajos de arena) o están protegidos por otros sectores, como es el caso del Sector 2 que se encuentra parcialmente protegido por El Bajito (Sector 4).



Foto 2. Sectores con exposición directa por impacto de Tsunami, en la Isla del Morro.

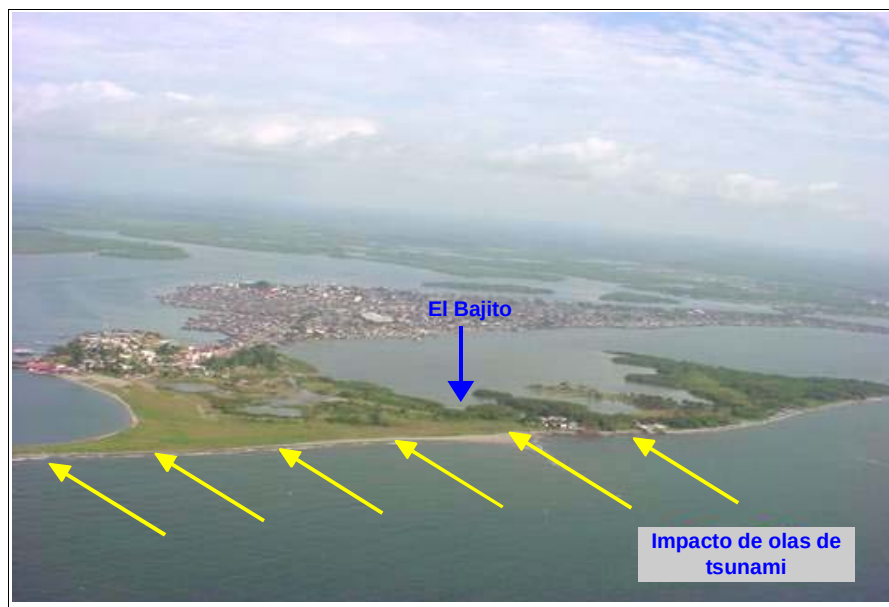


Foto 3. Protección natural (El Bajito) parcial contra impacto de Tsunami, Isla de Tumaco.



Foto 4. Impacto directo por Tsunami, Sector 1, Isla de Tumaco.



Foto 5. Zona Continental parcialmente protegida por bajos y manglar.

- **Licuación de suelos.**

22 de los sectores están asentados, en su totalidad, sobre suelos con alto potencial de licuación; en once sectores este potencial es bajo. Las zonas licuables de esta isla corresponden a las áreas del antiguo estero (sectores 5, 8, 9, 10, 17 y parte del 11), a las zonas de bajamar (sectores 1, 2, 15, 16,) y a la formación de suelos recientes en el Sector 4, El Bajito.

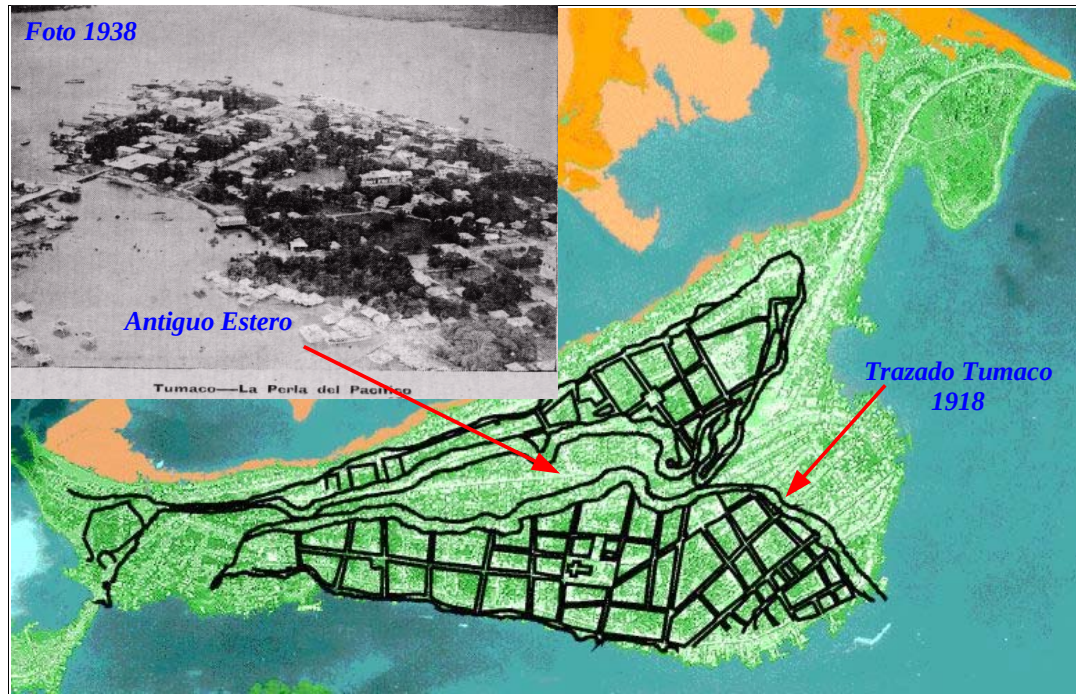


Figura 7. Islas que conformaban a Tumaco en 1918, divididas por un estero, que se rellenó.

En la Isla El Morro, los sectores 18, 19, 22, 24, 25 y 26, tienen grado de exposición alto a la licuación debido a que están ubicados sobre terrenos de relleno, zonas de bajamar o formaciones recientes, como es el caso del Sector 26. El resto de sectores tienen bajo potencial de licuación porque están asentados sobre terrenos firmes que se han consolidado a través de los años.

En la Zona Continental, de los seis sectores existentes, cuatro están asentados en terrenos de bajamar con alto potencial de licuación, mientras que en el Sector 29 el potencial de licuación es intermedio debido que está sobre rellenos técnicamente construidos.



Foto 6. Sectores 18 y 19 alto potencial de licuación, sobre rellenos hidráulicos.

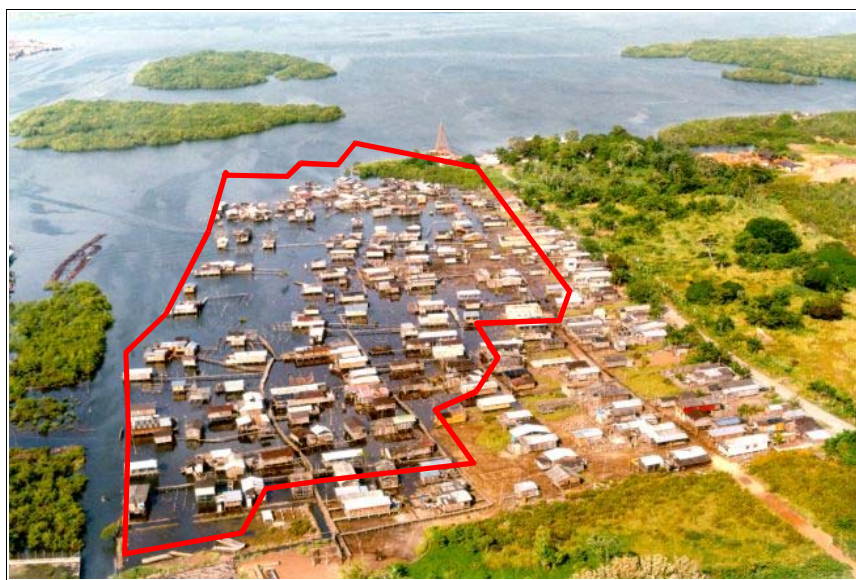


Foto 7. Sector 31, zonas de bajamar con alto potencial de licuación.



Foto 8. Sector 29, barrio la Ciudadela, sobre un relleno técnicamente construido.

5.4.1.2. Sistemas urbanos y líneas vitales.

- **Exposición de los sistemas urbanos.**

Impacto e inundación por Tsunami.

Del total de vías en el área urbana alrededor de 70 km presentan un grado de exposición bajo al impacto por Tsunami, 10 km medio y aproximadamente 2 km alto. Las vías directamente expuestas se localizan al norte de la Isla El Morro muy cerca del Océano Pacífico, corresponden a las vías internas del Batallón de Infantería de Marina y a la vía principal que comunica las islas de Tumaco y El Morro. En la Zona Continental el grado de exposición es bajo. De los puentes principales el más expuesto es el Viaducto del Morro por su ubicación frente al mar, mientras que los puentes El Pindo y Agua Clara presentan un grado de exposición bajo. El primero está protegido por barras de arena y el segundo se localiza al

interior del Continente.



Foto 9. El Viaducto El Morro, altamente expuesto por impacto por Tsunami.

Por inundación se identificó que el 87 % (71 km) de las vías existentes en el área urbana presentan un bajo grado de exposición. De los 11 km restantes, dos en la Zona Continental y tres en la Isla El Morro, se inundarían totalmente y seis parcialmente. Los puentes no serían inundados.

La infraestructura portuaria o marítima presenta un grado de exposición bajo al impacto de tsunami, debido a que está localizada al sur de las islas de Tumaco y el Morro, frente a la Bahía Interna de Tumaco.



Foto 10. Infraestructura portuaria con baja exposición a impacto por tsunami.

El aeropuerto La Florida no sería inundado en este escenario.

- **Licuación.**

De un total de 82 km de vía, 29 km (25 %) se encuentran sobre terrenos con alto potencial de licuación, 15 km sobre zonas que se licuarían parcialmente y 38 km en suelos firmes o sobre rellenos técnicamente contruidos. Los 29 km más expuestos corresponden a 13 km en la Isla de Tumaco, cinco en la Isla El Morro y 11 en la Zona Continental.

De las vías con bajo grado de exposición (38 km), 22 se están en la Zona

Continental, siete en la Isla de Tumaco y nueve en El Morro. Algunas de las vías con menor grado de exposición en la Isla de Tumaco se localizan al interior de los sectores 12, 13 y 14, sobre terrenos de formación natural. Algunas vías principales asentadas sobre terrenos potencialmente licuables son las avenidas de La Playa y Los Estudiantes y las calles del Ferrocarril, Nueva Creación y del Comercio. Los accesos a los puentes El Pindo y El Morro están sobre zonas potencialmente licuables.



Foto 11. Vía hacia el Puente El Pindo potencialmente licuable.

Los Muelles Públicos presentan alto grado (Sector 16), mientras que en la zona del Puerto Pesquero y la Sociedad Portuaria el grado de exposición es relativamente bajo debido a que por lo menos el 70 % del área se emplaza sobre terrenos firmes; el 30 % restante está sobre rellenos.



Foto 12. Zona de muelles públicos, Sector 16, sobre terrenos potencialmente licuables.

- ***Exposición de los sistemas de saneamiento.***

Sistema de abastecimiento de agua.

Vibración sísmica.

La probabilidad de desprendimientos y/o rompimientos en este sistema es alta, como consecuencia de las deformaciones del terreno generadas durante un sismo, especialmente en zonas donde se presentan cambios de rigidez, esto es por ej., donde existen transiciones de suelo firme a terrenos de relleno o zonas de bajamar.

Impacto e inundación por Tsunami.

Considerando que el mayor porcentaje de las redes del Acueducto de Tumaco están enterradas, se estableció que el grado de exposición de este sistema es relativamente bajo por impacto directo de Tsunami. Sin embargo, la tubería que se encuentra paralela al Puente El Morro puede verse afectada indirectamente por olas de Tsunami, dado que éste se localiza frente al mar.

La barcaza flotante sobre el Río Mira puede ser afectada por un posible seiche, debido a que los cables que la amarran (deteriorados y corroidos) podrían reventarse por el cambio en el nivel del agua. La tubería localizada sobre los puentes Aguaclara y El Pindo está expuesta a este fenómeno debido al estrangulamiento que en estos puntos se produce en el estero y la altura de los puentes.



Foto 13. (a) Cable de barcaza; (b) detalle de cable deteriorado.

Licuación.

De 64 km de tubería (Anexo 7), más de 38 se encuentran en zonas con alto potencial de licuación; 31 km de ellos son de asbesto cemento (AC) y por lo menos, 7 km son de PVC.

En la Isla de Tumaco más de 27 km de tubería (71 % del total de la isla) están ubicados en terrenos potencialmente licuables; alrededor de 22 km en tubería de asbesto cemento (AC) y 5 km en PVC. En El Morro más de ocho kilómetros en tubería de asbesto cemento (AC) están en alto grado de exposición y en el Continente dos km.

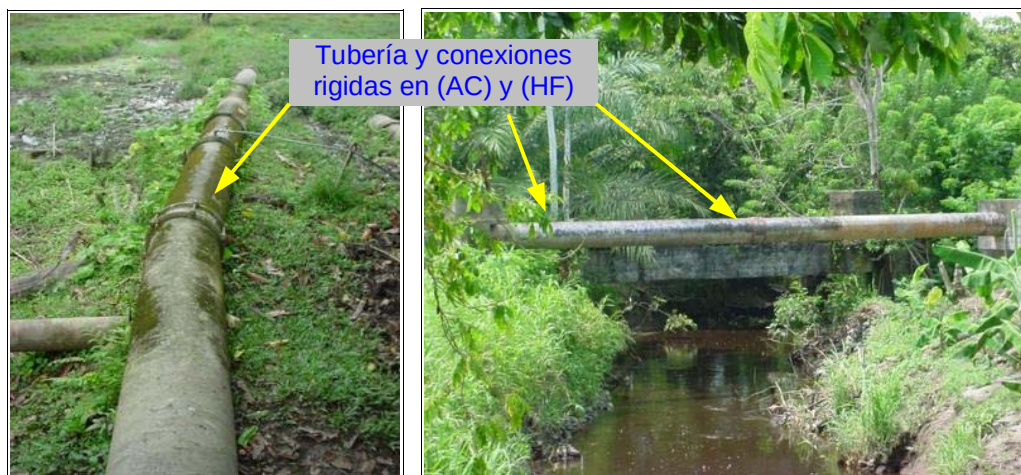


Foto 14. Tuberías rígidas.

Los tanques del Sector 11 (Tanque Caldas) y del Sector 23 (Tanque libertadores), presentan un grado de exposición bajo. Por el contrario, el Tanque San Judas en el Sector 8 se encuentra sobre terrenos de relleno potencialmente licuables en zonas del antiguo estero de Tumaco, representando un riesgo para las viviendas aledañas.



Foto 15. Tanque San Judas, Sector 8, sobre terrenos potencialmente licuables.

Sistema de disposición de aguas residuales.

El sistema de alcantarillado (sólo existente en los barrios Pradomar, La Florida, Miramar y Ciudadela), tiene un grado de exposición bajo por efectos de tsunami por estar enterrado. En el Barrio Pradomar el sistema se encuentra en zona potencialmente licuable.

Sistema de recolección y disposición de residuos sólidos.

Aunque es poco probable que las amenazas naturales produzcan efectos considerables en el sistema, la interrupción del servicio de recolección y disposición

de residuos sólidos debido al colapso parcial o total de las vías y el botadero, podría agravar, aún más, los problemas ambientales del área urbana de Tumaco.

- ***Exposición de los servicios básicos.***

Para las redes de telecomunicaciones y energía se identificaron en campo (en mapas y con GPS) las canalizaciones y postes, también para calcular sus longitudes.

Sistema de telecomunicaciones.

Alrededor de cuatro kilómetros de canalizaciones se encuentran en terrenos con alto potencial de licuación (tres de ellos en la isla Tumaco). Las canalizaciones en el Puente El Morro y los sectores 18, 19 y 26, son las únicas ubicadas en zonas que podrían ser afectadas total o parcialmente por el impacto de tsunami. Las redes aéreas también pueden ser afectadas por pérdida de verticalidad o caída de postes compartidos con redes eléctricas. Estos resultados se presentan en el Anexo 7.

Sistema de energía eléctrica.

Aproximadamente 13 km presentan un grado de exposición alta a la licuación, siete medio y alrededor de 20 km bajo. Esto significa que del total de redes eléctricas existentes, la mitad se encuentran en zonas firmes poco susceptibles a la licuación mientras que aproximadamente el 33 % se encuentra en zonas totalmente licuables. Nuevamente, las redes en la isla Tumaco serían las mas afectadas por licuación, ya que de los 13 km con alto grado de exposición, aproximadamente siete se encuentran en ella (Ver inventario en el Anexo 7).

De igual manera que el sistema de telecomunicaciones, las únicas redes eléctricas que pueden ser afectadas por el impacto e inundación por Tsunami están en el Puente El Morro y los sectores 18, 19 y 26.