



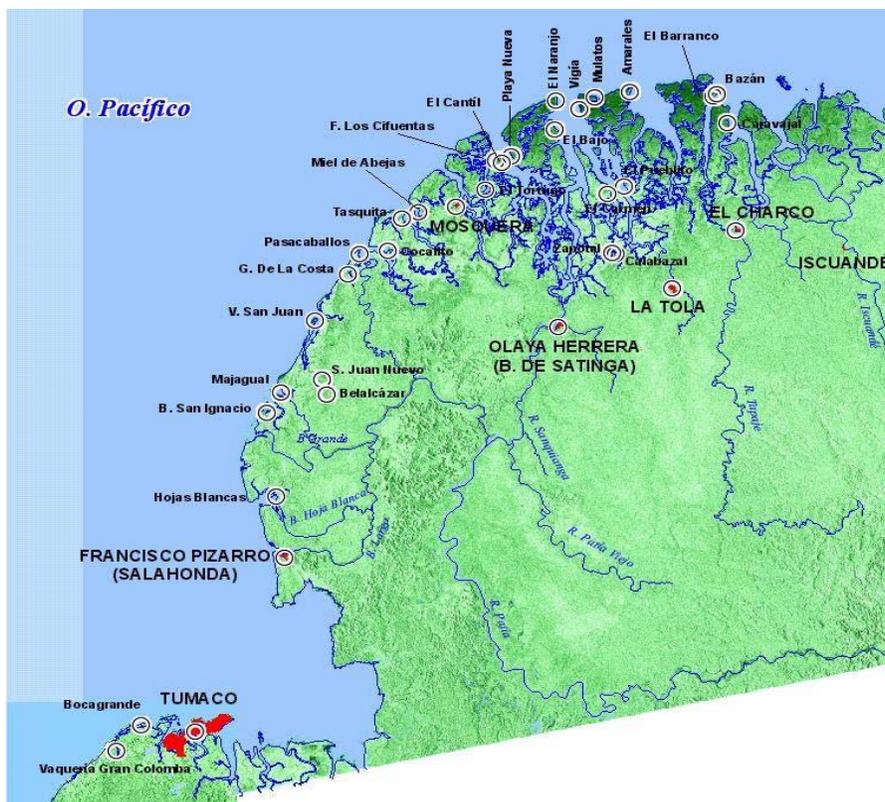
REPÚBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA  
*Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.  
Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres.*



*Convenio de Cooperación Fondo Nacional de Calamidades  
Corporación OSSO No 1005-04-408 de 2002.*

**Proyecto:**  
***Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto  
y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño***

**INFORME FINAL**



Con el apoyo de:



Cali, agosto de 2003.

## **AGRADECIMIENTOS.**

El OSSO agradece a todas las instituciones de los municipios evaluados por su cooperación en el desarrollo de este proyecto, y a la comunidad en general por hacerse partícipe de éste, asistiendo a los talleres de socialización y dando sus testimonios sobre el terremoto del 12 de diciembre de 1979.

Nuestros mas sinceros agradecimientos van también al gobierno nacional, que a través de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres lidera y promueve este tipo de proyectos en el Litoral de Nariño. Además, por la confianza depositada al solicitar esta evaluación, la oportunidad para mejorar los conocimientos de la región y poner sus experiencias al servicio de la comunidad del Litoral.

## **PARTICIPANTES.**

La dirección general estuvo a cargo de los profesores Hanjürguen Meyer y Andrés Velásquez y, en la coordinación general el Ing. Civil Henry Peralta. Además, se vinculó al proyecto un Grupo de Apoyo Técnico Local conformado por el Ing. Civil Jorge Arellano, quien fue el Coordinador Técnico Local, y como apoyo técnico el ingeniero civil Andrés Leusson, la ingeniera civil Johana Quiñones y el candidato a grado de Ing. Civil de la Universidad de Nariño, Robin Gabriel Camacho.

Durante el procesamiento, la evaluación y el desarrollo del informe final se contó con el apoyo de la Ing. Civil Lina Fernanda Llanos y, en la parte de edición gráfica, con la Arquitecta Verónica Iglesias y el Técnico Cartógrafo, Jorge Mendoza. También se tuvo la colaboración del ingeniero Jorge Gallego, en actividades de edición, videos y fotografías.

Por último, la interventoría del proyecto fue realizada por la Dra. Adriana Cuevas de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (DGPAD).

## TABLA DE CONTENIDO.

<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
1.2.1. Objetivo general. ....	18
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
<b>1.3. ENFOQUE.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>20</b>
1.4.1. Alcances.....	20
1.4.2. Limitaciones.....	21
1.4.3. Dificultades.....	21
<b>1.5. PERSONAL. ....</b>	<b>22</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>24</b>
<b>3. INSUMOS, INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1. INFORMACIÓN.....</b>	<b>27</b>
3.1.1. Información recopilada.....	27
3.1.2. Información rescatada.....	28
<b>3.2. ACTIVIDADES.....</b>	<b>28</b>
3.2.1. Trabajo en terreno.....	28
3.2.2. Reconocimiento aéreo. ....	29
<b>3.3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
3.3.1. Sectorización de Tumaco.....	31
3.3.2. Zonificación de amenazas (Tumaco y demás municipios).....	34
3.3.3. Clasificación de elementos expuestos.....	34
3.3.4. Grado de exposición.....	37
3.3.5. Vulnerabilidad por resistencia.....	40

<b>3.4. ZONIFICACIÓN REGIONAL.....</b>	<b>40</b>
<b>3.5. SÍNTESIS.....</b>	<b>41</b>
<b>4. ESCENARIOS HISTÓRICOS.....</b>	<b>43</b>
4.1. TERREMOTOS.....	46
4.2. LICUACIÓN, CORRIMIENTOS Y HUNDIMIENTOS DEL TERRENO.....	48
4.3. TSUNAMI (MAREMOTO).....	50
4.4. OTRAS AMENAZAS.....	54
<b>5. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....</b>	<b>56</b>
5.1. ESCENARIOS ACTUALES.....	56
5.2. ABANICO DE ESCENARIOS.....	57
5.3. ESCENARIO SELECCIONADO.....	58
5.3.1. Escenarios por municipios.....	59
5.4. VULNERABILIDAD FÍSICA POR EXPOSICIÓN.....	60
5.4.1. Área urbana de Tumaco.....	61
5.4.2. Corregimientos de Tumaco.....	77
5.4.3. Mosquera.....	77
5.4.4. El Charco.....	77
5.4.5. Olaya Herrera.....	79
5.4.6. La Tola.....	79
5.4.7. Francisco Pizarro.....	79
5.4.8. Zonificación regional.....	79
5.5. VULNERABILIDAD FÍSICA POR RESISTENCIA.....	81
5.5.1. Cabecera municipal de Tumaco.....	81
5.5.2. Vulnerabilidad por resistencia de municipios.....	95
<b>6. ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD.....</b>	<b>97</b>
6.1. EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD EN TUMACO.....	98
6.2. ABANICO DE ESCENARIOS.....	101
6.2.1. Escenario pesimista.....	102
6.2.2. Escenario más optimista.....	102

6.2.3. Escenario probable.....	102
<b>7. RECOMENDACIONES: HACIA ESCENARIOS FUTUROS CON PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....</b>	<b>106</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>

## **LISTA DE FIGURAS.**

Figura 1. Zona de estudio.....	24
Figura 2. Sectores del área urbana de Tumaco.....	32
Figura 3. Clasificación de los elementos expuestos.....	36
Figura 4. Síntesis de la metodología.....	42
Figura 5. Epicentros de sismos (OSSO, 2003).....	46
Figura 6. Tumaco 1906 - 1930.....	53
Figura 7. Islas que conformaban a Tumaco en 1918, ..... divididas por un estero, que se rellenó.....	64
Figura 8. Zonificación indicativa de impacto e inundación pot Tsunami.....	81
Figura 9. Sectorización de Tumaco en 1984 (Tomado de González, 1991). ....	99
Figura 10. Sectores de la isla de Tumaco.....	99

## **LISTA DE FOTOS.**

Foto 1. Cambio de materiales flexibles por rígidos.....	59
Foto 2. Sectores con exposición directa por impacto de Tsunami, en la Isla del Morro.....	61
Foto 3. Protección natural (El Bajito) parcial contra impacto de Tsunami,.....	62
Isla de Tumaco.....	62
Foto 4. Impacto directo por Tsunami, Sector 1, Isla de Tumaco.....	62
Foto 5. Zona Continental parcialmente protegida por bajos y manglar.....	63
Foto 6. Sectores 18 y 19 alto potencial de licuación, sobre rellenos hidráulicos.....	65
Foto 7. Sector 31, zonas de bajamar con alto potencial de licuación.....	66
Foto 8. Sector 29, barrio la Ciudadela, sobre un relleno técnicamente construido..	66
Foto 9. El Viaducto El Morro, altamente expuesto por impacto por Tsunami.....	68
Foto 10. Infraestructura portuaria con baja exposición a impacto por tsunami..	69
Foto 11. Vía hacia el Puente El Pindo potencialmente licuable.....	70
Foto 12. Zona de muelles públicos, Sector 16, sobre terrenos ..... potencialmente licuables.....	71
Foto 13. (a) Cable de barcaza; (b) detalle de cable deteriorado.....	72
Foto 14. Tuberías rígidas.....	73
Foto 15. Tanque San Judas, Sector 8, sobre terrenos.....	74
potencialmente licuables. ....	74
Foto 16. Sector de los Puentes, pérdida de verticalidad de postes.....	76
Foto 17. Viviendas sobre pilotes. ....	82
Foto 18. Vivienda en madera deteriorada.....	83
Foto 19. Viviendas en material (Calle del Comercio).....	84
Foto 21. Relleno de vías con basuras, Barrio Once de Noviembre, Sector 32.....	86
Foto 22. Puentes palafíticos, Playa Arecha, Sector 25.....	87
Foto 23. Puentes Palafíticos en Concreto, Sector 15.....	88

Foto 24. Puente El Pindo.....	89
Foto 25. Viaducto El Morro.....	89
Foto 26. Muelle público, Sector 16.....	90
Foto 27. Barcaza flotante, bocatoma.....	91
Foto 28. Planta de tratamiento.....	92
Foto 29. Redes de distribución.....	92
Foto 30. Tanque Calle Caldas.....	93
Foto 31. Viviendas palafíticas en Guachal de la Costa y Playa Nueva.....	95
Foto 32. Muelles de madera y concreto deteriorados.....	96

## **LISTA DE TABLAS.**

Tabla 1. Localización de las poblaciones evaluadas.....	26
Tabla 2. Conformación de los sectores evaluados.....	33
Tabla 3. Calificación de exposición por tsunami.....	40
Tabla 4. Exposición relativa de las poblaciones evaluadas ante el impacto por tsunami. (Adaptado de Meyer y Velásquez, 1992). .....	78
Tabla 5. Evolución de las viviendas en tres zonas de Tumaco.....	100

## **LISTADO DE ANEXOS.**

**ANEXO 1.** Carteles educativos.

**ANEXO 2.** Informe asesoría municipales. Meyer, 1997.

**ANEXO 3.** Comentarios sobre el sismo de Tumaco del 12 de diciembre de 1979.  
Arellano, 2003.

**ANEXO 4.** Formatos de evaluación.

**ANEXO 5.** Informes de visita (Digital).

**ANEXO 6.** Poblaciones evaluadas.

**ANEXO 7.** Elementos expuestos.

**ANEXO 8.** Socialización del proyecto. Tumaco, 2003.

**ANEXO 9.** Video 1. Entrevista Canal Telefaró. Tumaco.  
Video 2. Testimonios del terremoto de 1979.

## **RESUMEN.**

En el marco del Programa de Fortalecimiento de la Prevención y Mitigación de Riesgos por Terremoto en Tumaco y Municipios Costeros de Nariño, liderado y financiado por el Gobierno Nacional a través de la Dirección General para la Atención y Prevención de Desastres (Ministerio del Interior y de Justicia), la Corporación Observatorio Sismológico del Suroccidente realizó, mediante el Convenio de Cooperación N° 1005-04-408/2002 con el Fondo Nacional de Calamidades, el proyecto "Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño" .

Los fenómenos naturales para los cuales se realizó esta evaluación fueron la vibración por terremoto y los eventualmente fenómenos asociados de licuación de suelos e impacto/inundación por olas de tsunami; para estos fenómenos se dispuso de modelos regionales y locales relativamente avanzados. El proyecto cubre el área urbana de Tumaco, las cabeceras municipales de Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, El Charco y 29 corregimientos de la Costa del Litoral. Cabe anotar que por motivos de orden público no se pudo desarrollar el trabajo de campo en las cabeceras municipales de La Tola e Iscuandé. Sobre La Tola se pudo hacer reconocimiento aéreo.

El estudio se realizó para identificar la vulnerabilidad relacionada con el fenómeno más probable y severo que pueda afectar a los elementos expuestos como sectores de vivienda, sistemas urbanos - líneas vitales y edificaciones esenciales, como una componente indispensable en el planteamiento de acciones de mitigación factibles en el corto, mediano y largo plazo. A su vez, este estudio sirve como insumo para la formulación de Planes de Contingencia y el ajuste de los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial (POT - EOT) de los municipios.

La metodología empleada está basada en dos criterios que permiten evaluar la vulnerabilidad física de las poblaciones de manera cualitativa y con un nivel

intermedio, es decir, sin llegar al grado de detalle de evaluaciones estructurales puntuales y funcionales de los componentes estudiados. Uno de los criterios fue la determinación del grado de exposición de los elementos, a partir de su localización en áreas de menor o mayor amenaza, definidas con base en escenarios de exposición construidos a partir de cartografía temática (licuación e inundación), información histórica y trabajo de campo. El otro, es la resistencia de estos elementos frente a los fenómenos evaluados, medida de acuerdo con sus características constructivas y estructurales, edad, estado de conservación, materiales y disposición sobre los terrenos donde se emplazan las viviendas e infraestructura.

Los resultados del estudio indican que el grado de exposición por vibración sísmica de las viviendas, sistemas urbanos/líneas vitales y edificaciones esenciales, es alto y generalizado en la mayoría de las poblaciones analizadas, debido a que éstas se emplazan sobre una zona de amenaza sísmica alta, que puede estar sometida a aceleraciones del terreno del orden de 0,40 g de acuerdo con la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-98, aunado al hecho que todas las poblaciones están localizadas sobre terrenos recientes como barras e islas de arena y depósitos aluviales; se encontró que éstas poseen una alta vulnerabilidad por resistencia, reflejada en las deficiencias constructivas y estructurales de viviendas en madera y ladrillo o concreto, infraestructura de vías y transportes y edificaciones esenciales.

En cuanto al impacto o inundación por tsunami se encontró que alrededor del 80 % de las poblaciones estudiadas sobre la costa del Litoral de Nariño, presentan un grado de exposición entre alto y extremo, debido a que están desprovistos de protección como bajos o bosque, porque la forma de la costa es desfavorable, no disponen de sitios altos para refugio y/o no presentan áreas de evacuación ( p. ej. Villa San Juan, Vigía, Amarales; Mulatos, entre otros). El 20 % de las poblaciones restantes poseen un grado de exposición por impacto a tsunami menor, debido a que están alejados de la costa, por lo general al interior de ríos y esteros. Sin embargo presentan un grado de exposición alto a muy alto por "Seiches" ( olas de tsunami que avanzan río arriba), que pueden provocar inundaciones (p. ej. El Charco, La Tola, Bocas de Satinga).

En general, las instituciones y la comunidad tienen un bajo nivel de preparación para enfrentar los desastres, evidenciado en el desconocimiento de sus amenazas, vulnerabilidades y riesgos; en la falta de planificación del territorio por parte de las municipalidades y en la insuficiente dotación de los organismos de atención para atender situaciones de emergencia.

Por otro lado, los sistemas de saneamiento y servicios básicos (abastecimiento de agua, disposición de aguas residuales y residuos sólidos, energía y telecomunicaciones) en la mayoría de las poblaciones son ya un "verdadero desastre". Esto se sustenta en que muchos de estos sistemas nunca funcionaron, no funcionan en la actualidad, o, si funcionan parcialmente, son muy vulnerables a los efectos de próximos terremotos en la región.

Desde el inicio del estudio se enfatizó en la socialización del proyecto con los actores de la zona de estudio: hubo actividades con más de 100 entidades públicas y privadas, tales como las administraciones municipales, los organismos de prevención de desastres, las instituciones de los sectores salud y educación, medios de comunicación locales, sector eclesiástico, comercio, industria, entre otros, y con actores comunitarios (líderes comunitarios, asociaciones y grupos de representantes de barrios), mediante programas de televisión, comunicación escrita, entrevistas personales y, en algunos casos, con reuniones con los directivos de las instituciones, además de talleres de socialización y exposiciones didácticas sobre tipos de suelos y de construcciones y formas de intervenir la vulnerabilidad de viviendas.

Uno de los elementos didácticos que más impactó en los talleres realizados fueron dos modelos a escala de vivienda en pilotes (con y sin amarres mediante diagonales en "x"), sobre suelos de arena en un tanque de vidrio el cual se ponía a vibrar sobre una tabla con rodachines, saturando poco a poco la arena con agua hasta que el modelo de vivienda se hunde o ladea. Todos los asistentes se admiraban al observar cómo las viviendas bien construidas resistían mejor las vibraciones y sufrían menos con la licuación.

En el proyecto se vincularon profesionales, universitarios y técnicos del Litoral de Nariño, quienes además de aportar sus conocimientos y experiencia en la zona de estudio, se apropiaron de la metodología. Además, el proyecto recogió estudios y experiencias previas del grupo OSSO y de otros grupos de investigación - acción en el Litoral Pacífico de Colombia. Esto incluye trabajos de evaluación de exposición a amenazas naturales, de pedagogía y formas de comunicación en el contexto de la región. Las experiencias previas indican que la mejor manera de socializar los resultados y garantizar que se difundan y que el conocimiento generado permanezca en las poblaciones es mediante carteles - afiches ilustrados que se entregan a las instituciones y líderes comunitarios con el compromiso escrito de ponerlos al servicio de todas las personas de cada localidad.

Tumaco se analizó por sectores atendiendo a las condiciones físicas - medioambientales y constructivas (posición con respecto al mar, inundabilidad, tipo de terreno, tipologías urbanísticas y materiales, alturas y cimentación de viviendas), resultando 34 sectores que fueron recorridos casi completamente, incluyendo conteo de edificaciones.

Datos derivados del Proyecto señalan que la densidad de viviendas de la isla de Tumaco ha aumentado, que en algunos sectores el número de viviendas en material se ha multiplicado 6,6 veces con respecto a datos de 1984 y que las condiciones de vulnerabilidad son muy altas, especialmente en los Sectores 1 y 2 (Avenidas La Playa y Los Estudiantes), 9, 10 y 11 (relleno de antiguo estero), 15 (Puentes) y 16 (Calle del Comercio). En estos sectores se concentraron los daños en 1979, los mismos que se incrementarán notablemente en un futuro terremoto.

La vulnerabilidad de algunas instituciones es muy alta, destacándose el Cuerpo de Bomberos, el Hospital San Andrés de Tumaco y las escuelas públicas.

Las demás cabeceras fueron sectorizadas con base en criterios ambientales y principales tipologías constructivas mediante reconocimiento de campo y/o aéreo.

La síntesis de los resultados de esta Evaluación se prepararon en forma de Carteles Educativos (numerados de 1 a 10), que se presentan como Anexo 1. Experiencias previas del OSSO en la Costa del Pacífico, lo mismo que investigaciones del Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle, nos indican que éste es el mejor medio de comunicación y difusión de conocimientos en el Litoral, acompañado de compromisos explícitos de pobladores y dirigentes de salvaguardar y poner al servicio de la comunidad la información entregada.

El Cartel Educativo 1 es un mapa de la zona de estudio en el cual se ha incluido una zonificación preliminar de exposición ante tsunamis. Los números 2, 3 y 4 sintetizan las porciones continental e islas de Tumaco. El 5 los corregimientos de Tumaco y del 6 al 10 las demás cabeceras municipales (Salahonda, Bocas de Satinga, Mosquera, La Tola y El Charco).

Finalmente, el proyecto recomienda la formulación de un programa de mitigación de riesgos para el Litoral de Nariño con las siguientes estrategias:

1. Estrategia científico – técnica, en la que se considere la continuidad y mejoramiento del modelo de tsunamis y la realización de estudios o evaluaciones para tener un conocimiento más amplio de las poblaciones en términos de las características geomorfológicas, geotécnicas, de los suelos, tectónicas, entre otras.
2. Estrategia educativa sobre los fenómenos naturales amenazantes y las formas prácticas de intervenir los riesgos.
3. Estrategia de planificación urbanística y usos del suelo.
4. Estrategia de reasentamiento de poblaciones más expuestas a tsunamis.
5. Estrategia de reforzamiento de viviendas.
6. Estrategia de reforzamiento de líneas vitales.

7. Estrategia de reforzamiento de instalaciones esenciales.

Se espera que las actividades derivadas de este Programa se conviertan en dinamizadoras de la economía regional.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1. JUSTIFICACIÓN.**

La vulnerabilidad física frente a vibraciones sísmicas, licuación y olas de tsunami en la costa del Litoral de Nariño, es el resultado de la inadecuada interacción de factores naturales, culturales, sociales, económicos y técnicos, con los cuales se han generado escenarios de riesgo muy complejos que cambian en el tiempo de acuerdo con la condiciones naturales del lugar y la existencia y evolución de elementos vulnerables como viviendas, sistemas urbanos - líneas vitales y edificaciones esenciales.

Las poblaciones del Litoral de Nariño presentan una vulnerabilidad por origen, debido a que la mayoría no han sido concebidas bajo políticas claras de planificación del territorio, que tengan en cuenta las amenazas naturales y la relación con su entorno. También, porque muchas de las viviendas y sistemas urbanos que hoy se emplazan en estos territorios, se construyeron de forma inadecuada, lo cual se evidencia en las deficiencias constructivas, estado de conservación y características funcionales. Adicionalmente, existe una vulnerabilidad progresiva generada por factores de tipo social, como el aumento de la población y las condiciones de vida de las personas; y de tipo físico, relacionada con la calidad del medio ambiente y la falta mantenimiento de los elementos que hacen parte de las poblaciones (viviendas, sistemas urbanos, entre otros).

Todo lo anterior hace que los escenarios de riesgo en el Litoral, en comparación con los de regiones sísmicas del interior del país, sean muy complejos. En este sentido, la eventual simultaneidad de vibraciones fuertes, licuación y olas de

tsunami, generarían escenarios de amenaza y riesgo que demandan esquemas de mitigación muy específicos, en los que se debe definir el papel y las responsabilidades de las instituciones y la comunidad involucrada. Esta complejidad, el aumento de la vulnerabilidad física y los efectos negativos generados en el pasado, incluyendo eventos sísmicos y tsunami, son situaciones que justifican plenamente la necesidad de realizar estudios de vulnerabilidad de los que puedan derivarse acciones tendientes a mitigar el riesgo en esta zona del país, reduciendo así la vulnerabilidad como la componente del riesgo que puede ser intervenida con relativa facilidad.

Este proyecto surge como respuesta a la necesidad de evaluar la vulnerabilidad física de las poblaciones del Litoral de Nariño, identificada durante los talleres *"Fortalecimiento de la Prevención y Mitigación de Riesgos por Terremoto en Tumaco y Municipios Costeros de Nariño"* e *"Iniciativas de la Consolidación de un Sistema Local de Respuesta Efectiva en Caso de Tsunami"*, realizados en Tumaco del 18 al 19 de Julio y 12 al 16 de agosto de 2002 por la Dirección de Ordenamiento Territorial y Urbano del Ministerio de Desarrollo y la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (DGPAD), respectivamente. En el primer taller, se concluyó que la evaluación de la vulnerabilidad es una de las estrategias que permite intervenir en el corto y mediano plazo los elementos en riesgo, evitando el aumento del volumen de bienes expuestos y vulnerables.

## **1.2. OBJETIVOS.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Evaluar, caracterizar y zonificar la vulnerabilidad física de las poblaciones del Litoral Nariñense frente a las vibraciones sísmicas, licuación e impacto por olas de tsunami, considerados como los tres fenómenos cuya ocurrencia es más probable en esta zona, e identificar opciones de medidas para el control y reducción del riesgo.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Realizar la evaluación general de la vulnerabilidad física de las viviendas, sistemas urbanos - líneas vitales y edificaciones esenciales.
- Elaborar escenarios de riesgo como insumos para los planes de contingencia.
- Zonificar factores de vulnerabilidad, para fines de ajuste de los POT y EOT.
- Construir modelos dinámicos que muestren la evolución histórica de la vulnerabilidad.
- Transferir la metodología y los procedimientos empleados a entidades sectoriales, locales, territoriales, gubernamentales y académicas, con el propósito de socializar el trabajo realizado, para así generar la necesidad de continuar con este tipo de estudios.
- Identificar las opciones específicas para reducir la vulnerabilidad de las poblaciones evaluadas frente a cada uno de los fenómenos.
- Explorar las áreas o sitios con bajo nivel de exposición a los fenómenos de tsunami y licuación, como opciones para reasentamientos o reubicaciones de la población.

### **1.3. ENFOQUE.**

La evaluación se enfocó hacia la identificación de cuatro casos específicos de vulnerabilidad. El primero, corresponde a las vulnerabilidades y escenarios de riesgo que deben tenerse en cuenta para los Planes de Contingencia, así como las situaciones que dificultarían la atención en caso de desastre. El segundo, hace referencia a las vulnerabilidades que no son factibles de remediar, cuyo conocimiento pueda utilizarse como elementos para la zonificación de áreas urbanizadas e identificación de aquellas con menor grado de exposición, que faciliten el proceso de reformulación de los planes de ordenamiento territorial de cada municipio. El tercero, corresponde a las vulnerabilidades que pueden ser reducidas mediante acciones directas o a nivel de instancias locales, de acuerdo

con las recomendaciones generadas en este estudio. Y por último, identificación de las vulnerabilidades más críticas que deben ser remediadas mediante políticas o acciones desarrolladas por el Estado.

#### **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

##### **1.4.1. Alcances.**

Uno de los alcances del proyecto fue determinar la vulnerabilidad física por exposición y resistencia de las poblaciones ubicadas en el Litoral de Nariño, frente a los fenómenos de vibración sísmica, tsunami y licuación. Específicamente, el proyecto abarcó el área urbana de Tumaco y las cabeceras municipales de Francisco Pizarro (Salahonda), Mosquera, Olaya Herrera (Bocas de Satinga), El Charco y 29 corregimientos costeros. Se tuvo un mayor énfasis en la ciudad de Tumaco debido al estado actual y tendencias en el proceso de evolución de la vulnerabilidad, marcada por factores sociales, económicos y físicos. Además, por ser el mayor centro de poblamiento sobre la franja costera del departamento de Nariño, con una población urbana que supera los 80 000 habitantes.

El estudio se centró en los tres fenómenos mencionados antes, debido a que éstos han sido identificados como los de mayor ocurrencia en el contexto físico de las poblaciones evaluadas. Por otro lado, el concepto de vulnerabilidad física empleado en este estudio considera la funcionalidad de los elementos o sistemas urbanos - líneas vitales y edificaciones esenciales (indispensables, de atención a la comunidad y de uso especial), como un factor que determina la capacidad institucional y física de la población para la atención de una emergencia.

Adicionalmente, la evaluación en las zonas urbanas de los municipios se realizó a partir de una resolución espacial a nivel de sectores y barrios, es decir, a una escala mayor que la de un predio. También, dentro de los alcances del proyecto se encuentra la utilización de los resultados obtenidos como insumos para Planes de

## Contingencia y reajuste de los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial.

Por último, se llevó a cabo el proceso de socialización enmarcado en la comunicación y participación de entidades locales y personas de la región, como una forma de transferencia de conocimientos y metodologías que garantizó la retroalimentación de información y la aceptación, comprensión y apoyo de las labores realizadas durante la ejecución del proyecto, por parte de la comunidad en general. Con esta socialización, que incluyó la presentación del proyecto y los escenarios de riesgo actuales, se inició el proceso de prevención de desastres, concebidos éstos no como un problema más, sino como una oportunidad para el desarrollo sostenible de esta zona del territorio nacional.

### **1.4.2. Limitaciones.**

La única limitación que se tuvo durante el desarrollo del proyecto, fue la imposibilidad para realizar el trabajo de campo en las cabeceras municipales de La Tola e Iscuandé, debido a situaciones de orden público. Sobre La Tola, sin embargo, se pudo realizar un sobrevuelo para la toma de fotografías, lo que permitió generar información y recomendaciones para esta cabecera municipal.

### **1.4.3. Dificultades.**

La mayor dificultad del proyecto fue la consecución de información previa sobre cartografía de las zonas de estudio (localización, distribución de redes de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica y telecomunicaciones), así como el acceso a los informes de los esquemas de ordenamiento territorial, EOT, debido a que mucha de esta información no existía en las alcaldías y entidades regionales ó porque estaba en manos de los consultores que aún se encontraban elaborando los planes. Una de las dificultades adicionales fue el corte de energía por 15 días del mes de Mayo en la ciudad Tumaco, situación que generó una imposibilidad para procesar parte de la información de campo. Además, la realización de sobrevuelos previstos fue necesario aplazarla hasta que se presentaran condiciones climáticas favorables para la toma de fotografías aéreas; fue así como sólo hasta los días 29 y

30 de julio fue posible ejecutar esta actividad.

## 1.5. PERSONAL.

En el desarrollo del proyecto se conjugaron recursos humanos, capacidades profesionales, técnicas y de apoyo logístico, además de información. El equipo de trabajo se conformó por personal del OSSO con experiencias y trayectoria en la región; experiencia en la evaluación de amenazas y zonificaciones urbanas y regionales, así como personal de la región (grupo de apoyo técnico local) con experiencias y conocimientos de los centros urbanos, del territorio y de aspectos socioculturales típicos de la zona.

La dirección general estuvo a cargo de los profesores Andrés Velásquez y Hansjürgen Meyer, ambos con amplia experiencia en el tema y en la región; la cartografía y manejo de imágenes satélite/radar, sistemas de información geográfica estuvo a cargo de Jorge Mendoza, Técnico cartógrafo.

La evaluación *in situ* en las poblaciones estudiadas estuvo a cargo del Ing. Henry Peralta (coordinador general del Proyecto), con experiencia en evaluaciones de vulnerabilidad y en transferencia de conocimientos y técnicas mitigadoras a maestros de obra y comunidades; y el *Grupo de Apoyo Técnico Local*, conformado por el Ing. Jorge Arellano García (Ingeniero Civil y Especialista en Planificación y Gestión del Desarrollo), coordinador técnico local; la Ing. Civil Johana Quiñones, el Ing. Andrés Leusson y, en la modalidad de pasantía, el candidato a grado de Ingeniero Civil Robín Camacho de la Universidad de Nariño. La vinculación al proyecto de personas de la región, se constituyó en la la primera parte del objetivo de transferencia de conocimientos y metodologías a personal local, más allá de lo planteado en el proyecto en cuanto a número de personas.

En la fase final de análisis, diseño de escenarios de vulnerabilidad y composición de carteles educativos que sintetizan resultados del proyecto, se contó con la valiosa

participación de la Ing. Civil Lina Fernanda Llanos y la Arquitecta Verónica Iglesias de la Universidad del Valle.



En en la Figura 1 se muestra con una imagen de radar la localización de las poblaciones evaluadas en el contexto regional del Departamento de Nariño; en la Tabla 1 se incluye la georreferenciación realizada mediante levantamiento de campo con GPS en cada una de las poblaciones visitadas.

Aunque este programa de reducción de riesgos es una iniciativa a nivel nacional, se acordó limitar su cobertura a la Costa de Nariño debido a testimonios históricos que confirman el alto grado de exposición frente a los fenómenos de esta zona en relación con otras de menor grado y además, a la posibilidad de que se presenten simultáneamente los fenómenos de vibración, licuación y tsunami.

**Tabla 1.** Localización de las poblaciones evaluadas.

MUNICIPIO	POBLACIÓN	LATITUD N	LONGITUD W
El Charco	El Charco (cabecera municipal)	2,4812	78,1158
	Bazán	2,6627	78,1394
	Caravajal	2,6242	78,1263
	El Barranco	2,6593	78,1431
Francisco Pizarro	Hojas Blancas	2,1258	78,6718
	Salahonda	2,0440	78,6616
	Bajo San Ignacio	2,2374	78,6836
La Tola	Amarales	2,6656	78,2436
	Mulatos	2,6574	78,2870
	Vigía	2,6425	78,3050
Tumaco	Tumaco (cabecera municipal)	1,8117	78,7690
	Belalcazar	2,2616	78,6106
	Majagual	2,2637	78,6656
	Villa San Juan	2,3599	78,6244
	San Juan El Nuevo	2,2816	78,6161
	San Juan de la Costa Viejo (1979)	2,3267	78,6380
	Bocagrande	1,8291	78,8021
	Vaquería Gran Colombia	1,7858	78,8648
	Pasacaballos	2,4493	78,5712
	Guachal de la Costa	2,4215	78,5849
	San Juan de la Costa (1995)	2,3307	78,6294
Mosquera	Mosquera (cabecera municipal)	2,5117	78,4549
	Miel de Abejas	2,5045	78,4997
	El Cantil	2,5712	78,3998
	El Naranjo	2,6530	78,3338
	El Tortugo	2,5346	78,4191
	Firme Los Cifuentes	2,5735	78,4059
	Playa Nueva	2,5793	78,3873
	El Bajo	2,6146	78,3348
Olaya Herrera	Bocas de Satinga	2,3516	78,3307
	Cocalito	2,4534	78,5365
	Tasquita	2,4960	78,5198
	Calabazal	2,4491	78,26115
	Sapotal	2,4509	78,2661
	El Pueblito	2,5386	78,2512
	El Carmen	2,5291	78,2715

### **3. INSUMOS, INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍA.**

#### **3.1. INFORMACIÓN.**

##### ***3.1.1. Información recopilada.***

La cartografía digital e impresa recopilada se obtuvo de diferentes instituciones como FONADE (1984), Financiera de Desarrollo Territorial (1991a y 1992b), CCCP y CCCP (1998a), CEDENAR (1998), ACUAVALLE (1994), CORPONARIÑO (1988), CVC (1984) y el Municipio de Tumaco (1992a y 2001b). Para el caso particular del área urbana de Tumaco (islas Tumaco, El Morro y Zona Continental), se recopilaron mapas de inundación por Tsunami en marea alta/media y de zonas intermareales elaborados por DIMAR - CCCP en el 2002 y el mapa de licuación realizó por la DIMAR en integración con el INGEOMINAS y OSSO (2002). La cartografía histórica se obtuvo de Velásquez (1992) y Mosquera et al. (1999). Además, durante el desarrollo del proyecto se recopiló información de campo en cada población evaluada mediante formularios previamente diseñados (Anexo 4), fotografías fijas/aéreas, grabaciones de audio y video.

La información de campo recolectada en cada población reúne las características del entorno (identificación de amenazas y riesgos potenciales), la estructura y conformación de las zonas (morfología, edad), tipologías constructivas, localización (georeferenciación), existencia de equipamiento comunitario (edificaciones indispensables, de atención a la comunidad, estructuras de ocupación especial), sistemas urbanos y líneas vitales (infraestructura de vías, abastecimiento de agua,

telecomunicaciones, suministro de energía, disposición de aguas residuales y residuos sólidos) y aspectos organizativos en materia de prevención de desastres.

### **3.1.2. Información rescatada.**

La cartografía del sistema de acueducto de Tumaco se consiguió en los archivos de Acuavalle (Buga y Cali). Esta información, inexistente en el municipio, será puesta a disposición (escaneada) de las entidades de la región (Alcaldía, Acuamira).

## **3.2. ACTIVIDADES.**

Las actividades realizadas durante el proyecto se llevaron a cabo en tres fases. La primera fue la Fase de Diagnóstico, que se desarrolló a partir de la revisión bibliográfica y cartográfica, y recolección de datos en campo. La segunda correspondió al análisis de la información en Tumaco y Cali, y la tercera a la socialización del proyecto, que se realizó en su mayor parte en cada localidad visitada.

Como base de operaciones para el proyecto se dispuso de un espacio adecuado en Tumaco en el Centro Comercial Miramar, Local 103, dotado con los recursos mínimos necesarios para el trabajo de acopio y procesamiento inicial de datos, coordinación logística, etc. Se utilizaron equipos para el procesamiento de datos e imágenes digitales (PC con periféricos, estereoscopio), localizadores (GPS) para el trabajo en las áreas fuera de Tumaco (incluidos los vuelos de aerofotografía) y registro con digitales fija y de video.

### **3.2.1. Trabajo en terreno.**

Se llevó a cabo en las cabeceras municipales de Tumaco, Olaya Herrera, Francisco Pizarro y El Charco. Por motivos de orden público no fue posible hacerlo en las

cabeceras de los municipios La Tola e Iscuandé. El trabajo de campo se realizó con recorridos a pie y por vía marítima/fluviál en las poblaciones estudiadas, con el propósito de georreferenciar y recolectar información de cada una mediante formatos (cuestionarios) elaborados (ó ajustados específicamente para este proyecto), grabaciones de audio, filmación y foto fija, para cada uno de los elementos expuestos.

### **3.2.2. Reconocimiento aéreo.**

Consistió en sobrevuelos de cada una de las poblaciones objeto de estudio, para la toma de fotografías oblicuas y filmación a una altura entre 700 y 1 000 pies, que permitieron obtener información del grado de exposición de las poblaciones estudiadas con su respecto a su ubicación y entorno físico. Debido a las malas condiciones climáticas de la zona de estudio imperantes desde el inicio del proyecto, los sobrevuelos solo se pudieron realizar los días 29 y 30 de Julio de 2003.

### **3.3. METODOLOGÍA.**

Para el desarrollo del trabajo se combinaron diferentes métodos de investigación y aproximación a los problemas conducentes a lograr los objetivos planteados. Esto incluyó la generación de cartografía regional a partir de imágenes de radar tratadas digitalmente y georreferenciadas con base en cartografía previa y datos de GPS en campo. Con base en experiencias previas de desarrollo y aplicación de metodologías de evaluación de vulnerabilidades, se desarrollaron y ajustaron formularios de campo para el acopio de información de vulnerabilidad física y funcional de viviendas, sistemas urbanos/líneas vitales y edificaciones esenciales. Para Tumaco especialmente se hicieron conteos de viviendas y se muestreó un volumen importante de los elementos expuestos. Sólo en algunas manzanas del antiguo estero que dividía las dos islas no fue posible realizar un conteo exhaustivo, pues se trata de "manzanas rellenas" (Mosquera, et al, 1999), con altísima densidad

de vivienda y accesos estrechos. Se estima que el conteo y clasificación mediante formatos de campo (viviendas, redes de servicios, edificaciones esenciales), cubre por lo menos un 80 % de los elementos expuestos.

Este estudio se nutrió con el conocimiento previo de las condiciones físicas, urbanísticas e históricas de las poblaciones evaluadas. Este conocimiento es el resultado de un amplio trabajo de campo, las experiencias del personal local y la documentación del trabajo previo de vulnerabilidad sísmica de Tumaco desarrollado en el marco del Programa “Mitigación de Riesgos en Colombia”, (González, 1991), de modelamientos numéricos de olas de Tsunami (Caicedo et al, 1996), el registro fotográfico del OSSO, documentos del POT de Tumaco, el Plan de Desarrollo de Tumaco 2001 – 2004 (Arellano, 2001a), estudios realizados por el INGEOMINAS en el área urbana de Tumaco y el análisis de fotografías aéreas y cartografía del lugar. Los talleres de socialización fueron un insumo importante para el proyecto, ya que mediante éstos se lograron identificar los factores sociales que influyen en la vulnerabilidad y la percepción de cada persona o institución sobre las amenazas.

La metodología aplicada permite evaluar de manera cualitativa, la vulnerabilidad física y funcional de los elementos expuestos en cada población, con base en el conocimiento y análisis de su grado de exposición, resistencia y capacidad de respuesta física, institucional y social frente al terremoto y sus fenómenos asociados (vibraciones sísmicas, licuación e impacto/inundación por tsunami), haciendo énfasis en el fenómeno cuya ocurrencia es mas probable. Esta metodología combina observaciones directas sobre el entorno (tipo de terrenos, su composición, génesis, geomorfología, entre otras) con respecto a la localización espacial de los elementos y condiciones físico/funcionales.

Los resultados obtenidos al aplicar la metodología, permiten generar, en corto tiempo, recomendaciones específicas para la reducción de la vulnerabilidad de los componentes expuestos como un insumo para la formulación de estrategias de reducción del riesgo y la elaboración de los Planes de Contingencia y el ajuste de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT – EOT ) de las poblaciones objeto de

estudio.

### **3.3.1. Sectorización de Tumaco.**

La definición de sectores que agrupan barrios y manzanas se realizó teniendo en cuenta variables físicas y ambientales lo más homogéneas posible, como localización frente al mar, sobre rellenos o en áreas inundables por marea, en combinación con tipologías constructivas y materiales de viviendas y edificaciones. Esta sectorización y los barrios que conforman los sectores definidos se presentan en la Figura 2 y Tabla 1, respectivamente.

El conjunto de información cartográfica y las bases de datos de elementos expuestos se analizaron con la ayuda de herramientas de sistemas de información geográfica.

A continuación se describen los parámetros requeridos para evaluar la vulnerabilidad física mediante la metodología empleada en este estudio.

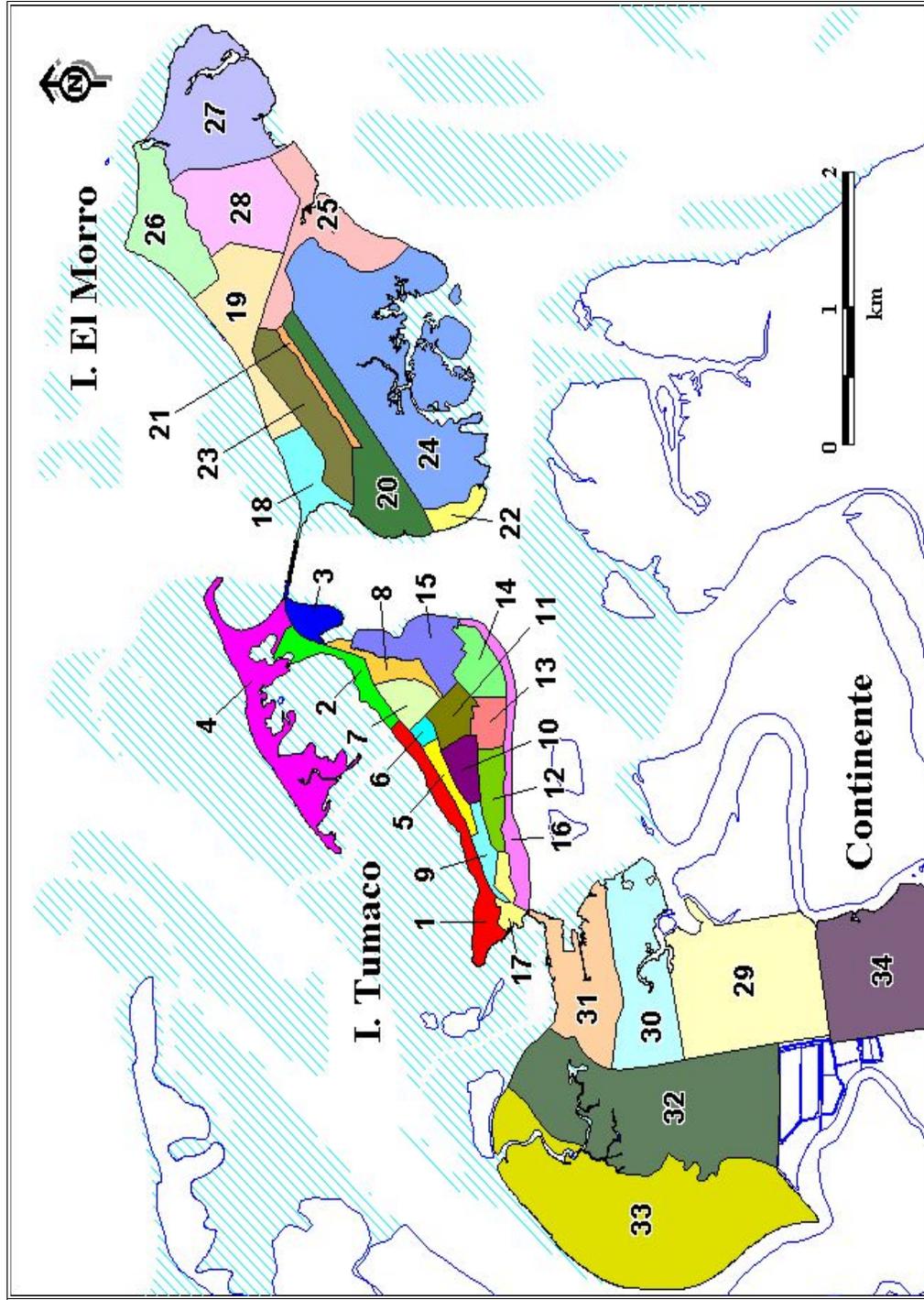


Figura 2. Sectores del área urbana de Tumaco.

**Tabla 2.** Conformación de los sectores evaluados.

<b>ZONA</b>	<b>SECTOR</b>	<b>BARRIOS</b>
<b>ISLA TUMACO Y LA VICIOSA</b>	1	La Playa, Bischoff y Viento Libre.
	2	Barrios Tumac y María Auxiliadora.
	3	Urbanización Miramar.
	4	El Bajito.
	5	Villa Lola.
	6	Zona aledaña al Hospital San Andrés de Tumaco.
	7	Cementerio y barrio Luis Avelino Perez.
	8	Pantano de Vargas.
	9	Puente Herrera.
	10	Tres Tablas.
	11	Puente Medio.
	12	La Calavera y Potrero.
	13	Plaza Nariño - Mercado.
	14	Zona Comercial - Obelisco.
	15	Puentes palafíticos.
	16	Calle del Comercio - Buenos Aires.
	17	Panamá.
<b>ISLA EL MORRO.</b>	18	Pradomar y Liceo Max Seidel.
	19	Batallón de Infantería Marina.
	20	Aeropuerto La Florida.
	21	Barrio Brisas del Aeropuerto.
	22	La Florida, El Morrito y Chapas de Nariño.
	23	Libertadores 1 y 2, Estadio y Escuela de Fútbol.
	24	Derivados forestales y zona manglárica.
	25	Playa Arrecha e instalaciones portuarias.
	26	Sector turístico.
	27	Pesmaco y playas.
	28	La Cordialidad.
<b>Zona Continental.</b>	29	La Ciudadela.
	30	Ecopetrol y Licsa Texas.
	31	El Pindo y estaciones de combustible.
	32	Los Ángeles, Iberia, Obrero, California y Unión Victoria.
	33	Manglares.
	34	La Carbonera.

### **3.3.2. Zonificación de amenazas (Tumaco y demás municipios).**

Consiste en zonificar el área de estudio a partir del conocimiento de las amenazas existentes en el lugar, obtenido mediante observaciones directas en terreno, cartografía e información documental existente y fotografías aéreas e imágenes de radar/satélite, con el propósito de identificar las zonas en las cuales existen peligros o amenazas de tipo natural.

Los insumos para la zonificación variaron de un municipio a otro. Así, para Tumaco incluyó los mapas de inundación por impacto de tsunami en marea media y de zonas intermareales (DIMAR - CCCP, 2002) y el mapa de potencial de licuación de suelos (INGEOMINAS, DIMAR y OSSO, 2002). La zonificación del resto de poblaciones se hizo con base en imágenes de radar RADARSAT 1 e INTERA del Litoral de Nariño, de mayo 15 de 1997 y julio de 1992, respectivamente, y el trabajo de georreferenciación y fotografías aéreas desarrollado durante el proyecto, debido a que no se contó con información cartográfica ni de las amenazas en estas poblaciones.

### **3.3.3. Clasificación de elementos expuestos.**

Se realizó a partir del conocimiento de los componentes expuestos, urbanos y rurales de cada municipio, con el fin de estimar el tipo y volumen de elementos que podrían ser afectados por la ocurrencia de un sismo y sus fenómenos asociados.

Los criterios considerados para hacer la clasificación de los elementos expuestos, están determinados por la importancia de cada uno de ellos dentro de la comunidad o población. Así, esta clasificación se realizó en tres categorías que agrupan edificaciones y estructuras con un mismo nivel de importancia y necesidad. La primera categoría definida es *Sectores de vivienda homogéneos*, debido a que éstas se consideran edificaciones de ocupación normal cuya afectación o colapso representan un peligro para sus ocupantes o el posible impedimento para la evacuación de una zona a otra. La segunda está conformada por los *Sistemas*

*urbanos y líneas vitales*, aquellas estructuras lineales o sistemas vitales que por tener el tamaño y la característica de uso continuo, puedan afectar a una gran cantidad de personas y ocasionen la suspensión de las actividades socioeconómicas.

Por último, las *Edificaciones esenciales* en la que se agrupan todas las edificaciones cuyo funcionamiento es una parte importante en el manejo y atención de desastres, es decir, aquellas consideradas como edificaciones vitales para la atención de emergencias, las de atención a la comunidad y de ocupación especial que tengan una alta densidad de ocupación o puedan utilizarse como albergues provisionales. Esta clasificación se muestra en la Figura 3.

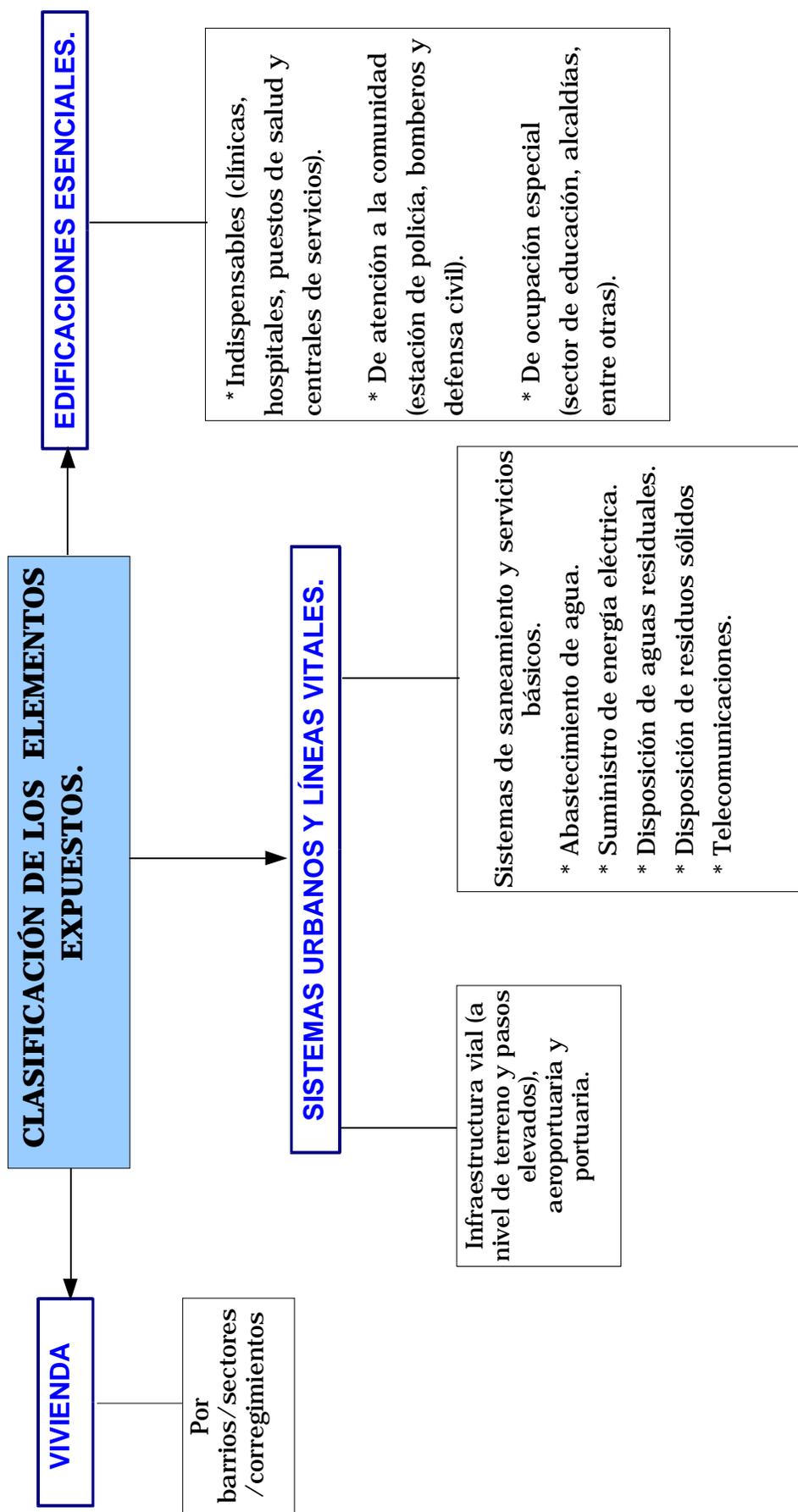


Figura 3. Clasificación de los elementos expuestos.

### **3.3.4. Grado de exposición.**

Este es un aspecto específico y parcial de la vulnerabilidad, que está relacionado con la localización de los elementos expuestos en relación con su entorno y los distintos niveles de amenaza por terremoto, licuación y tsunami identificadas en la zona de estudio y de mayor probabilidad de ocurrencia teniendo en cuenta sus antecedentes (escenarios históricos de 1906, 1979).

#### **3.3.4.1. Vibraciones sísmicas y licuación.**

El grado de exposición por vibraciones sísmicas se evaluó de acuerdo con el modelo de amenaza existente en la Norma colombiana de Diseño y Construcción Sismorresistente, NSR 98 (Ley 400 de 1997). Este modelo define el grado de amenaza por terremoto en todo el territorio nacional, mediante una zonificación por áreas de actividad sísmica alta, intermedia y baja; y un valor de aceleración pico efectiva del terreno ( $A_a$ ) que varía de unas zonas a otras. Para el caso de la Costa Pacífica esta Norma la ha clasificado dentro la zona actividad sísmica alta con una aceleración pico de 0,40 g (AIS, 1997).

El grado de exposición a la licuación de suelos de los sectores del área urbana de Tumaco se evaluó a partir del conocimiento previo de la geomorfología, las características de los suelos, los efectos por terremotos anteriores (1906 y 1979), y el cruce de la cartografía de los sectores con la información del "Mapa de amenaza por licuación del área urbana del municipio de Tumaco (versión de integración de información Ingeominas, DIMAR, OSSO, 2003). Para evaluar el grado de exposición a la licuación, se definieron las categorías de exposición Alta, Media y Baja. Alta corresponde a sectores que en su totalidad se asientan sobre rellenos o zonas de bajamar. Media para sectores en rellenos técnicamente contruidos o con zonas de cambios de rigidez, esto es, transiciones de terrenos más firmes a rellenos o suelos de bajamar. Baja a sectores sobre terrenos más firmes, correspondientes a las islas iniciales de Tumaco y parte del Continente.

Para las demás cabeceras municipales no se cuenta todavía con esta información. Sin embargo, por sus características geomorfológicas predominantes observadas en campo y en fotografías aéreas oblicuas, se produjeron zonificaciones indicativas que incluyen áreas de rellenos, barra de arena y sedimentos más recientes urbanizados en cercanías de los ríos, que en principio son más propensas al fenómeno de licuación.

#### **3.3.4.2. Tsunami - impacto/inundación.**

A partir de la zonificación de las amenazas y la clasificación de los elementos expuestos se evaluó el grado de exposición de cada población, considerando criterios específicos para cada fenómeno. Así en el caso de tsunami, se consideraron la presencia de bajos, forma de línea de costa, distancia a la playa, existencia o no de protección por bosque, topografía y áreas de evacuación (Adaptado de Meyer & Velásquez, 1992). Estas características fueron consideradas por lo decisivas que pueden llegar a ser frente a la ocurrencia de tsunami.

En este sentido, en los *Bajos* se disipa gran parte de la energía con la que llega la ola de tsunami a la costa; su presencia impidió que en 1906 y 1979 Tumaco fuera severamente afectado (protegido por la Isla del Guano), mientras que San Juan de la Costa, desprovisto de esta defensa, fue arrasado en las dos ocasiones (Meyer, 1997b). Por otro lado, la *Forma de línea de costa* es un factor que determina la concentración de energía hidráulica, la altura de las olas de tsunami y la intensidad de éste; por ejemplo, costas en forma de "U" o "V" incrementan la altura de la ola mientras que bahías con entrada estrecha pueden atenuarlas (UNDHA/GENEVA, 1994; Meyer, 1997b).

La distancia a la playa, topografía y existencia de protección por bosque (p. ej. Manglar), son factores que determinan el grado de afectación por tsunami de un asentamiento. Una población que esté alejada de la playa y localizada en sitios topográficamente altos, en la que existan bosques o algún tipo de vegetación boscosa, se verá menos afectada que una sin estas características.

Adicionalmente, la existencia de áreas de evacuación permite a la comunidad dirigirse hacia lugares más seguros, como colinas, zonas despejadas y ubicadas en zonas no inundables, que puedan servir como helipuertos para la atención de una emergencia.

A cada una de las características se le asignó una calificación de cero (0) y uno (1), cuando correspondieran a situaciones desfavorables (0), y favorables (1), es decir, mitigadoras. También, se asignó un rango de valores entre cero y uno (0 -1) a los bajos de rompiente poco definidos según la observación y a poblados parcialmente protegidos por bosque y/o localizados sobre llanuras a más de 5 msnm, distribuidos entre la playa y el interior.

Después de definir las calificaciones para cada característica considerada, se realizó el conteo de aquellas que tuvieran una calificación desfavorable (0) y se definió el grado de exposición de acuerdo con el valor obtenido. Por ejemplo, si una población presenta una calificación de cero en cinco de las características consideradas, su grado de exposición equivale a una calificación total de cinco, es decir, Muy Alto. Por el contrario, si esta misma población tiene cuatro condiciones desfavorables (0) y una intermedia (0-1), su grado de exposición estará definido entre los valores de cuatro (4) y cinco (5), lo cual representa una exposición de Alta a Muy alta. Esto significa que la calificación total indica el número de condiciones desfavorables existentes en la población, es decir, una calificación total de cero, correspondiente a No expuesto, indica que el asentamiento presenta condiciones favorables, mientras que un valor de seis (6) muestra que en el lugar todas las características consideradas son desfavorables. En la Tabla 3 se presenta las calificaciones totales y su correspondiente grado de exposición.

En el área de estudio todas las poblaciones tienen exposición a tsunami, por su localización frente al mar o en orillas de esteros y ríos en los cuales se producen inundaciones por acción del remonte de las olas aguas arriba. Sin embargo, el déficit de información batimétrica detallada y la complejidad de las refracciones y reflexiones de las olas en los esteros, ríos, islas e islotes de la región hacen muy difícil generar modelos de distancias de propagación y alturas de los niveles de

inundación en estas condiciones.

**Tabla 3.** Calificación de exposición por tsunami.

<b>GRADO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
No expuesto	0
Mínimo	1
Bajo	2
Mediano	3
Alto	4
Muy alto	5
Extremo	6

### **3.3.5. Vulnerabilidad por resistencia.**

Esta evaluación consistió en determinar de manera cualitativa, a partir de la observación de las características constructivas y estructurales, edad, estado de conservación, materiales y disposición sobre el suelo de los elementos expuestos, su grado de resistencia frente a vibraciones sísmicas y sus fenómenos asociados.

### **3.4. ZONIFICACIÓN REGIONAL.**

Con base en la cartografía generada a partir de imágenes de radar y con testimonios históricos y criterios fisiográficos y geomorfológicos, el Litoral se delimitó, de manera preliminar e indicativa, en tres franjas o zonas de mayor influencia por exposición al impacto y/o inundación por tsunami. La zona de mayor exposición comprende las playas, bocanas, islas e islotes con menor altura sobre el nivel del mar. Una franja intermedia que incluye los esteros y tierras bajas hasta

bocas con ancho del orden de un kilómetro y una tercera franja de la planicie aluvial con ríos relativamente estrechos y menor influencia de la marea, a partir de una estimación *de viso*, y con ayuda de las tonalidades de las imágenes de radar que sugieren menor a nula influencia de la marea (vegetación de terrenos no sujetos a inundaciones periódicas).

### **3.5. SÍNTESIS.**

La metodología se caracteriza por ser rápida y sencilla, debido a que se fundamenta en criterios y conocimientos sobre variables ambientales, de emplazamiento de los elementos expuestos y grado relativo de resistencia, con base en secuencias de integración y comparación (cruce) de información, incluidas observaciones de campo que permiten identificar y asignar calificaciones de vulnerabilidad. Esto posibilita identificar los componentes y entornos más vulnerables sobre los cuales se deben priorizar las acciones, ya sea para elaborar estudios más detallados (por ejemplo para reforzar instalaciones indispensables) o, para acciones de intervención y acción por parte de actores individuales, comunitarios e institucionales.

A manera de síntesis, en la Figura 4 se presenta la secuencia de actividades y criterios tenidos en cuenta para evaluar el grado de vulnerabilidad física y funcional de cada población frente a terremoto y sus fenómenos asociados.

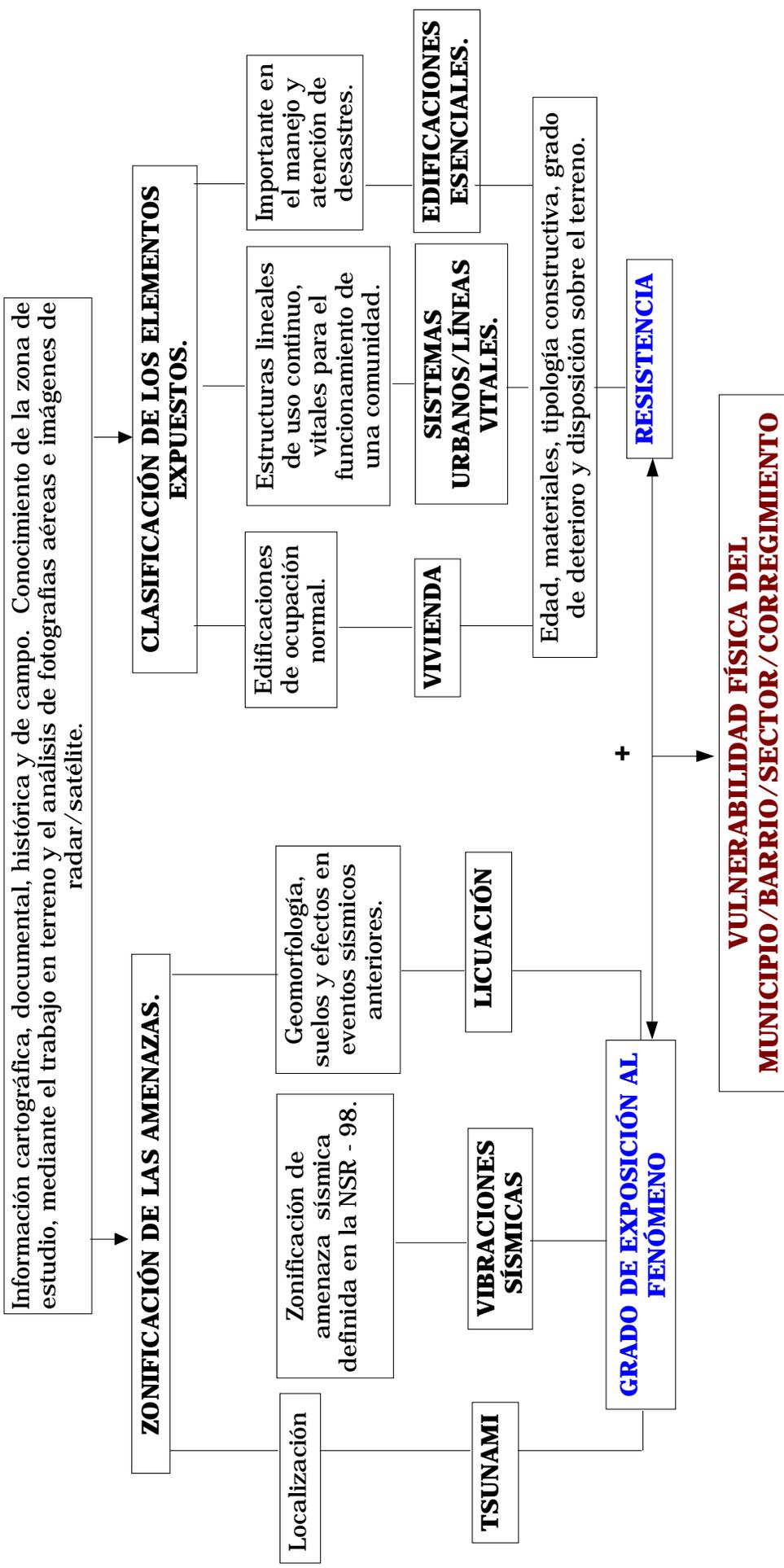


Figura 4. Síntesis de la metodología.

#### 4. ESCENARIOS HISTÓRICOS.

Para el Litoral Nariñense, los eventos que han permitido derivar estos escenarios son los desastres de 1906 y 1979.

La exposición de Tumaco a los fenómenos del mar ha sido motivo de preocupaciones y acciones desde la época de su fundación (*Pacheco, 1959, en Meyer, 1997b*) a mitad del siglo XVII, cuando se le trasladó a su actual sitio buscando playas y puertos más abrigados (*Meyer, 1997b*). Desde tiempo atrás ha habido recomendaciones como el traslado del asentamiento a sitios más protegidos, como la actual ubicación de Salahonda (1749, en informe de *Pacheco, 1959*). Después del desastre de 1906, el Comisionado del Gobierno Central para evaluar consecuencias y recomendar medidas de mitigación (*Triana, 1910*) argumenta sobre el traslado de la ciudad y hace recomendaciones para proteger las islas del impacto de las olas y corrientes marinas.

Pocos años más tarde, la Alcaldía de Tumaco inicia la gestión de lo que luego sería el proyecto de reorientación de desarrollo urbano colombo - europeo ALA, para reubicar en área continental a la población más expuesta a posibles olas de tsunami en barrios palafíticos del norte de la isla . El proyecto ha dotado a más de 1 000 familias, pero quedó lejos de poder resolver el problema de varios miles más.

El Ministerio de Desarrollo mediante la gestión del INURBE, lideró el "Plan estratégico para la reubicación del barrio Tumac - El Bajito que se localizaba en el extremo nor - oriental de la isla de Tumaco - zona considerada de alto riesgo, hacia terrenos del área continental (Proyecto La Ciudadela), de propiedad del INURBE, identificada como área de expansión urbana según el acuerdo del Plan de

Desarrollo del Municipio (CITCE, 1994).

En el proyecto inicial en su primera etapa, únicamente se construyeron 218 viviendas. Hace pocos años, el Ministerio de Transporte reconstruyó con avanzadas tecnologías el viaducto que une las dos islas principales, Tumaco y Morro; este puente había quedado debilitado en su estructura por el terremoto de 1979.

La zona más afectada a los fenómenos de maremotos y marejadas ha sido la línea costera Noroccidental del Archipiélago de Tumaco. Aunque parte de esta línea de costa tiene alguna protección natural por bajos o manglares, se hace necesario reubicar todas estas edificaciones, no solamente por su grado de exposición al fenómeno sino también por otros efectos ambientales, tales como la extrema densificación de viviendas, la falta de accesos a estos asentamientos subnormales, el hacinamiento familiar, la dificultad técnica para la dotación de sistemas de alcantarillado para aguas residuales, el grado de dificultad para la recolección de residuos sólidos y la inviabilidad económica para el mejoramiento de viviendas en estas áreas lacustres.

La historia de los terremotos de gran magnitud del Litoral de Nariño es muy escasa, en razón del reciente poblamiento e importancia relativa de la región. Los mejor documentados existen sólo a partir de 1906. Entre los grandes eventos de 1906 y 1979 ocurrieron dos terremotos (1942 y 1958), sin consecuencias desastrosas para Tumaco, frente al segmento norte de la costa ecuatoriana, dentro de la zona de ruptura del sismo de 1906. De dos sismos fuertes - en 1868 y 1875 - en la región occidental colombo-ecuatoriana sólo se tienen datos imprecisos.

Aunque Tumaco debió ser fundada hacia 1640 (Arellano, 2003b), no se ha encontrado documentación histórica sobre sismos fuertes previos al de 1906, que probablemente ocurrieron. Sólo se tiene una referencia indirecta que podría estar asociada a efectos de un terremoto. En uno de los primeros mapas conocidos de

Tumaco, fechado en 1749 el cual fue producto de un viaje de reconocimiento denominado "*Breve diseño del Viaje que emprendió el Excelentísimo Señor doctor Don Juan Nito Polo del Aguila*", conservado en el Archivo General de Indias en Sevilla (España) en el Legajo Panamá 147 (Velásquez, 1992), se observa la isla de Tumaco y junto a ella otra denominada "*Isla viciosa perdida*". Sólo para llamar la atención sobre la posibilidad que esta denominación estuviese asociada a terremoto" tsunami o marejadas, vale recordar que "**Visiosa**", palabra derivada de "*Vicio*" (del latín *vítium*), en su primera acepción significa "**Mala calidad, defecto o daño físico en las cosas**" y que "**Perdida**", de "*Perder*" en su primera acepción significa "*Dejar de tener, o no hallar, la cosa que poseía, sea por culpa o descuido del poseedor, sea por contingencia o desgracia*".

En resumen, la etimología de esta isla sugiere que ella pudo haber sufrido daño producto de una contingencia o desgracia ¿tal vez asociada a un terremoto y tsunami no documentados, o a marejadas?

Los escenarios históricos de amenazas por terremoto y sus fenómenos asociados, licuación y tsunami, para Tumaco, fueron preparados por el OSSO en 1997 como una contribución al POT de la ciudad, en formulación en esa época por el Plan Pacífico (DNP) y "Asesorías Municipales Ltda" (Meyer, 1997b). La descripción de las causalidades, procesos y efectos potenciales de los fenómenos considerados en ese Informe siguen vigentes, mientras que las condiciones de vulnerabilidad han variado relativamente en razón de que si bien una parte de la población frente al mar sobre construcciones palafíticas (pilotes) en el Barrio La Playa fue relocalizada, se encontró que parte de lo relocalizado volvió a ser ocupado y que la densidad de construcciones en las demás áreas expuestas ha aumentado.

Con la finalidad de concentrarnos en este Informe en la evaluación de escenarios actuales, los cuales se desarrollan detalladamente más adelante y se condensan en los mapas y gráficos en formato afiche del Anexo 1, haremos aquí una síntesis de la situación de escenarios de amenaza y vulnerabilidad, mientras que el documento

del OSSO (Meyer, 1997b), se incluye como Anexo 2.

#### 4.1. TERREMOTOS.

El Litoral se encuentra asentado sobre una de las fuentes sísmicas donde se presentan terremotos de grandes magnitudes con alto potencial tsunamigénico, la Zona de Subducción del Pacífico (Meyer, 1990a; Meyer & Velásquez, 1992). Esta fuente sísmica causó los dos sismo más grandes conocidos en la historia de Colombia en enero de 1906 con  $M = 8,4$  y en diciembre de 1979 con  $M = 8,1$  (Okal, 1992). En ellos ocurrieron los tres tipos de fenómenos asociados: vibraciones fuertes del terreno, licuación de suelos y tsunami.

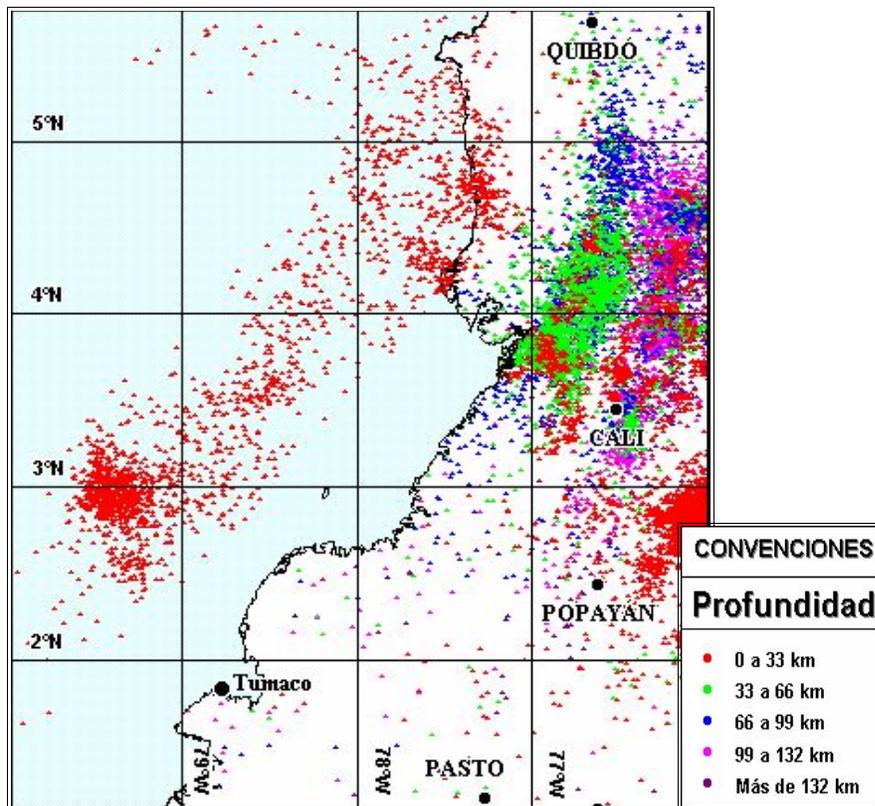


Figura 5. Epicentros de sismos (OSSO, 2003).

Las vibraciones sísmicas en la región pueden considerarse estacionarias en el tiempo, es decir, sólo dependen de las condiciones del terreno en cada municipio.

Los reportes para 1906 indican que las vibraciones fuertes duraron varios minutos. La siguiente transcripción de un testigo, tomada por *Rudolph & Szirtes* (1911) del "Daily Chronicle" de Londres (Abril 9 de 1906), da una idea de la fuerza y duración de las vibraciones:

*"Yo me encontraba el 31 de enero a las diez y media de la mañana en la calle, delante de mi casa, conversando con un vecino, cuando súbitamente y sin el menor preaviso comenzó el movimiento sísmico más terrible que jamás haya sentido. Todos fueron arrojados al suelo. Toda la isla estaba en movimiento y todas las casas se mecían de un lado a otro, como un barco en mar embravecida, de tal manera que uno tenía que temer que en cualquier momento podían desplomarse y enterrarnos bajo sus escombros. El movimiento del terreno fue tan fuerte que hacía imposible moverse del sitio (...) Yo mismo escapé de un gran peligro sólo con gran esfuerzo. Sucedió que delante de mi casa había un gran astillero y delante del mismo yacía un pesado cuartón de madera, parte de un andamio. Contra este cuartón había apoyado yo mi pie para así lograr un apoyo para mi y poder sostener a mi esposa, la cual estaba en posición sentada. En el momento en el cual el cuartón fue arrojado hacia arriba por el movimiento, mi pie quedó debajo del mismo, de tal manera que con el pie apresado, yo no me podía mover. Cuando un instante más tarde el cuartón fue arrojado hacia arriba nuevamente pude librarme de la situación.*

*Estas terribles sacudidas duraron 5 minutos. (...) Si todas las casas hubieran estado hechas de ladrillos y piedras, toda la ciudad habría sido destruida por el primer impacto del movimiento, enterrando así bajo sus escombros a la mayoría de los habitantes, pero como estaban hechas de madera, muy dura y muy bien encajada, poseen una gran elasticidad y resistieron muy bien a los movimientos".*

El terremoto del 12 de diciembre de 1979, aunque de menor duración, también causó vibraciones muy fuertes, a tal punto que nadie podía permanecer en pie, como lo relata el Ingeniero Civil Jorge Arellano en el Anexo 3.

De casi todas las localidades costeras no se tiene noticia de los efectos de las vibraciones sísmicas, pues sobre éstos se superpuso el tsunami, tanto en 1906 como en 1979, de tal manera que los reportes se concentran en él. Para El Charco se sabe que las vibraciones causaron la destrucción de una plataforma de concreto sobre pilotes, bajo la cual se encontraban muchos pobladores que llegaban de madrugada con mercancías a la población, esperando el mercado de ese día y que la mayoría de ellos murieron (Anexo 3).

#### **4.2. LICUACIÓN, CORRIMIENTOS Y HUNDIMIENTOS DEL TERRENO.**

El fenómeno de licuación no es estacionario en el tiempo porque depende de factores como la profundidad del nivel freático, a su vez influenciado por el régimen de la marea y por la ocurrencia de lluvias prolongadas y saturación de los suelos, por cambios en las barras y bajos de arena producto de las corrientes fluviales y litorales y por la ejecución de rellenos. Desde 1906, cuando la actual isla Tumaco eran dos barras separadas por un estero (ver Figura 6), la situación ha cambiado significativamente. El estero ha sido rellenado, las islas Tumaco y Viciosa se unieron mediante rellenos y parte de las áreas de manglar en el Morro y Continente también han sido rellenadas. En las demás cabeceras municipales y en los corregimientos también es frecuente encontrar rellenos, incluidos rellenos de basuras o de residuos de aserríos, sobre los cuales posteriormente se construye.

En segundo lugar, la licuación de los suelos se constituye en uno de los fenómenos asociados a un sismo con alta probabilidad de ocurrencia dentro de las poblaciones evaluadas, debido a que la mayoría de éstas son arenas no cohesivas saturadas de agua, que durante vibraciones sísmicas fuertes pierden su resistencia y capacidad portante. Esta situación de alta probabilidad, se evidenció en la concentración de

licuación en rellenos de tipo artificial durante el terremoto de 1906, y el agrietamiento de los suelos, hundimiento de las cimentaciones y extrusión de arenas y lodos durante el evento de 1979. Actualmente, las zonas que podrían presentar un alto grado de licuación son más que las identificadas en los eventos anteriores, es decir, que la probabilidad de ocurrencia de licuación está en continuo crecimiento debido a los procesos de crecimiento y desarrollo sobre terrenos de relleno de tipo artificial (Meyer, 1997b).

Los reportes históricos de 1906 señalan que hubo agrietamientos del terreno en Tumaco y en otras poblaciones y playas, incluyendo Barbacoas, lo mismo que hundimientos del orden de un metro en Mosquera. Para 1979 Herd et al (1981), reportan subsidencia (hundimientos del terreno) hasta 50 km tierra adentro, desde el sur de Cabo Manglares hasta en norte de Timbiquí en el Departamento del Cauca. La mayor extensión de terrenos hundidos comprende todo el Delta del río Patía. Los valores documentados en centímetros son:

Tumaco, 15 - 30; Canal de acceso al puerto de Tumaco, 50; Guapi, 25 -30; Bazán, 40 - 45; El Charco, 50 - 60; Isla Gorgona, 80; San Juan de la Costa, 120 - 160; Bocana de Rompido (en el extremo norte de la barra de Boca Grande), 60.

Los reportes de 1906, y especialmente los de 1979 recogidos en trabajo de campo, son consistentes con hundimientos generalizados del terreno, porque muchas de las viviendas y áreas de cultivo empezaron a ser inundables en marea alta. Un ingeniero de la región realizó medidas de estos hundimientos en Bazán (49 cm), San Juan de la Costa (120 cm) y en Tumaco (8 cm), datos que son consistentes con los reportados arriba (ver Anexo 3). En ambos terremotos fueron comunes los corrimientos laterales de terrenos, por ejemplo en cercanías de cauces de ríos y el surgimiento de chorros de arena y agua producto de las presiones que generan las vibraciones sísmicas sobre suelos arenosos saturados (licuación).

Otro efecto de las vibraciones son movimientos de masa (deslizamientos), en la Cordillera Occidental y en las colinas de rocas del Terciario, en los terrenos entre el

río Patía y el Brazo Largo del mismo, de los cuales se tienen reportes para 1979 (Herd et al., 1981).

#### **4.3. TSUNAMI (MAREMOTO).**

Las poblaciones asentadas a lo largo de la Costa Pacífica colombiana, además de presentar una alta amenaza sísmica, están expuestas a fuentes de tsunami cercanas y lejanas (Caicedo et al., 1996). Según Meyer (1990a), los sismos generados en la fuente cercana en los años de 1906 y 1979 son considerados, entre los eventos más grandes del siglo pasado cuyo impacto abarcó, en el primer caso, toda la costa colombiana y en el segundo causó seria destrucción en los departamentos de Nariño, Cauca y una parte del Valle del Cauca.

Dos casos particulares de afectación por estos sismos corresponden a la doble desaparición en el siglo pasado de la Isla El Guano, localizada frente a la Isla de Tumaco, y de la población de San Juan de la Costa, ubicada al norte de la ensenada de Tumaco (Meyer, 1990a; Meyer & Rodríguez, 1997).

De acuerdo con Mosquera et al (1999), el poblamiento del Litoral hacia 1906 era mucho mayor en la franja entre los ríos Mira y Micay que hacia el Norte, en las costas del Valle del Cauca y Chocó. Se localizaban allí unos 60 poblados dedicados a la "economía marismera", todos o casi todos ellos arrasados por el tsunami. Rudolph y Zsirtes (1911) dicen:

*"... debe destacarse que casi todas las poblaciones y plantaciones localizadas inmediatamente en la costa o a alguna distancia tierra adentro fueron arrasadas junto con sus habitantes por la ola de marejada ... Presentamos a continuación la lista de poblaciones que según el periódico "El Trabajo", fueron o bien fuertemente afectados o totalmente destruidos por la ola de marejada; Cabo Manglares, Trujillo, Bocagrande, El Bajito, Domingo-Ortiz, El Piñal, Chilbi, Salahonda, Morro de Salahonda (4 muertos), Hojas Blancas (10 muertos), San Ignacio (22 muertos), San*

*Juan (149 muertos), Caballos (8 muertos), Guascama (11 muertos), Timbiquí (53 muertos), Sanquianga (12 muertos), Mulatos (64 muertos), Amarales (83 muertos), Boquerones (48 muertos), La Candelaria, El Coco y otros asentamientos en Micay (100 muertos), Cuerval, Quiroga (32 muertos), Cansara (2 muertos), Mosquera (2 muertos), Varena (9 muertos). A lo anterior se añaden todas las casas del área de la desembocadura del Mira, de la desembocadura del Patía, y en dirección a Barbacoas, donde fueron destruidas 30 casas ...".*

Sobre Tumaco, en la transcripción del Daily Chronicle de Londres de 1906, según Rudolph y Sziertes (1911), el testigo dice:

*"Una media hora más tarde (a las once de la mañana) se regó en la población un gran susto, porque la mar estaba envistiendo hacia **la isla** con gran violencia. Afortunadamente la **ola de marejada rompió contra las dos islas** que están localizadas **delante de la isla** y como en ese momento la marea estaba baja, el agua se podía extender sin inundar a la ciudad. Veinte minutos más tarde llegó una segunda ola, la cual igualmente pasó sin hacer daños; sin embargo, más tarde se notó que **una de las dos islas ... había sido arrasada por el mar**"*

El impacto del tsunami de 1906 sobre Tumaco no está claramente establecido todavía, pues a diferencia de lo documentado por Rudolph y Zsiertes (1911), otras noticias cercanas a la época del evento, principalmente por telegramas y reportes de capitanes de barco, indican otras perspectivas. La revista semanal "Correo del Valle" (Cali) en sus números 250 a 256 entre el primero de febrero y 22 de marzo de 1906, consignan noticias como la siguiente: *"... en Tumaco una ola inmensa cubrió la parte principal de la ciudad destruyendo varias casas, guafes, bodegas, etc. (...) De una hacienda del señor Francisco Benítez colocada cerca a Tumaco no ha quedado nada".*

Mosquera et al (1999), transcriben noticias del periódico "La Paz" de Popayán, incluida una edición extraordinaria del siete de febrero de 1906, con noticias telegráficas como las siguientes: *"Ecos del terremoto- Noticias de Tumaco-*

*Tumaco, 31 de Enero de 1906.- Gobernador" Pasto. Movimiento seísmico de hoy a las diez sumamente fuerte, destruyó varias bodegas en que estaban depositadas mercancías importadas por varios comerciantes esa ciudad, Ipiales y Túquerres; muchas se han perdido, arrebatadas por el mar, y otras se han recogido completamente mojadas. Pánico es general temiendo nueva avenida. M.J. Díez C. - Servidor, - Julián Buchelli."*

Lo cierto es que el Tumaco de 1906 era muy diferente al actual. La Viciosa no estaba habitada y el actual Tumaco eran dos islas más o menos paralelas separadas por un estero. El poblado se localizaba en la isla del sur y se comunicaba con la isla del norte por un puente en madera en donde se localizaba el cementerio en lote donado por una vecina en 1904, alrededor del cual más adelante se generaría el llamado Pueblo Nuevo, de tal manera que hasta 1930, aproximadamente, se densificó la isla sur y se consolidó una agrupación de manzanas en el centro de la isla norte (Mosquera et al, 1999). Así, además de la circunstancia favorable de marea baja, frente al tsunami con olas de gran tamaño (que hacia el norte del Litoral pudieron alcanzar 15 metros de alto según diversos testimonios de la época), Tumaco estaba defendida por El Guano y por "dos islas" que podrían ser El Bajito y la isla norte, pues a todas luces el testimonio del Daily Chronicle se refiere a la "isla" (Tumaco), como lo que aquí llamamos **isla sur**. Para ilustrar esto, en la Figura 6 se puede observar la configuración urbana de Tumaco entre 1906 y 1930, según reconstrucción urbanística tomada de Mosquera, et al (1999).

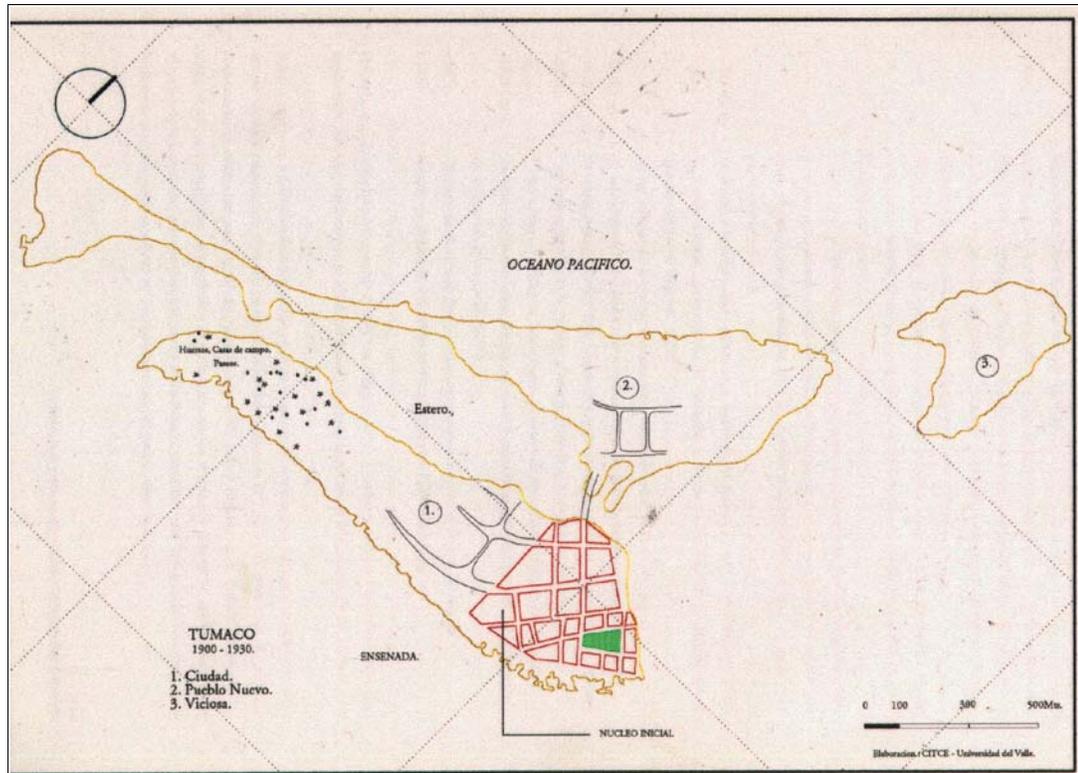


Figura 6. Tumaco 1906 - 1930.

El impacto del tsunami de 1906 implicó que casi todos los poblados se retiraran del mar, se localizaran tierra adentro, en esteros resguardados por barras o bosques de manglar y que la actividad económica pasara de ser "marismera" a actividades agrícolas (Mosquera et al, 1999). Sin embargo, como lo señalan estos mismos autores, "... aquellos pobladores más recientes de los nuevos asentamientos surgidos durante el siglo XX, parecen haber olvidado y despreciar los riesgos que obligaron a sus abuelos a abandonar las playas".

El escenario de daños y pérdidas de vidas por el tsunami de 1979 fue comparativamente menor, a pesar del mayor número de pobladores y, especialmente, de la mayor exposición por la ocupación casi total de la isla norte. En primer lugar, el terremoto y tsunami causado en 1979 fueron mucho menores en

magnitud, extensión regional y alturas de las olas. En segundo lugar, también ocurrió en marea baja, por lo que el nivel del mar estaba unos cuatro metros por debajo del nivel de marea alta y, en tercer lugar, porque el bajo de El Guano y El Bajito se habían recuperado desde su destrucción en 1906 y volvieron a servir de barrera para las olas. Durante este evento las olas alcanzaron a llegar a Tumaco pasando la Avenida La Playa e inundando las viviendas localizadas en su costado sur. En esta época la Avenida bordeaba la playa sobre la cual no había, como hoy, viviendas ni otro tipo de edificaciones.

De acuerdo con Meyer (1997b), la exposición por tsunami es variable en el tiempo dependiendo de los niveles de marea registrados y los cambios de morfología costera, determinados por la interacción de procesos geológicos, marinos, fluviales y biológicos.

#### **4.4. OTRAS AMENAZAS.**

Otros tipos de amenazas adicionales a las de terremoto y sus efectos (vibraciones, licuación y tsunami) tiene una ocurrencia frecuente en esta región del Pacífico colombiano. En primer lugar, las marejadas, como resultado de la coincidencia de los niveles de marea altos y fuertes vientos en dirección a la tierra (Meyer, 1997b y Arellano, 2003b), generan daños en viviendas e infraestructura y naufragios. El registro histórico de estas marejadas se concentra durante años del fenómeno El Niño, cuando el nivel medio del mar se eleva entre 20 y 40 cm entre Tumaco y Buenaventura (IDEAM, 1997). El mayor número de reportes de marejadas coincide con los períodos El Niño 1983, 1992 - 1993 y 1997 - 1998. Estos fenómenos tienden a debilitar o destruir las barreras naturales de protección de algunas poblaciones, conllevando incluso a la relocalización de algunas de ellas, como ocurrió con Bocagrande, zona turística que hasta inicios de la década de 1990 se localizaba frente al mar y fue trasladada atrás, hacia el estero, sobre la misma barra de arena. En cierta medida esta decisión generada por cambios litorales inducidos por marejadas alivia un poco la exposición del poblado ante tsunami.

En segundo lugar las inundaciones por crecientes de los ríos y, en el caso del Sanquianga, por desviación y transvase de gran parte del caudal del río Patía en cercanías de Remolino Grande, inducido por la construcción de un pequeño canal entre el Patía Viejo y el Sanquianga a principios de la década de 1970. Hecho el canal el río Patía comenzó a remontar el Patía Viejo y a traspasar sus aguas al Sanquianga, razón por la cual localmente ahora a éste se le denomina Patianga. Este desvío y consecuente erosión del cauce y riberas para soportar el nuevo volumen de agua ha generado, desde entonces, la pérdida de decenas de asentamientos y tierras de cultivo así como erosión activa de la margen derecha en la cabecera municipal de Olaya Herrera y Bocas de Satinga. Hasta donde se conoce, ninguna de las diversas obras de ingeniería que se han realizado en las últimas décadas han sido efectivas. Las implicaciones de este desvío sobre el territorio del Parque Nacional Natural Sanquianga, lo mismo si él fue acelerado por la subsidencia (hundimiento) regional a raíz del sismo de 1979, no han sido completamente estudiadas y comprendidas todavía.

Por último, la amenaza de incendios es latente como consecuencia del uso de leña, carbón o kerosene como sustitutos de la energía eléctrica, la existencia de conexiones fraudulentas mal realizadas que provocan cortos circuitos y el uso de materiales combustibles como la madera para estructuras, pisos y paredes, o el cartón para cubiertas (Arellano, 2003b). Tumaco, por ejemplo, fue destruida por un incendio en 1947 (Guterman y Pachón, 1986) y El Charco en gran parte en 1991. Esta amenaza le añade complejidad a los escenarios de riesgo en la región, porque induce a muchas personas a construir con materiales incombustibles pero más frágiles a las vibraciones sísmicas (ladrillo, cemento) y más pesados en presencia de suelos blandos, con respecto a la madera, más elástica, sismorresistente y más liviana. El hecho de que las construcciones en madera estén adosadas (sin espacios entre unas y otras), facilita la propagación de los incendios, como en el caso de Bocas de Satinga el 20 de diciembre de 2001, con 80 viviendas destruidas (DesInventar, 2003).

## **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.

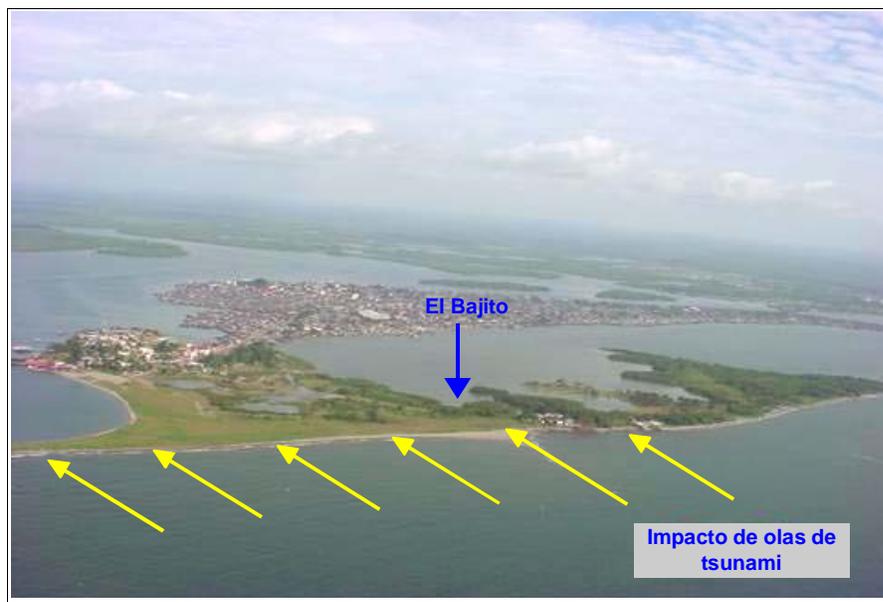
#### 5.4.1.1. Sectores de vivienda.

- 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.



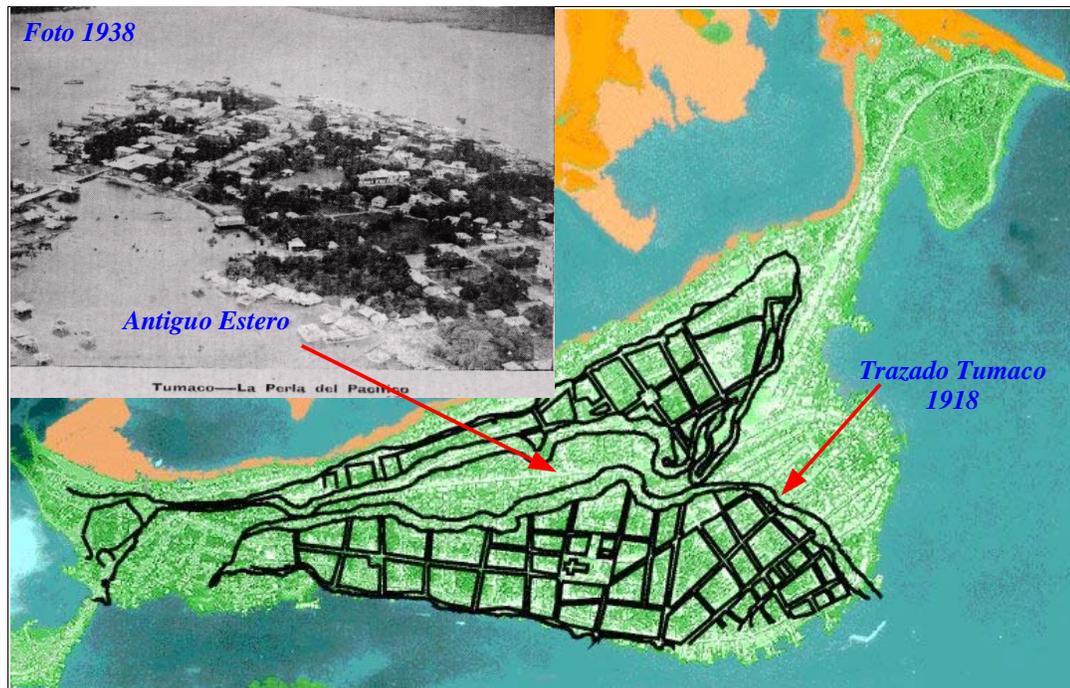
**Foto 4.** Impacto directo por Tsunami, Sector 1, Isla de Tumaco.



**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.



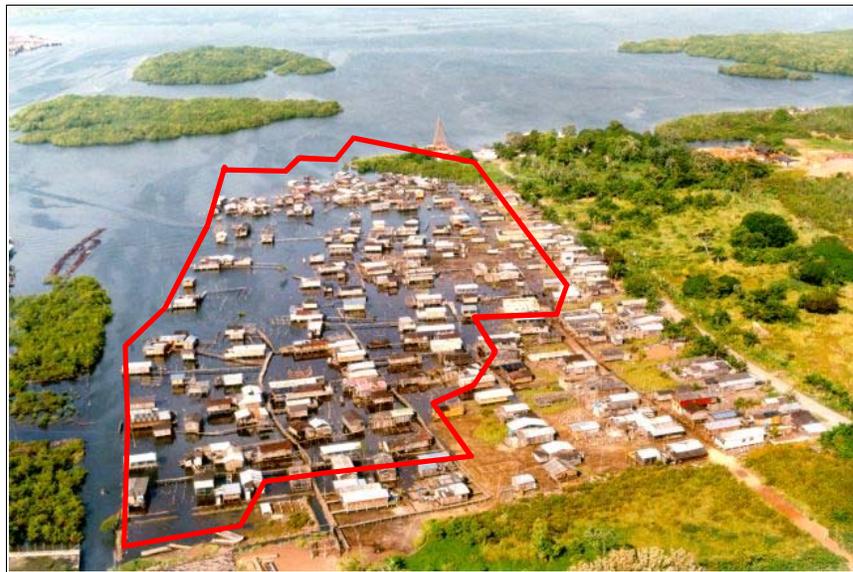
**Figura 7.** Islas que conformaban a Tumaco en 1918, divididas por un estero, que se rellenó.

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 a 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.

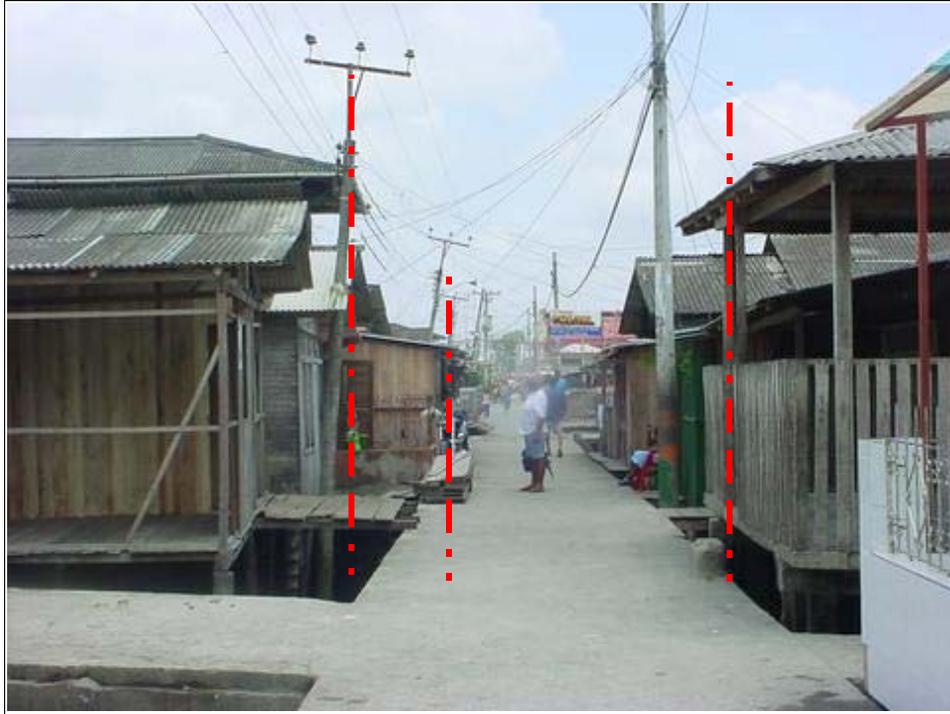
***Sistema de telecomunicaciones.***

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 más 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.



**Foto 16.** Sector de los Puentes, pérdida de verticalidad de postes.

#### **5.4.1.3. Edificaciones esenciales.**

##### *Impacto e inundación por Tsunami.*

Para el escenario en marea media, se obtuvo que las zonas del área urbana donde se encuentran ubicadas las 86 edificaciones evaluadas presentan un grado de exposición bajo a una inundación como consecuencia de Tsunami.

##### *Licuación.*

60 de las 86 edificaciones se encuentran en zonas con terrenos potencialmente licuables, concentradas en los sectores 1, 8 y 16 de Isla de Tumaco y en el 32 de la Zona Continental. Las edificaciones con alto grado de exposición a la licuación,

son cuatro indispensables, dos de atención a la comunidad y 54 de ocupación especial.

#### **5.4.2. Corregimientos de Tumaco.**

En el Capítulo 4 se presentaron los criterios de evaluación relativa de exposición a tsunami. En la Tabla 4 se sintetizan los resultados obtenidos para los corregimientos y poblados evaluados en todo el Litoral.

#### **5.4.3. Mosquera.**

Los resultados obtenidos muestran que la cabecera de este municipio tiene una exposición de Media a Alta. Además, se encontró que de las nueve poblaciones evaluadas de este municipio, tres tienen una exposición Extrema al impacto por Tsunami, tres de Muy Alta a Extrema, dos Muy Alta y una de Media a Alta. Las primeras, corresponden a El Naranjo, Playa Nueva y Miel de Abejas; las segundas son El Bajo, El Cantil y Firme los Cifuentes; las terceras son Tasquita y Cocalito; y la última corresponde a El Tortugo. La exposición en cada población de este municipio, está determinada, en general, por la ausencia de bajos, su ubicación al interior de bocanas anchas y la falta de protección por bosque.

#### **5.4.4. El Charco.**

La exposición de la cabecera municipal es Baja debido, principalmente, a que está ubicada al interior de la costa, mientras que para los tres corregimientos evaluados es Muy Alta, dada su ubicación frente al mar sin ningún tipo de protección natural (bajos o vegetación). Aunque la cabecera no está expuesta directamente al impacto de Tsunami, puede ser afectada por un seiche debido a que se encuentra muy cerca del río Tapaje por donde pueden desplazarse las olas de tsunami río arriba, ocasionando inundaciones en este lugar y en zonas aledañas.

**Tabla 4. Exposición relativa de las poblaciones evaluadas ante el impacto por Tsunami. (Adaptado de Meyer y Velásquez, 1992).**

MUNICIPIO	POBLACIÓN	BAJOS	FORMA DE LA COSTA	DISTANCIA A LA PLAYA	PROTECCIÓN POR BOSQUE	TOPOGRAFIA	ÁREAS DE EVACUACIÓN	CALIFICACIÓN	EXPOSICIÓN RELATIVA
TUMACO	Tumaco (cabecera municipal - Continente)	1	0	0	1	0	1	3	Media
	Tumaco (cabecera municipal - Isla de Tumaco)	1	0	0	0	0	0	5	Muy Alta
	Tumaco (El Morro).	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	Passacaballos	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	Guachal de la Costa	0	0	0	1	0	0	5	Muy Alta
	Belalcázar	0	1	1	1	1	0	3	Medio
	Bocagrande	0	0	0	0	0	0	5-6	Extrema
	Majagual	0-1	0	0	0	0	0	5-6	Muy Alta - Extrema
	Villa San Juan	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	San Juan de la Costa (1979)	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	San Juan de la Costa (1995)	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	San Juan Nuevo	0	1	1	1	1	0	3	Medio
	Vaquería Gran Colombia.	0	0-1	0	0	0	0	0	Muy Alta - Extrema
	Salahonda (cabecera)	0-1	0	0	0	0	0	0	Muy Alta - Extrema
FRANCISCO PIZARRO	Hojas Blancas	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	Bajo San Ignacio	0	1	0	0	0	0	5	Muy Alta
MOSQUERA	EL Bajo	0	0-1	0	0	0	0	5-6	Muy Alta - Extrema
	Miel de Abejas	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	El Cantil	0	0-1	0	0	0	0	6	Muy Alta - Extrema
	El Naranjo	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	Mosquera (Cabecera municipal)	0	0-1	1	1	1	0	3-4	Media - Alta
	El Tortugo	0	0-1	1	1	1	0	3-4	Media - Alta
	Firme Los Cifuentes	0	0	0	0	0-1	0	5-6	Muy Alta - Extrema
	Tasquita	0	1	0	0	0	0	5	Muy Alta
	Cocalito	0	1	0	0	0	0	5	Muy Alta
	Playa Nueva	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
OLAYA HERRERA	Calabazal	1	1	1	1	0	0	2	Baja
	Sapotal	1	1	1	1	1	0	2	Baja
	El Pueblito	1	0	0	0	0	0	5	Muy Alta
	El Carmen	1	0	0	0	0	0	5	Muy Alta
	Bocas de Satíngua	1	1	1	1	1	0	2	Baja
	La Tola (cabecera).	1	1	1	1	1	0	2	Baja
LA TOLA	Mulatos	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	Vigía	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
	Amarales	0	0	0	0	0	0	6	Extrema
EL CHARCO	El Barranco	0	1	0	0	0	0	5	Muy Alta
	Bazán	0	1	0	0	0	0	5	Muy Alta
	Caravajal	0	0	1	0	0	0	5	Muy Alta
	El Charco	1	1	1	1	1	0	2	Baja

#### **5.4.5. Olaya Herrera.**

La cabecera municipal, Bocas de Satinga, al igual que las poblaciones de Sapotal y Calabazal, tienen una exposición Media al impacto por Tsunami. Para las poblaciones de El Pueblito y El Carmen, se obtuvo que tienen una exposición Muy Alta a este fenómeno. La exposición para las tres primeras poblaciones está determinada en la presencia barreras de protección natural; y en las segundas, por su ubicación al interior de bocanas anchas sin protección por bosque.

#### **5.4.6. La Tola.**

La cabecera de este municipio tiene una exposición Baja debido a su ubicación al interior de la costa. Por el contrario, los tres corregimientos evaluados, Mulatos, Vigía y Amarales, tienen Extrema, ya que todos están ubicados frente al Océano Pacífico o al interior de bocanas anchas, como Vigía, sin ningún tipo de protección natural. En general, las condiciones de alta exposición en las poblaciones de este municipio están definidas con base en la ausencia de bajos, su ubicación frente al mar y la falta de protección por bosque.

#### **5.4.7. Francisco Pizarro.**

Los resultados obtenidos en este municipio, muestran que la exposición de la cabecera, Salahonda, Hojas Blancas y Bajo San Ignacio son de Muy Alta a Extrema, Extrema y Muy Alta, respectivamente. Esta exposición se definió de acuerdo con la falta de protección por bosque, la ubicación de estas poblaciones frente al mar y la ausencia de bajos.

#### **5.4.8. Zonificación regional.**

El Litoral Nariñense se dividió en tres zonas de exposición al impacto e inundación por tsunami, de acuerdo con criterios definidos en el Capítulo 3 de este documento. La primera, corresponde a una exposición de Muy Alta a Extrema (MA-E), definida para todas aquellas poblaciones localizadas frente al mar o en bocanas de un

kilómetro o mas de ancho, con o sin barreras naturales de protección, en las que existen grandes áreas de manglar y se presenta una completa influencia de la marea. En particular, una exposición Extrema hace referencia a poblaciones sin ninguna protección.

La segunda zona, corresponde a una exposición de Media a Alta (M-A), conformada por poblaciones ribereñas ubicadas en el inicio de las bocanas anchas y el inicio de las tierras bajas de selvas inundables de guandales y natales, influenciadas por la marea. La última, está definida para una exposición Baja (B), zona que abarca las zonas ribereñas de esteros y ríos estrechos, en las que predominan los sedimentos aluviales y elevaciones superiores (aproximadamente por encima de los 4 msnm). En esta zona, la marea influye en los ríos hasta más arriba de las cabeceras municipales Bocas de Satinga, La Tola y El Charco. La zonificación del territorio evaluado se presenta en la Figura 8.

Finalmente, es preciso aclarar que esta zonificación es indicativa de las amenazas por terremoto y sus fenómenos asociados en la zona de estudio, debido a que está basada en parámetros cualitativos frente a la exposición y no, en modelos determinísticos complejos que definan con exactitud las zonas que pueden ser afectadas por estos fenómeno. Así, se construyó una visión general de estas amenazas en el Litoral Nariñense, que no pretende establecer límites definitivos entre zonas, sino por el contrario, estimativos que contribuyan a que cada institución y la comunidad en general evalúen, de acuerdo con el conocimiento de su territorio, su exposición a estos fenómenos, como un insumo para el ajuste de los POTs, EOTs y la formulación de planes de prevención y mitigación de riesgos.

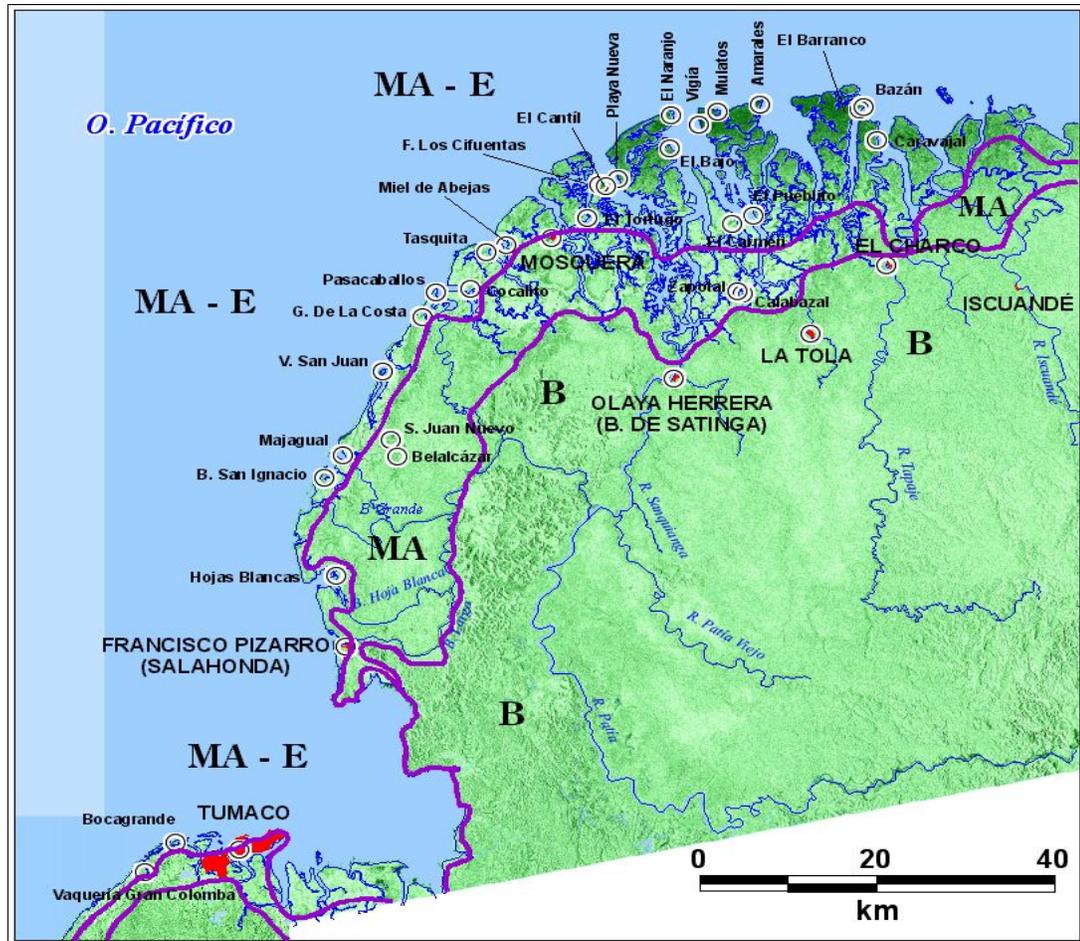


Figura 8. Zonificación indicativa de impacto e inundación por Tsunami

## 5.5. VULNERABILIDAD FÍSICA POR RESISTENCIA.

### 5.5.1. Cabecera municipal de Tumaco.

#### 5.5.1.1. Sectores de vivienda.

El porcentaje de viviendas en madera es del orden del 56 % y las de ladrillo/concreto del orden del 43 %. El 1 % están construidas en otros materiales

(metálicas, materiales mixtos).

Además de vulnerabilidad por origen (localización en zonas de bajamar y rellenos), y constructiva (falta de confinamiento, calidad de los materiales), las viviendas presentan vulnerabilidad progresiva debido un mal estado de conservación y a la falta de mantenimiento en estructuras de madera, concreto y/o ladrillo.

Se observó un alto porcentaje de viviendas debilitadas por pudrición de los elementos de madera y por deterioro de las estructuras de concreto debido a la sulfatación y corrosión de los aceros.

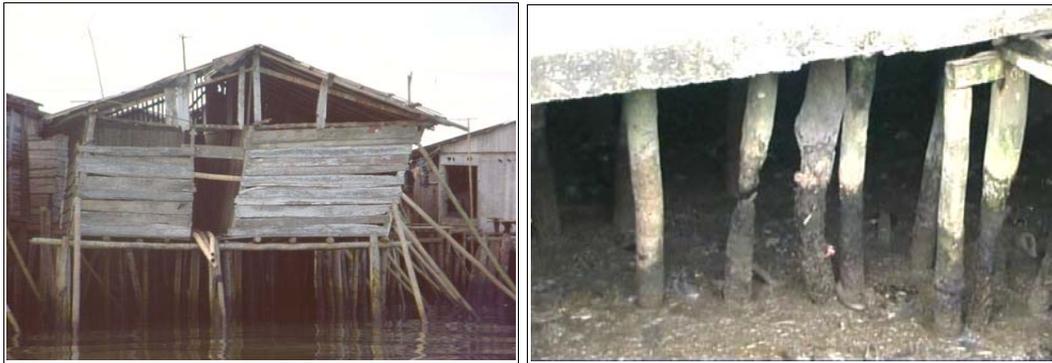
- **Viviendas de madera.**

La vulnerabilidad de las viviendas de madera en Tumaco está determinada por la manera en que se han construido (concepción estructural, falta de amarres), el sitio donde se han cimentado por el grado de deterioro de las mismas.



**Foto 17.** Viviendas sobre pilotes.

La falta de mantenimiento se puede explicar si se parte de un hecho cultural, en el cual la vivienda no es un elemento o espacio prioritario, si no un sitio de permanencia corta (p. ej. solo para dormir); esto se evidencia mucho en los sectores de construcciones palafíticas en terrenos de bajamar, en donde se construye la vivienda con materiales nuevos y solo es reemplazada cuando cumple su vida útil (alrededor de 10 años), es decir cuando está completamente deteriorada.



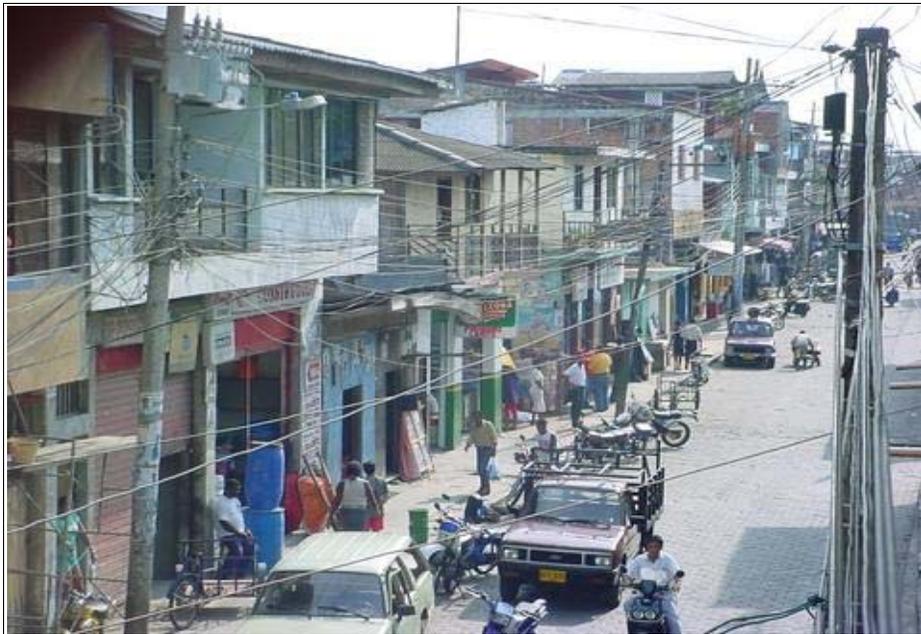
**Foto 18.** Vivienda en madera deteriorada.

- **Viviendas en ladrillo y/o concreto.**

La evidencia histórica del terremoto de diciembre de 1979, mostró que la mayor cantidad de pérdidas de vidas humanas se presentaron por el daño y colapso de las viviendas construidas en materiales rígidos (González, 1991).

En general las viviendas de ladrillo y/o concreto, popularmente denominadas viviendas en "material", se construyen teniendo en cuenta elementos de amarre como vigas y columnas que cofinan muros o conforman pórticos. Al parecer la experiencia del terremoto de 1979 contribuyó al mejoramiento, en parte, de las prácticas constructivas de la zona de estudio, en relación con dotar a las edificaciones de "material" de elementos de amarre. Sin embargo pudo establecerse que muchos sectores presentan deficiencias constructivas, evidenciadas en asentamientos diferenciales por falla de la cimentación

(hundimientos de pilotes, losas de cimentación) y agrietamientos en muros; deterioro de estructuras de concreto debido, primero que todo, a las condiciones agresivas de la zona por ambiente salino y a la corrosión en el acero de refuerzo por poco espesor del recubrimiento de los elementos estructurales (vigas y columnas); fallas en la construcción de losas macizas (sistema constructivo predominante) como elemento de entrepiso o cubierta, debido a la falta de acero negativo, lo cual se manifiesta en deflexiones y fisuramiento; secciones insuficientes en elementos estructurales, debido posiblemente al desconocimiento de los requisitos mínimos exigidos por la Norma de Construcción sismo resistente Colombiana NSR-98, para el dimensionamiento de elementos estructurales (columnas y vigas); deficiencias en el manejo de cuantías mínimas de refuerzo longitudinal y transversal y distribución entre estribos; deficiencias en la preparación de concretos por el excesivo adiciónamiento de agua, lo que genera pérdidas de la resistencia; falta de redundancia estructural, de amarres en culatas; inadecuados amarres entre muros y cubierta y concentraciones de masas como tanques elevados en terrazas.



**Foto 19.** Viviendas en material (Calle del Comercio).

### **5.5.1.2. Sistemas urbanos y líneas vitales.**

La vulnerabilidad de los sistemas urbanos y líneas vitales del área urbana de Tumaco se determinó a partir del conocimiento y observación *in situ* de sus características físicas, principalmente tipo de material, edad, estado de conservación y tipo de estructura. A continuación se presentan los resultados de la evaluación.

- **Infraestructura de vías y transportes.**

#### **Vías a nivel de terreno.**

Éstas presentan una vulnerabilidad por resistencia alta, que es generalizada en la mayoría de sectores que componen el área urbana de Tumaco, debido a que fueron construidas en su mayoría sobre rellenos hidráulicos no técnicos constituidos por basuras o material de aserrío con baja capacidad portante, que pueden fallar por hundimientos, dado que las vibraciones sísmicas por lo general se amplifican sobre suelos blandos, poco consolidados.



**Foto 20.** Vía adoquinada sobre relleno hidráulico.

Las vías más susceptibles se localizan en los Sectores localizados sobre el relleno del antiguo estero en la Isla de Tumaco (Sectores 8, 9, 10, 11 y 17), siendo la Calle del Ferrocarril la más susceptible; la Avenida La Playa y la Calle La Comba también son muy vulnerables. En la Zona Continental la situación de la vulnerabilidad de las vías es igualmente alta; actualmente se observan al interior los sectores 32 y 34 que algunas vías están siendo rellenadas con basuras y material de aserrío. En la Isla del Morro la vía principal que comunica hacia la zona turística es la más susceptible. Las vías con menor grado de vulnerabilidad se localizan en los sectores localizados sobre terreno firme (Sectores 13, 14 y parte del 12).



**Foto 21.** Relleno de vías con basuras, Barrio Once de Noviembre, Sector 32.

Aún cuando la estructura del pavimento en la mayoría de las vías del área urbana es de tipo articulado semi-rígido (lo que les permitiría absorber mayores deformaciones del suelo), las deficiencias en su cimentación y estado de deterioro las hacen más susceptibles a dañarse.

El estado de las vías es regular, evidenciado en hundimientos de la estructura de pavimento y filtraciones en su superficie, posiblemente por roturas de tuberías del acueducto. La longitud y localización de vías más susceptibles de daño se reseñaron en el numeral respectivo, por efectos de licuación.

### **Vías palafíticas.**

#### **"Puentes" palafíticos en madera.**

El grado de vulnerabilidad de las vías palafíticas (Sectores 1 y 16 y 17) en la Isla de Tumaco es alto. Presentan fallas constructivas y estructurales, evidenciadas por la falta de amarres y conexiones inadecuadas entre los elementos que conforman la estructura; ausencia de elementos de arriostramiento o diagonales de rigidización; gran esbeltez (hasta 4 m) y franco deterioro de los pilotes por pudrición en la zona más expuesta al cambio de marea. En la Isla del Morro los puentes palafíticos en madera se localizan en el Sector 25, Sector de Playa Arrecha, con iguales condiciones de la isla Tumaco.



**Foto 22.** Puentes palafíticos, Playa Arrecha, Sector 25.

En la Zona Continental la presencia de estos sectores palafíticos se encuentran en menor escala en los Sectores 31 o Barrio Licsa y en el Sector 34 o La Carbonera (barrios en crecimiento localizados en terrenos de bajamar); a diferencia de los otros sectores mencionados, las vías palafíticas en esta zona son menos esbeltas, de aproximadamente 1,5 m sobre el nivel del terreno y su grado de vulnerabilidad por resistencia puede considerarse bajo.

**"Puentes" palafíticos en concreto.**

Se localizan en el Sector 15 o "Sector de los Puentes" (barrios Primavera, Venecia, las Flores, Progreso, Marquez). Están construidas con pórticos y losas macizas de un ancho promedio de 1,5 m. Presentan fallas constructivas y estructurales, como falta de arriostramiento lateral, pandeo y fisuramiento de losas, deterioro por sulfatación y corrosión del acero en losas/vigas/columnas (en las zonas expuestas a cambio de marea). El deterioro es causado por poco espesor del recubrimiento y deficiente calidad de la mezcla de concreto. A estas vías llegan puentes palafíticos secundarios en madera con deficiencias y deterioro como los ya descritos. Este sector se caracteriza por gran longitud de los puentes y alta densidad de vivienda.



**Foto 23.** Puentes Palafíticos en Concreto, Sector 15.

### **Puentes y/o Viaductos.**

El Puente El Pindo (con daños en 1979) fue reparado, reforzado y prácticamente reconstruido entre 1997 y 1998. Sin embargo, ya presenta deterioro en los pilotes, debido a las fuertes corrientes que se generan en el sitio, por disminución de la sección transversal del estero. Presenta alta vulnerabilidad por resistencia.



**Foto 24.** Puente El Pindo.

El viaducto de El Morro (fracturación de columnas, hundimiento de los apoyos por licuación de suelos y fallas por punzonamiento en la losa en 1979), se reconstruyó entre 1996 y 1997, dotándolo de una estructura bastante redundante en cuanto a número de pilotes, diámetro y profundidad de cimentación. Su grado de vulnerabilidad es bajo.



**Foto 25.** Viaducto El Morro.

### **Infraestructura portuaria.**

El 80 % de los muelles públicos de Tumaco presentan un estado regular a malo de conservación, por deterioro de las estructuras de concreto (losas, pórticos) debido a sulfatación y corrosión de los aceros. En algunos se evidencian fallas estructurales, hundimientos y grietas. Al igual que muchas de estructuras palafíticas analizadas en el estudio, éstos carecen de arriostramientos diagonales. Todo esto tipifica un alto grado de vulnerabilidad por resistencia.



**Foto 26.** Muelle público, Sector 16.

Para el caso de la Sociedad Portuaria y el Puerto Pesquero, salvo por algunos hundimientos que se evidencian en la plataforma del muelle, se encontró que las instalaciones presentan buen estado de conservación. Sin embargo, se recomienda realizar evaluaciones puntuales de su vulnerabilidad estructural debido a que la mayoría de sus componentes fueron construidos hace unos 40 años (antiguo Colpuertos).

### **Infraestructura aeroportuaria.**

El grado de exposición de la infraestructura aeroportuaria por resistencia es bajo debido a que la Aeronáutica Civil, realizó el reforzamiento de las edificaciones que la componen, obra que se entregó este año. Sin embargo se observa que la pista

tiene algunos tramos en regular estado, sin que ello dificulte las operaciones aéreas.

- **Sistemas de saneamiento y servicios básicos.**

### **Sistema de acueducto.**

La vulnerabilidad por resistencia del sistema de acueducto de Tumaco está condicionada por deficiencias constructivas y estructurales, tipos de materiales, antigüedad del sistema y el estado de conservación de sus componentes.

### **Bocatoma.**



Uno de los tres cables que sostiene la barcaza está muy corroído.

La conexión entre la barcaza flotante el sitio de válvulas de regulación de caudal es flexible (tubería en acero recubierta de caucho, tipo tubería petrolera).

**Foto 27.** Barcaza flotante, bocatoma.

### **Red de aducción.**



La red de aducción que conduce el agua desde la bocatoma hasta la planta de tratamiento es en gran parte de asbesto cemento; los pasos de canales y esteros se hacen en tubería de hierro fundido, con conexiones rígidas. Estos tipos de tuberías y conexiones poco flexibles y adaptables a cambios del terreno hacen que esta componente del sistema tenga

alta vulnerabilidad.

### **Planta de tratamiento.**



**Foto 28.** Planta de tratamiento.

En la planta de tratamiento existe deterioro progresivo representado en algunas grietas en muros, (zona de decantación y de filtración); fugas en casi todas las válvulas de tipo mariposa y tuberías. Fugas en la tubería de retrolavado están generando socavación del suelo en algunas zonas (fisuras en pisos). Este deterioro puede ocasionar la corrosión de acero de

refuerzo y debilitar las estructuras para soportar cargas sísmicas y de uso.

### **Redes de conducción y distribución.**

A partir de los mapas de redes principales de distribución del acueducto de Tumaco elaborado por ACUAVALLE en 1992 y el inventario de redes (materiales y diámetros) realizado en campo (Anexo 9), se obtiene que en la Isla de Tumaco la tubería predominante (unos 32 km) es de Asbesto Cemento (AC), y unos 6 km en tubería en PVC; en El Morro más de 14 km de la redes en AC; en la Zona Continental más de 10.5 km de tubería son en AC y 1,5 km en PVC.

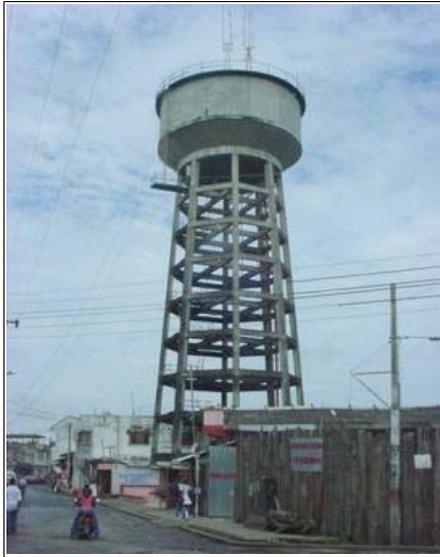


**Foto 29.** Redes de distribución.

De acuerdo con esto, un alto porcentaje de la red es muy frágil y, por lo tanto, tiene alta vulnerabilidad por resistencia. En efecto, por lo menos 56 km, es decir el 88 % de la tubería es en AC material considerado como muy frágil y además con

conexiones rígidas.

### **Almacenamiento.**



**Foto 30.** Tanque Calle Caldas.

Las estructuras que originalmente se diseñaron y construyeron para el almacenamiento de agua, localizadas en El Morro (tanque Barrio Libertadores) y los dos tanques de la Isla de Tumaco (Caldas y San Judas), tienen alta vulnerabilidad por resistencia, pues en todos se observó deterioro en los elementos estructurales (acero a la vista).

### **Sistema de disposición de aguas residuales.**

Se evaluaron los sistemas existentes (barrios Pradomar, La Florida, Miramar y La Ciudadela) y se encontró baja vulnerabilidad por resistencia pues los materiales de casi todas las tuberías son flexibles (PVC, NOVAFOR) sin embargo, algunos tramos en el barrio Pradomar son en AC.

### **Sistema de recolección y disposición de residuos sólidos.**

Deterioro en losa de piso de galpones y falta de confinamiento de muros laterales en las instalaciones del "relleno sanitario".

### **Sistema de suministro de energía.**

Baja vulnerabilidad física por resistencia para las subestaciones Buchelli y Tumaco,

porque se encuentran en buen estado y los pórticos se cimentan sobre terrenos comparativamente firmes. Las redes eléctricas (como ya se señaló en el numeral respectivo de vulnerabilidad por licuación), presentan deterioro por inclinación de postes, incluidos algunos que soportan transformadores.

### **5.5.1.3. Edificaciones esenciales.**

Se decidió priorizar la evaluación de vulnerabilidad puntual por resistencia a las instalaciones esenciales, en razón de la necesidad de su funcionamiento durante emergencias.

En conclusión se encontró alta vulnerabilidad por resistencia de las edificaciones esenciales, pues en la mayoría de ellas se observaron deficiencias estructurales y constructivas tales como falta de amarres de culatas, concentración de masas por tanques elevados, asimetrías en altura, deficiencia de amarres de cubiertas, discontinuidad de vigas y columnas y deterioro de los materiales, en algunos casos con hierro a la vista, asentamientos diferenciales y agrietamientos de muros y pisos.

Las edificaciones y estructuras evaluadas dentro la categoría de edificaciones indispensables fueron el Hospital San Andrés de Tumaco, el Centro de Salud Divino Niño, el Puesto de Salud la Cordialidad, Telecom y el Instituto de Seguros Sociales ISS; las edificaciones de atención fueron el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Tumaco, Policía Nacional, Batallón de Infantería de Marina, Cruz Roja y Defensa Civil; y las estructuras y edificaciones de ocupación especial fueron las instalaciones de uso masivo (Iglesia La Merced, la Catedral de San Andrés de Tumaco, Iglesia Santa Teresita, Las Plazas de Mercado), centros educativos (Universidad de Nariño, Liceo Max Seidel, El ITIN, Colegio Fatima, Colegio Santa Teresita, Colegio Bischoff, Colegio Inmaculada, SENA), instalaciones gubernamentales (Alcaldía Municipal, Palacio de Justicia. ACUAMIRA, CEDENAR), espacios recreativos (Estadio, Coliseo Panamá, Coliseo del Pueblo) y otras como la Casa de la Cultura y la DIMAR-CCCP . Información específica de cada evaluación se encuentra en el Anexo 5 "Informes de visitas".

### **5.5.2. Vulnerabilidad por resistencia de municipios.**

Alrededor del 80 % de las edificaciones que componen las poblaciones visitadas (excepción de Tumaco) son construcciones en madera de un piso (muros portantes y cubierta en teja de lámina de zinc a dos aguas), la mayoría sobre pilotes. Presentan deficiencias constructivas y estructurales, como carencia de diagonales de arriostramiento entre pilotes, amarres deficientes entre elementos constituyentes de las viviendas (pilotes, muros y techos). El 20 % restante son construcciones de ladrillo/concreto o mixtas (primer piso en madera y segundo en otro material), que, al igual que las viviendas de madera en general están cimentadas sobre pilotes, de concreto o madera. Es común observar deterioro de pilotes, falta de recubrimiento de acero y deficiencias en los materiales de construcción.



**Foto 31.** Viviendas palafíticas en Guachal de la Costa y Playa Nueva.

Se encontró que los componentes existentes de sistemas urbanos y líneas vitales, como puentes o muelles palafíticos, presentan deficiencias constructivas, estructurales y deterioro. En estructuras de madera están representadas en la falta de diagonales de arriostramiento, deficientes amarres entre los elementos y en estructuras de concreto falta de diagonales de arriostramiento como en los de madera, deterioro en el concreto y corrosión del acero por falta de recubrimiento, deflexiones en losas por falta de refuerzo negativo, entre otros.



**Foto 32.** Muelles de madera y concreto deteriorados.

En cuanto a los sistemas de saneamiento y servicios básicos es poco lo que se puede decir, debido a que muchas poblaciones no cuentan con ningún tipo de ellos (en su mayoría corregimientos) y en los que los poseen (cabeceras) en general están fuera de servicio.

Se encontró una marcada deficiencia de edificaciones esenciales. Las pocas que existen presentan deficiencias constructivas, estructurales y deterioro como las ya señaladas. Para más detalles ver el Anexo 5 "Informes de visitas".

## **6. ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD.**

Las condiciones geográficas 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, sumadas 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 con base en un cuadro de posibles consecuencias.

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.

### **6.1. EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD EN TUMACO.**

El escenario de vulnerabilidad para Tumaco está gobernado por el efecto de las vibraciones del terreno y la licuación. Para componer una primera aproximación a este escenario, es preciso recurrir a fuentes de información previas o cercanas al terremoto de 1979, que son escasas y poco precisas, y a fuentes posteriores. La información disponible, especialmente en cuanto a población, vivienda y lugar de los asentamientos urbanos en la isla Tumaco, se resume a continuación.

Según el DANE en 1973 la cabecera municipal de Tumaco tenía 6 562 viviendas y 38 742 habitantes. Según Duarte Guterman & Pachón (1986), en 1 984 la ciudad tenía 4946 viviendas en madera y 1 776 en mampostería ("material"), es decir, 6 722 construcciones y la densidad de personas por vivienda había aumentado de 5,7 en 1973 a 6,3 en 1984.

La Figura 9 muestra la sectorización de Tumaco en el "Plan de Ordenamiento y de Inversiones para el área urbana de Tumaco", realizado por Duarte Guterman & Cia. S. en C. y Pachón Aurora (1986). Con base en este mapa y los datos de número de viviendas contadas durante el censo de agosto de 1984 realizado en el marco del Plan, podemos estimar el número y tipo de viviendas que había en 1979, centrándonos en las zonas donde hubo mayores daños. Las pérdidas fueron 38 víctimas fatales, 400 personas heridas y 7 desaparecidas. Los daños, de acuerdo con datos de la Defensa Civil y del alcalde la época (Giberna y Ramírez, 1980), fueron 1 080 casas destruidas y 700 averiadas, principalmente localizadas en zonas de bajamar y en el relleno del estero que separaba las dos islas iniciales. En la Figura 10 se muestran los sectores de este estudio.

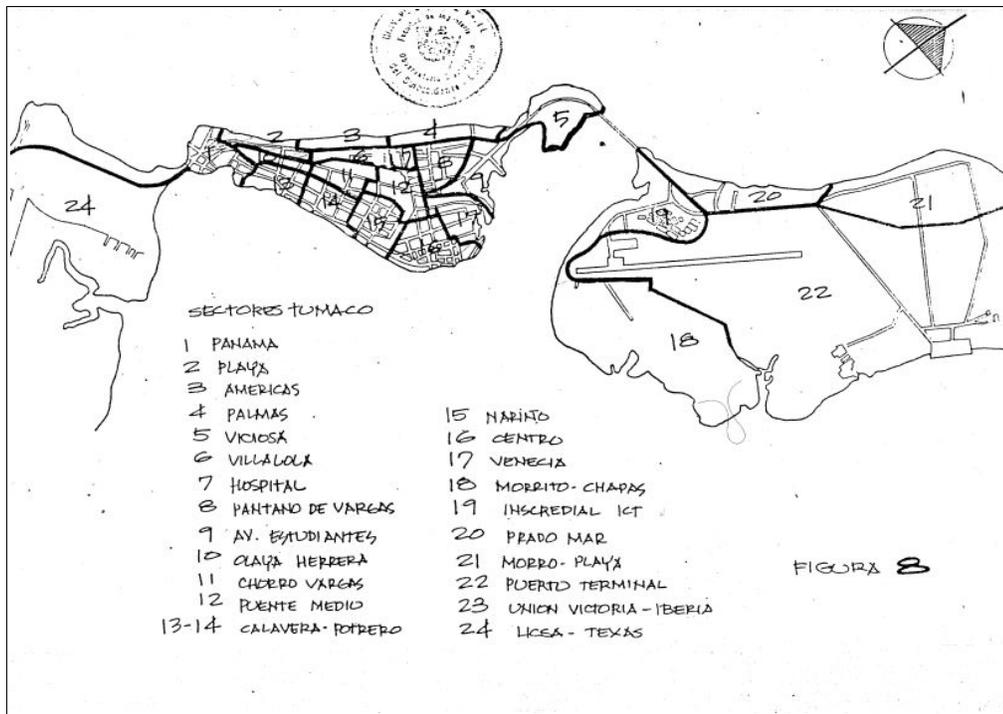


Figura 9. Sectorización de Tumaco en 1984 (Tomado de González, 1991).

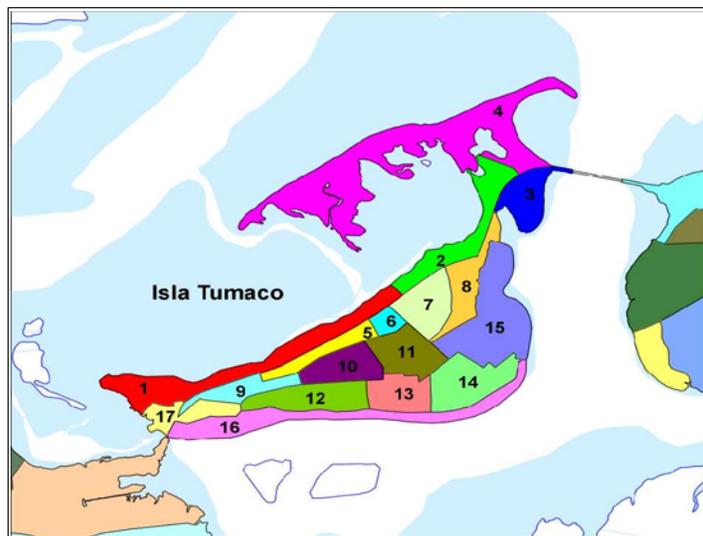


Figura 10. Sectores de la isla de Tumaco.

En la Tabla 5 se presentan los datos de número y tipo de viviendas para 1984 (Duarte y Pachón, 1986) y 2003 (OSSO, 2003), para tres zonas de Tumaco. En esta tabla la zona *Playa* corresponde a los sectores 1 y 2, equivalentes a los sectores 2, 3 y 4 de 1984 mostrados en la Figura 9. La zona *Relleno de Estero* son los sectores 9, 10 y 11, que corresponden a los sectores 9, 10, 11 y 12 de 1984; para el sector 9 de 1984, que comprende terrenos que no son de relleno, se consideró un 30 % de las edificaciones de ese año. La zona *Comercio* equivale al Sector 16 de este estudio y a los sectores 1, 13, 14, 15 y 16 de 1984; para estos sectores se consideró el 20 % de las viviendas como equivalencia del Sector 16 de este estudio (para el Sector 16 de 1984 se adoptó un valor del 30 %).

**Tabla 5.** Evolución de las viviendas en tres zonas de Tumaco.

Sector	1984		2003	
	Madera	Material	Madera	Material
<b>Playa</b>	717	147	739	421
<b>Relleno estero</b>	1119	313	793	2053
<b>Comercio</b>	67	62	453	224
<b>Sub-Total</b>	1903	522	1985	2698
<b>Total</b>	2425		4683	

Los datos muestran la densificación de la isla, que en las zonas analizadas casi duplicó el número de viviendas, al pasar de 2 425 en 1984 a 4 683 en la actualidad. Más importante aún, la densificación se ha hecho principalmente por aumento del número de viviendas en material. Mientras el total de viviendas en madera es similar, 1903 y 1985 para los años comparados, las de material aumentaron 5,2 veces, al pasar de 522 a 2 698. De las zonas analizadas el relleno del antiguo estero aporta el mayor crecimiento, ya que el número de viviendas se duplicó en lo que Mosquera et al. (1999), denominan *Manzanas rellenas*, con accesos (Cuchos)

muy estrechos y laberínticos. En estas manzanas el número total de viviendas en madera disminuyó, mientras que las de material aumentaron 6,6 veces.

Consecuentemente la densidad de habitantes por hectárea (h/ha) ha aumentado: de 233 hab/ha en 1985, para una superficie total terrestre y lacustre de 170 ha, a 352 h/ha en 1993 (sólo para la isla de Tumaco) y a cerca de 400 h/ha en 1998, con base en la "comprobada persistencia a la compactación" (Mosquera, et al, 1999).

Asumiendo, de acuerdo con los reportes de la época y observaciones de campo de Hj. Meyer presentadas en González (1991), que el 80 % de las 1 080 viviendas destruidas se localizaban en estas tres zonas, que los datos de 1984 (2425 viviendas) se pueden extrapolar hacia atrás, a 1979, y teniendo en cuenta que las observaciones hechas en campo dan pie a decir que el 100 % de las viviendas actuales son vulnerables por origen, deficiencias constructivas y de materiales, se puede inferir que un terremoto equivalente al de 1979 causaría la destrucción de 3746 viviendas, sólo en las tres zonas analizadas.

El número de víctimas fatales también aumentará en razón del alto porcentaje actual de viviendas en material (6,6 veces) y a las dificultades de evacuación y labores de rescate en las manzanas más densamente ocupadas y con accesos estrechos y laberínticos. Estos resultados pueden considerarse como mínimos, tanto por la extrapolación de datos de 1984 a 1979, como porque no se incluyeron valores del Sector 15 (sector de "Los Puentes") de hoy en día en el análisis.

## **6.2. 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.

### **6.2.1. Escenario pesimista.**

El escenario más pesimista sería generado por 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 con colapso de un porcentaje importante de viviendas en material. Las actuales viviendas en madera también sufrirían muchos daños, por falta de amarres adecuados, ausencia de diagonales en los pilotes y deterioro, entre otras razones; la licuación abarcaría extensas áreas de bajamar, playas y barras hoy ocupadas y las olas de tsunami arrasaría la mayor parte de las poblaciones incluyendo a 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.

### **6.2.2. Escenario más optimista.**

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.

### **6.2.3. Escenario probable.**

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, al cual no se le ha colocado hora de ocurrencia, se puede sintetizar

en los siguientes componentes:

Vibraciones fuertes en toda la costa de Nariño que impiden a los habitantes mantenerse en pie; colapso parcial o total de la mayoría de viviendas en ladrillo y concreto, principalmente en la actual isla de Tumaco, en La Playa, zonas de relleno del antiguo estero y zonas de bajamar incluida la Calle del Comercio; agrietamientos en varias de las edificaciones esenciales y colapso de algunas de ellas; colapso 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 de la bocatoma en el río Mira.

Los sectores más afectados son el 1 y 2 (Av. La Playa y Av. Los Estudiantes), 15 (Puentes), 9, 10 y 11 (relleno de antiguo estero) y 16 (Calle del Comercio). En estos sectores las labores de rescate se dificultan por la alta densidad de vivienda y lo estrecho e intrincado de los accesos (Cuchos). En El Morro hubo caída de muchas viviendas sobre pilotes altos en el Sector 25 (Playa Arrecha). En el Continente los daños fueron menores, pero muchas de las viviendas en terrenos de bajamar se hundieron o inclinaron. El Centro de Salud Divino Niño tuvo daños menores en la cubierta y en muros, pero quedó en servicio.

Pocos minutos después ocurre una ola de tsunami en la parte norte de la costa de Nariño que embate sobre las playas, islas y poblaciones cercanas 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, agregan más destrucción en las edificaciones de 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. La perturbación del mar prosigue durante varias horas.

La situación de Tumaco es grave, por el elevado número de víctimas fatales, de viviendas destruidas, que supera las 3 700, y los daños severos en la

infraestructura (acueducto, vías, muelles), e instalaciones esenciales.

El Aeropuerto La Florida sufrió daños menores porque previamente había sido reforzado y la pista, aunque con algunas grietas, quedó en servicio.

La clínica del Seguro Social tuvo daños menores en muros y no fue afectada en su funcionamiento. Sin embargo, el Hospital San Andrés de Tumaco tuvo daños en pasillos por caída de losas con sobrepesos de tanques de agua; el principal tanque elevado de agua colapsó y hubo daños en los edificios administrativos y en el cobertizo de ambulancias (colapso de cubierta). Muchos de los elementos no estructurales se cayeron (estanterías, tanques de oxígeno) y no se disponía de suficiente combustible para la planta eléctrica de emergencia. Así, el hospital no pudo servir completamente durante la fase de atención del desastre.

El edificio del Cuerpo de Bomberos colapsó y se perdieron los vehículos de extinción de incendios.

El edificio de la Policía tuvo daños en su parte interna, pero continuó en servicio. La Alcaldía tuvo daños menores, especialmente en muros.

Muchas de las escuelas públicas sufrieron graves daños estructurales por falta de confinamiento de muros, deficientes amarres de las cubiertas y deterioro y corrosión de los elementos estructurales

Los daños en el muelle pesquero e instalaciones de la Sociedad Portuaria fueron menores, incluyendo asentamientos y fisuras en algunas bodegas, pero siguen en operación.

Las barracas del Batallón de Infantería de Marina sufrieron colapso de cubiertas.

El puente de El Morro permaneció intacto, pero hubo asentamientos en sus apoyos. El Puente El Pindo sufrió asentamientos que dificultan el tránsito expedito por él. Se generó embotellamiento de tráfico y personas que se dirigían hacia el

Continente para resguardarse del tsunami.

Los tanques elevados que permanecen fuera de servicio sufrieron fracturas debido a deterioro de vigas y columnas y amenazan con desplomarse.

La Galería y el Coliseo Panamá sufrieron caída de la estructura de la cubierta y en tres de las iglesias las paredes se cayeron.

En el resto del Litoral de Nariño los daños por impacto de ola de tsunami causaron destrucción de los poblados más expuestos y fuerte inundación en los demás. De las cabeceras municipales, Mosquera resultó especialmente afectada por inundación lo que aumentó los daños ocurridos por las vibraciones sísmicas y la licuación de suelos.

La presión de la placa del Pacífico contra el Continente hizo que durante las últimas décadas el Litoral subiera, poco a poco, de nivel con respecto al mar. La liberación de las tensiones de las rocas entre estas placas, ocurrida durante el terremoto, hace que parte de la elevación del Litoral con respecto al mar empiece a descender. Instantes y días después se empieza a notar que playas, poblados, manglares y cultivos son inundados por marea alta. El Litoral de Nariño se encuentra ahora más bajo.

## **7. RECOMENDACIONES: HACIA ESCENARIOS FUTUROS CON PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.**

Durante los años previos al nuevo terremoto que afectó el Litoral del Pacífico en Colombia hubo un conjunto de actividades y acciones de prevención, concientización y acciones físicas de mitigación por potenciales efectos de vibración sísmica, licuación de suelos y tsunami, como parte del Programa Nacional de Mitigación de Riesgos, con la participación y recursos de entidades nacionales, internacionales, regionales y locales y amplia participación de las comunidades. Las diversas actividades de este Programa se convirtieron en instrumentos dinamizadores de la economía de los municipios y de la región.

El Programa Nacional de Mitigación de Riesgos aplicado en el Litoral de Nariño se derivó del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (Decreto No. 93 de 1998) y del CONPES 3146 de 2001. Las principales estrategias de este Programa fueron:

### **Estrategia científica - técnica.**

Se llevó a cabo la continuidad y el mejoramiento del modelo de tsunami; además, del tectónico regional a través del estudio de la sismicidad. Se realizó la evaluación de cambios litorales multitemporales, medidas geodésicas e interferometría que permitieron medir la subsidencia de terrenos a partir del levantamiento regional, evaluaciones in situ que ayudaron a mejorar las zonificaciones realizadas en las cabeceras municipales y estudios de estratigrafía (paleotsunami, paleosismicidad).

### **Estrategia educativa sobre los fenómenos naturales amenazantes y las formas prácticas de intervenir los riesgos.**

Se desarrolló como una estrategia de varios componentes relacionados. En primer lugar, se evaluaron y mejoraron con autoridades locales, instituciones y comunidades los Carteles Educativos "Cómo nos afectan los terremotos y lo que podemos hacer" y se publicaron masivamente, llegando a todas las comunidades urbanas y rurales. En segundo lugar se diseñaron y aplicaron contenidos curriculares sobre el medio ambiente de la región, los cuales han sido parte de la formación académica en escuelas y colegios. Además, en cada curso se realizaron maquetas de las viviendas de cada estudiante, identificando en cada caso el tipo de terreno y la exposición a tsunami. Se construyeron modelos de terrenos en cubetas de vidrio y se evaluó el comportamiento frente a vibraciones (sobre una tabla con rodachines); así, se identificaron las necesidades de reforzamiento de cada edificación.

Hubo capacitación de todos los comunicadores de la región y los medios (prensa, radio, televisión), se convirtieron en agentes de divulgación y socialización de las condiciones del medio natural y de las medidas de prevención.

### **Estrategia de planificación urbanística y usos del suelo.**

Con el apoyo de autoridades ambientales locales y regionales se perfeccionaron los POT – EOT, identificando las áreas más expuestas a tsunami y licuación y las áreas de expansión. Se formularon y ejecutaron proyectos de desarrollo urbanístico en las áreas más seguras, incluyendo estrategias productivas y de empleo y adecuada infraestructura de servicios públicos y amoblamiento comunitario.

Varios de los poblados sobre el Litoral se reasentaron en esteros más seguros, protegidos por barras y bosques de manglar.

A partir de la zonificación preliminar entregada en los Carteles Educativos, en las

cabeceras municipales se evaluaron los terrenos más aptos para el desarrollo urbano y reasentaron el 50 % de las viviendas que estaban en zonas de erosión de los ríos. Las demás viviendas se retiraron de la orilla y en cada municipio se crearon empresas comunitarias de beneficio público, encargadas de protección frente a inundaciones y erosión. Parte de los recursos provinieron del Gobierno Nacional. Parte de estos recursos inicialmente estaban destinados a obras de ingeniería para controlar la erosión inducida por el canal Naranjo en el río Patianga.

Los sectores más densamente poblados de Tumaco se reordenaron urbanísticamente. En las "manzanas rellenas" de los sectores 9, 10, 11 y en el sector 15 (Puentes) los pilotes se reforzaron con diagonales en "X" y se ampliaron y mejoraron los accesos. Para ello fue necesaria todo un proceso pedagógico con amplia participación de los habitantes que al final seleccionaron modelos de reordenamiento de la ocupación con base en maquetas de las que fueron autores. Algunos grupos de familias aceptaron el ofrecimiento de la Administración Municipal de trasladarse a la zona del nuevo Tumaco, al oriente del estero Aguaclara.

### **Estrategia de reasentamiento de poblaciones más expuestas a tsunami.**

Los planes de desarrollo de todos los municipios contaron con iniciativas y recursos para fomentar el reasentamiento de poblaciones muy expuestas a tsunami. En Tumaco se recuperó todo el sector de la Avenida La Playa, que ahora es un área recreativa arborizada y un laboratorio natural de investigaciones sobre el manglar y los ciclos de vida de las especies nativas.

### **Estrategia de reforzamiento de viviendas.**

Se generaron incentivos para el reforzamiento de viviendas no expuestas a tsunami, incluyendo empresas comunitarias para la extracción selectiva de maderas y la reforestación. Todos los maestros de obra y autoconstructores participaron en talleres formativos realizados en las escuelas y colegios, con la meta de reforzar en cinco años todas las viviendas.

### **Estrategia de reforzamiento de líneas vitales.**

Todos los municipios cuentan con redes de acueducto de última generación, con tuberías flexibles y técnicamente instaladas. Todas las cabeceras municipales y poblaciones con más de 100 habitantes disponen de energía eléctrica, alcantarillado y sitios adecuados de reciclaje y disposición de residuos sólidos. Las redes eléctricas fueron reforzadas, en muchos casos anclando los postes sobre círculos de pilotes y las acometidas domiciliarias se mejoraron o cambiaron para disminuir los cortocircuitos.

El Puente El Pindo fue reforzado y ampliado, lo mismo que las vías que confluyen cerca de él en la isla Tumaco.

### **Estrategia de reforzamiento de instalaciones especiales y de uso masivo.**

En un plan de cinco años se evaluó la vulnerabilidad de hospitales, cuerpos de bomberos, escuelas y colegios y se tomaron todas las medidas para reducir su vulnerabilidad funcional, arquitectónica y estructural. Los ingenieros, arquitectos y maestros de obra de la región fueron capacitados en diseño sismorresistente y en aplicaciones prácticas y adecuadas de reforzamiento.

El terremoto, similar al de 1979 pero en marea media, produjo muchos daños en construcciones de material, pero no hubo colapsos generalizados. Los servicios de agua potable y energía se restituyeron en menos de una semana, porque los daños fueron mucho menores. Las instalaciones esenciales operaron casi normalmente y las labores de rescate fueron hechas por los mismos pobladores con la dirección de los organismos de socorro que pudieron operar. Las escuelas tampoco sufrieron daños que las dejaran inhabilitadas.

La ola de tsunami que previamente había perdido fuerza al chocar con El Guano y El Bajito inundó el antiguo sector de La Playa, pero no produjo víctimas porque

adicionalmente se disponía de la protección del parque – laboratorio natural establecido allí. Ninguna población del Litoral fue arrasada porque en las más expuestas se habían revegetado las barras con manglar. En Mosquera, por su mayor proximidad al mar y por lo ancho de la bocana, la inundación fue importante, pero sin mayores desgracias porque las viviendas ribereñas habían sido reasentadas.

En total el terremoto y tsunami causaron 50 víctimas fatales y más de 500 personas heridas, mientras que las pérdidas económicas fueron mucho menores de las que hubieran ocurrido sin las acciones de los últimos años.

## **8. BIBLIOGRAFÍA.**

**ACUAVALLE.** Planos redes de distribución Isla de Tumaco. Cali. **1994.**

**ARELLANO, J.** a. Plan de desarrollo del Municipio de Tumaco 2001 - 2004. Tumaco. **2001.**

----- b. Apuntes sobre el desarrollo urbano de Tumaco. Tumaco. **2003.**

**AIS, Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica.** Norma colombiana de Diseño y Construcción Sismorresistente, NSR – 98 ( Ley 400 de 1997). Bogotá. **1997.**

**CAICEDO, J; MARTINELLI, B; MEYER, H y REYNA, J.** Simulaciones numéricas de propagación de Tsunami para la Costa Pacífica colombiana. Publicaciones sobre Tsunami en el Pacífico colombiano. Observatorio Sismológico del Suroccidente. **1996.**

**INGEOMINAS, DIMAR y OSSO.** Mapa de potencial de licuación de suelos. **2002.**

**CEDENAR.** Plano de Sistema de distribución de redes eléctricas. San Andrés de Tumaco. Escala 1: 5 000. **1998.**

**CITCE – UNIVALLE.** Proyecto La Ciudadela Municipio de Tumaco. Informe Final. Programa para el diseño urbanístico y arquitectónico para la reubicación por alto riesgo en la ciudad de Tumaco. Corporación Colombia por Tumaco. Cali. **1994.**

**CORPONARIÑO.** Mapa de ubicación geográfica, ríos y poblaciones vecinas. **1988.**

**CVC.** Planos planta de las redes de distribución de agua tratada de las islas Tumaco y El Morro. **1984.**

**DESINVENTAR.** Base de datos inventario de desastres. Observatorio Sismológico del Suroccidente – OSSO. **2003.**

**DIMAR - CCCP.** a. Mapas de inundación por impacto de Tsunami en marea media y alta. **1998.**

\_\_\_\_\_b. Mapa de zonas intermareales del área urbana de Tumaco. **2002.**

**DUARTE GUTERMAN & PACHÓN, A.** Plan de ordenamiento y de inversiones para el área urbana de Tumaco. Situación actual y diagnóstico. Estudio financiado por el FONADE y el Banco Central Hipotecario. Volumen I. Bogotá. **1986.**

**FINANCIERA DE DESARROLLO TERRITORIAL S.A.** a. Redes de distribución de agua tratada del área urbana de Tumaco. **1991.**

-----b. Planos Estación de bombeo y conducciones de agua tratada. **1992.**

**FONADE.** Mapas de sectores homogéneos de vivienda, generalidades de los servicios públicos, densidades poblacionales, zonificación por áreas de actividad y de infraestructura vial en Tumaco. **1984.**

**GOBERNA, J y RAMÍREZ, J.** Terremotos colombianos. Noviembre 23 y diciembre 12 de 1979. Informe preliminar. Instituto Geofísico de los Andes. Universidad Javeriana. Bogotá. **1980.**

**GONZÁLEZ, S.** Estudio preliminar de vulnerabilidad sísmica de Tumaco. Programa para la Mitigación de Riesgos en Colombia. Observatorio Sismológico del SurOccidente - OSSO. Cali, **1991.**

**HERD, D. G et., al.** The great Tumaco, Colombia earthquake of 12 december 1979. SCIENCE, Vol. 211, N°. 4481, p. 441-445. **1981.**

**INTERA.** Imágenes de satélite zona del Litoral Nariñense. **1992.**

**IDEAM.** Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en el periodo 1997 – 1998 en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Documento inédito. Santafé de Bogotá, 71p. Julio de **1997**.

**MEYER, H.** a. Desarrollo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami. Memorias del VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar. Comisión colombiana de Oceanografía. Cali. **1990**.

----- b. Estado actual del conocimiento y control de riesgos causados por terremoto en la ciudad de Tumaco, Nariño. Informe presentado al proyecto Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tumaco. Asesorías Municipales Ltda. Cali. **1997**.

**MEYER, H & RODRÍGUEZ, E.** Prevención de Tsunami en Costa de Manglar – Tumaco, Colombia. Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental. Comisión Oceanográfica Intergubernamental de al UNESCO – IOC. Publicaciones sobre Tsunami en el Pacífico colombiano. Observatorio Sismológico del Suroccidente. **1997**.

**MEYER, H & VELÁSQUEZ, A.** Aproximación al riesgo por tsunami en la Costa del Pacífico en Colombia. Alcaldía del Municipio de Buenaventura. Comité para la Prevención y Atención de Desastres. Observatorio Sismológico del Suroccidente. Cali. **1992**. Publicaciones ocasionales del OSSO No. 8.

**MOSQUERA, G; APRILE GNISSET, J; GIRÓN, M; QUINTERO, A; LOAIZA, P y PEREZ, L.** Urbanismo y vivienda en las ciudades del Pacífico. El caso de Tumaco. Investigación sistemas urbanos aldeanos del Pacífico. CITCE - UNIVALLE. **1999**.

**MUNICIPIO DE TUMACO.** a. Plan de Desarrollo Municipal. Sistemas de perímetros y zonas de riesgo, plan vial urbano y zonificación del espacio público. **1992**.

-----b. Plano El Municipio en el contexto regional. Cabeceras municipales,

caseríos y carreteras. **2001.**

**RADARSAT.** Imágenes de satélite zona del Litoral Nariñense. **1997.**

**RUDOLPH, E & S. SZIRTES.** El terremoto colombiano del 31 de enero de 1906, Gerlands Beiträge zur Geophysik, Vol. XI, N° 1, Leipzig. 1911. Traducción de Hj. Meyer y Alba Paulsen de Cárdenas, Publicaciones Ocasionales del OSSO No. 1, Univalle Cali. **1991.**

**TRIANA, M.** Memoria científica sobre la formación y defenza de la isla de Tumaco, presentada al Señor Ministro de Obras Públicas (Nov. 1906). Revista de Ingeniería, pp.69-76, Bogotá. **1910.**

**UNDHA/GENEVA.** Tsunamis. Evacuación de la población y planes de uso del suelo para mitigar sus efectos. Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN). Perú. **1994.**

**VELÁSQUEZ, A.** Informe final sobre comisión al Archivo General de Indias, Sevilla, presentado al programa "Mitigación de Riesgos en Colombia" (DNPAD, UNDRO, ACDI), actividad "Estudios históricos de eventos, incluido examen del AGI, Sevilla, España. Observatorio Sismológico del Suroccidente – OSSO, Universidad del Valle, manuscrito, Cali. **1992.**

*Informe final. Proyecto Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto  
y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño.*

## **ANEXOS.**