



**R.G.C.**

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS

Elaborado por:

*Biossema, S.C.A.*  
*Consultora Técnica y Medioambiental*

A modo de ejemplo adjuntamos **Disposiciones Generales** y dos de los **anexos** del Estudio y Análisis de Riesgos Geológico para la Ciudad Autónoma de Ceuta

# ÍNDICE

Pág.

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS

### I.- MEMORIA

|  |          |
|--|----------|
| <b>1.- DISPOSICIONES GENERALES .....</b> | <b>3</b> |
| 1.1.- Introducción.....                  | 3        |
| 1.2.- Objeto.....                        | 8        |
| 1.3.- Metodología .....                  | 9        |

### II.- ANEXOS

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>ANEXO I.- SISMICIDAD .....</b> | <b>10</b> |
| <b>ANEXO II.- TSUNAMIS.....</b>   | <b>15</b> |

## 1.- DISPOSICIONES GENERALES

### 1.1.- Introducción

Fenómenos como los terremotos, las erupciones volcánicas, las inundaciones, los movimientos de ladera o los huracanes, no son más que procesos naturales de la dinámica de la Tierra. Estos procesos tienen su origen en fenómenos relacionados con la geodinámica interna o con la geodinámica externa. Además de los procesos geodinámicos terrestres, los fenómenos relacionados con la dinámica atmosférica también dan lugar a procesos que conllevan movimientos de masas de agua y tierras.

Todos estos procesos, dependiendo de sus características y lugar de ocurrencia, pueden afectar al ámbito humano y ocasionar riesgos para la población, sus actividades y sus bienes, de manera que estos procesos únicamente representan un riesgo cuando el ser humano desarrolla su actividad en áreas donde se producen.

Además de las características de los procesos naturales que actúan en una zona, como su intensidad, velocidad y extensión, otros factores determinan la magnitud de los riesgos que éstos pueden causar, como las actividades y actuaciones antrópicas, que frecuentemente se reflejan en la ocupación de zonas peligrosas y en la modificación del medio natural.

La *Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas en Caso de Desastre*, (UNDRO) en colaboración con la UNESCO promovió una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones que ha sido ampliamente aceptada (VARNES, 1984). Entre otros **conceptos**, el informe de dicha reunión "Desastres Naturales y Análisis de Vulnerabilidad" incluyó los siguientes:

- AMENAZA O PELIGROSIDAD (**H**): Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad determinada en un periodo de tiempo específico y dentro de una determinada área o región. La definición

de peligrosidad implica conocer dónde y cuándo tendrá lugar el fenómeno.

- **VULNERABILIDAD (V):** Grado de pérdidas sufridas por un determinado elemento o conjunto de elementos en riesgo (ver definición más adelante), como resultado de la ocurrencia de un fenómeno de una magnitud dada. Se expresa en una escala que varía desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total). La vulnerabilidad depende de las características del elemento y de la intensidad del fenómeno.
- **ELEMENTOS EN RIESGO (E):** Constituyen la población, propiedades, actividades económicas, incluyendo los servicios públicos, infraestructuras y bienes de cualquier índole, que están sometidos a un riesgo en una determinada área o región.
- **RIESGO ESPECÍFICO (R<sub>s</sub>):** Grado de pérdidas esperadas como resultado de fenómeno particular. Se puede expresar en función de la Amenaza (H) y la Vulnerabilidad (V), como el producto H por V.
- **RIESGO TOTAL (R<sub>t</sub>):** Es el número esperado de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades o perturbación de la actividad económica como consecuencia de un determinado fenómeno. Por lo tanto, se puede expresar como el producto entre el Riesgo Específico (R<sub>s</sub>) y los elementos en riesgo (E).

En otras palabras la evaluación del riesgo puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general:

$$R_t = E. (R_s) = E. (H. V)$$

Para evaluar el riesgo se debe contemplar la identificación de los posibles fenómenos potencialmente dañinos, la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de dichos fenómenos (peligrosidad), el análisis de la vulnerabilidad de los elementos sometido a riesgo, así como la valoración económica y/o social de dichos elementos (KATES y KASPERSON, 1983). La evaluación del riesgo resulta compleja, por ser compleja la evaluación de los términos que lo definen.

En la mayoría de los análisis de la peligrosidad no es posible, o resulta muy complicado determinar la probabilidad en el tiempo; sin embargo, es posible establecer las condiciones que determinan la generación de un determinado fenómeno potencialmente dañino y, sobre esa base, aproximarse a la predicción desde una perspectiva espacial. En este sentido, cobra utilidad el concepto de SUSCEPTIBILIDAD (BRABB et al., 1972; EINSTEIN, 1988),

que sería la mayor o menor tendencia a que suceda un fenómeno potencialmente dañino en una zona específica y en un futuro no determinado. Es decir, la susceptibilidad sería la expresión espacial (y no temporal) de la peligrosidad.

La peligrosidad espacial (susceptibilidad) puede evaluarse si se conocen las zonas donde previamente han ocurrido fenómenos de una determinada magnitud y los factores que los han condicionado, partiendo de la hipótesis de que las zonas afectadas, en el pasado o el presente, lo serán nuevamente en el futuro. La peligrosidad temporal, más compleja de evaluar, podrá determinarse siempre que se conozcan las pautas de ocurrencia del propio fenómeno o de los factores desencadenantes que lo generan. En cualquier caso, la peligrosidad puede expresarse en términos cuantitativos o cualitativos.

En función del origen de los procesos que los originen, los **riesgos** pueden agruparse en dos grandes tipos: naturales y los inducidos por la acción del hombre o directamente asociados a fallos de los sistema tecnológicos (también llamados antropológicos o tecnológicos).

Los **riesgos naturales** se pueden dividir, a su vez, en dos grupos: riesgos biológicos y riesgos físicos o abióticos. Los riesgos biológicos los constituyen principalmente las plagas y las epidemias.

Los **riesgos físicos** se pueden clasificar en tres subgrupos: riesgos geológicos, riesgos climáticos (o atmosféricos) y riesgos cósmicos. En general, los riesgos cósmicos tienen una incidencia muy limitada, y entre ellos cabe citar el choque de objetos del espacio con la Tierra (meteoritos, asteroides o cometas). Entre los **riesgos climáticos** son bien conocidos los grandes temporales, huracanes, olas de calor o frío, **inundaciones** y sequías.

Los **riesgos geológicos** pueden estar causados por materiales geológicos (minerales expansivos, asbestos y gases peligrosos) o bien, por procesos geológicos (ICOG, 1997). Los riesgos que resultan de los procesos dinámicos terrestres pueden ser de origen interno o de origen externo. Naturalmente, los primeros se originan en el interior de la Tierra y deben considerarse, sobre todo, **los terremotos**, los **tsunamis** y las erupciones volcánicas. Los segundos son aquellos que se originan en la superficie

terrestre o muy cerca de ella, habitualmente en estrecha relación con el clima; entre ellos se encuentran los **movimientos de ladera**, los aludes de nieve, los hundimientos y subsidencias, los procesos de erosión-sedimentación continentales y litorales.

Según lo visto hasta ahora, los **Riesgos Geológicos** se pueden definir como todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, que pueda generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos (AYALA, 1987).

Los efectos directos de los riesgos geológicos sobre poblaciones e infraestructuras, entre otros sectores, llevan asociados elevados costes de reconstrucción y reparación de los bienes afectados. Además de la ocupación de zonas de riesgo, otros aspectos como la falta de medidas y sistemas de prevención y de estrategias de mitigación, falta de legislación, etc., implican unos costes en muchos casos evitables. Los daños asociados a un determinado proceso geológico dependen de la velocidad, magnitud y extensión del mismo, de la posibilidad de prevención, predicción y el tiempo de aviso, y de la posibilidad de actuar sobre el proceso y controlarlo o de proteger los elementos expuestos a sus efectos.

Actualmente, frente a la ocurrencia de fenómenos de riesgo, se exige seguridad y prevención. Esta percepción social del riesgo implica una respuesta por parte de las administraciones que, mediante la realización de estudios, prevean, prevengan, minimicen y eviten los impactos de los peligros de origen natural y antrópico. La planificación urbana y ordenación del territorio es una herramienta básica para poder hacerles frente y evitar los efectos que sobre la población o sobre los bienes de la comunidad pueden tener dichos eventos. Los *Planes Especiales de Protección Civil* se deben elaborar para hacer frente a los riesgos específicos cuya naturaleza requiera una metodología técnico-científica adecuada para cada uno de ellos.

La evaluación del riesgo puede plasmarse en **mapas**. Los mapas de peligrosidad y riesgo pueden presentar un contenido muy diverso. A continuación se enumeran los diferentes tipos de cartografías más utilizadas para la representación de los procesos y sus efectos en términos de peligrosidad y riesgo (CHACÓN et al., 2006; DIPGRA-IGME, 2007):

- Los **mapas inventario** incluyen la localización espacial de los procesos y/o zonas afectadas y las características de los mismos. Se pueden representar eventos sencillos o múltiples. Los mapas a pequeña escala muestran únicamente la localización de los procesos, mientras que los mapas a gran escala pueden diferenciar entre los diferentes tipos de procesos y sus características entre otro tipo de datos.
- Los **mapas de susceptibilidad** definen las zonas proclives o susceptibles a sufrir un determinado tipo de proceso, asignado al territorio diferentes grados en función de la correlación entre el mapa inventario y los mapas de factores que condicionan los procesos en una determinada zona. Los mapas de susceptibilidad también se pueden considerar como una expresión de la densidad o frecuencia relativa.
- Los **mapas de peligrosidad** indican las zonas con diferente probabilidad o posibilidad de ocurrencia espacial y temporal de un proceso, en términos cuantitativos o cualitativos. Para su realización deben conocerse los factores que condicionan y/o desencadenan los procesos y las pautas de ocurrencia de los mismos.
- Los **mapas de riesgo** representan los daños y/o pérdidas (cualitativa o cuantitativamente) esperables como consecuencia de la ocurrencia de los procesos en una determinada zona. Para su realización se debe estimar la peligrosidad del proceso geológico, para una intensidad o magnitud y un período de tiempo seleccionado; identificar los elementos sociales, estructurales y económicos expuestos al peligro y evaluar la vulnerabilidad de los mismos.

Estos mapas, como puede intuirse, no sólo son de gran importancia para la ordenación del territorio y los planes de desarrollo, sino también para la elaboración de los planes de emergencia que los organismos competentes deben realizar. Es importante destacar que un plan operativo elaborado en base a mapas de peligrosidad y riesgo es mucho más eficiente que si se realiza sin conocer dicho escenario de efectos potenciales, dado que estos mapas permiten definir procedimientos de respuesta más precisos para atender a la población en caso de desastre (CARDONA,1991).



## 1.2.- Objeto

El objetivo de este documento es realizar una caracterización preliminar de los Riesgos Geológicos para una mejor gestión del territorio, precisar la zonificación del área de estudio en función del riesgo. La finalidad del proyecto es delimitar áreas según posibles requerimientos de intervención para localizar la infraestructura utilizable, en apoyo de las actuaciones de emergencia, ante supuestos de catástrofes.

El proyecto pretende identificar y evaluar amenazas para determinar su potencialidad, origen, características y comportamiento. Así como profundizar en los conocimientos geológicos, técnicos y científicos con el fin de comprender la dinámica de los procesos que han afectado y afectan; como son: sismos, inestabilidad de laderas, riesgos de inundaciones, tsunamis, ascenso del nivel del mar y otros riesgos geológicos.

Son objetivos específicos:

- La información de los fenómenos, tengan estos efectos inapreciables o catastróficos.
- Determinación de los riesgos potenciales y recomendaciones sobre la necesidad de un Plan Especial de Prevención.

### 1.3.- Metodología

La metodología adoptada para la elaboración del presente trabajo puede sintetizarse en tres fases:

**Fase I:** *observación y documentación.* Durante esta etapa se realizaron diversas actividades de puesta en contacto con diversos organismos para la recopilación de información. Se elaboró una metodología de trabajo definida, tanto para la toma de datos, como para el trabajo de campo, y el procesamiento de dichos datos. Se definió toda la información que iba a ser necesaria recopilar o desarrollar para llegar a la caracterización de los riesgos geológicos de la zona.

**Fase II:** *toma de datos In situ.* Se ha realizado un inventario de los procesos y/o zonas afectadas actuales o pasadas: localización de los procesos, naturaleza, características y tipología. En esta etapa se han recogido los datos necesarios para elaborar las cartografías temáticas, para caracterizar las formaciones geológicas y para caracterizar los riesgos geológicos presentes en la zona.

**Fase III:** *trabajo de gabinete.* Esta etapa se ha centrado en el análisis de los distintos factores que van a condicionar los riesgos estudiados, ya sean riesgos relacionados con los movimientos de ladera, inundaciones o sismicidad. Igualmente, se ha analizado la forma en que éstos interactúan y se ha elaborado mapas de inventario que será integrado en un Sistema de Información Geográfica (SIG ó GIS).

## ANEXOS

### ANEXO I.- SISMICIDAD

**Falla:** Superficie de ruptura en rocas a lo largo de la cual ha habido movimiento relativo, es decir, un bloque respecto del otro. Se habla particularmente de falla activa cuando en ella se han localizado focos de sismos o bien, se tienen evidencias de que en tiempos históricos ha habido desplazamientos. El desplazamiento total puede variar de centímetros a kilómetros dependiendo del tiempo durante el cual la falla se ha mantenido activa (años o hasta miles y millones de años). Usualmente, durante un temblor grande, los desplazamientos típicos son de uno o dos metros.

**Placa tectónica:** Porción de la litosfera terrestre, de grandes dimensiones y espesor no mayor a 100 km, que se mueve con relación a otras partes de la litosfera sobre el manto terrestre. Las placas chocan en zonas de convergencia y se separan en zonas de divergencia

**Terremoto (sismo, seísmo o temblor):** Vibraciones de la Tierra causado por el paso de ondas sísmicas irradiadas desde una fuente de energía elástica.

**RÉPLICAS:** Terremotos que siguen al terremoto principal de una zona y ligados genéticamente con él.

**Respuesta sísmica del terreno** La respuesta sísmica del terreno determina el grado de amplificación que sufrirán las ondas sísmicas a su paso por distintos materiales, incrementando o no el valor de la Intensidad del terremoto en la zona considerada

**Epicentro:** Punto en la superficie de la Tierra resultado de proyectar sobre ésta el hipocentro de un terremoto. Se encuentran usualmente en un mapa, señalando el lugar justo sobre el origen del movimiento sísmico.

**Foco:** Punto de origen del sismo, en el interior de la Tierra. Lugar donde empieza la ruptura que se extiende formando un plano de falla. También nombrado como **hipocentro**.

**Intensidad (sísmica):** Número que se refiere a los efectos de las ondas sísmicas en las construcciones, en el terreno natural y en el comportamiento o actividades del hombre. Los grados de intensidad sísmica, expresados con números romanos del I al XII, correspondientes a diversas localidades se asignan con base en la escala de Mercalli. Contrasta con el término magnitud que se refiere a la energía total liberada por el sismo.

**Magnitud (de un sismo):** Valor relacionado con la cantidad de energía liberada por el sismo. Dicho valor no depende, como la intensidad, de la presencia de pobladores que observen y describan los múltiples efectos del sismo en una localidad dada. Para determinar la magnitud se utilizan, necesariamente uno o varios registros de sismógrafos y una escala estrictamente cuantitativa, sin límites superior ni inferior. Una de las escalas más conocidas es la de **Richter**, aunque en la actualidad frecuentemente se utilizan otras como la de ondas superficiales (**Ms**) o de momento sísmico (**Mw**).

**Periodo de retorno:** Es el tiempo medio, expresado en años, que tiene que transcurrir para que ocurra un sismo en que se exceda una aceleración dada.

**Riesgo sísmico:** Número esperado de vidas perdidas, personas heridas, daños a la propiedad y alteración de la actividad económica debido a la ocurrencia de terremotos.

**Vulnerabilidad sísmica:** Es el grado de pérdida de un elemento en riesgo, expresado en una escala de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total), que resulta de la ocurrencia de un terremoto de una determinada magnitud.

## Escala Macrosísmica EMS-98

### I - No sentido

- ✓ No sentido, ni en las condiciones más favorables.
- ✓ Ningún efecto y ningún daño

### II - Apenas sentido

- ✓ El temblor es sentido sólo en casos aislados (1%) de individuos en reposo y en posiciones especialmente receptivas dentro de edificios.
- ✓ Ningún efecto y ningún daño.

### III – Débil

- ✓ El terremoto es sentido por algunos dentro de edificios. Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor.
- ✓ Los objetos colgados oscilan levemente.
- ✓ Ningún daño.

### IV - Ampliamente observado

- ✓ El terremoto es sentido dentro de los edificios por muchos y sólo por muy pocos en el exterior. Se despiertan algunas personas. El nivel de vibración no asusta. La vibración es moderada. Los observadores sienten un leve temblor o cimbreo del edificio, la habitación o de la cama, la silla, etc.
- ✓ Golpeteo de vajillas, cristalerías, ventanas y puertas. Los objetos colgados oscilan.
- ✓ En algunos casos los muebles ligeros tiemblan visiblemente. En algunos casos chasquidos de la carpintería.
- ✓ Ningún daño.

### V – Fuerte

- ✓ El terremoto es sentido dentro de los edificios por la mayoría y por algunos en el exterior. Algunas personas se asustan y corren al exterior. Se despiertan muchas de las personas que duermen. Los observadores sienten una fuerte sacudida o bamboleo de todo el edificio, la habitación o el mobiliario.
- ✓ Los objetos colgados oscilan considerablemente. Las vajillas y cristalerías chocan entre sí. Los objetos pequeños, inestables y/o mal apoyados pueden desplazarse o caer. Las puertas y ventanas se abren o cierran de pronto. En algunos casos se rompen los cristales de las ventanas. Los líquidos oscilan y pueden derramarse de recipientes totalmente llenos. Los animales dentro de edificios se pueden inquietar.
- ✓ Daños de grado 1 en algunos edificios de clases de vulnerabilidad A y B

### VI - Levemente dañino

- ✓ Sentido por la mayoría dentro de los edificios y por muchos en el exterior.
- ✓ Algunas personas pierden el equilibrio. Muchos se asustan y corren al exterior.

- ✓ Pueden caerse pequeños objetos de estabilidad ordinaria y los muebles se pueden desplazar. En algunos casos se pueden romper platos y vasos. Se pueden asustar los animales domésticos (incluso en el exterior).
- ✓ Se presentan daños de grado 1 en muchos edificios de clases de vulnerabilidad A y B; algunos de clases A y B sufren daños de grado 2; algunos de clase C sufren daños de grado 1.

## VII – Dañino

- ✓ La mayoría de las personas se asusta e intenta correr fuera de los edificios. Para muchos es difícil mantenerse de pie, especialmente en plantas superiores.
- ✓ Se desplazan los muebles y pueden volcarse los que sean inestables. Caída de gran número de objetos de las estanterías. Salpica el agua de los recipientes, depósitos y estanques.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 2 ; algunos de grado 3.
- ✓ Algunos edificios de clase de vulnerabilidad C presentan daños de grado 2.
- ✓ Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 1.

## VIII - Gravemente dañino

- ✓ Para muchas personas es difícil mantenerse de pie, incluso fuera de los edificios.
- ✓ Se pueden volcar los muebles. Caen al suelo objetos como televisiones, máquinas de escribir, etc. Ocasionalmente las lápidas se pueden desplazar, girar o volcar.
- ✓ En suelo muy blando se pueden ver ondulaciones.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.
- ✓ Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 2.

## IX – Destructor

- ✓ Pánico general. Las personas pueden ser lanzadas bruscamente al suelo.
- ✓ Muchos monumentos y columnas se caen o giran. En suelo blando se ven ondulaciones.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A presentan daños de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.
- ✓ Algunos edificios de clase de vulnerabilidad E presentan daños de grado 2.

### **X - Muy destructor**

- ✓ La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad A presentan daños de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.
- ✓ Algunos edificios de clase de vulnerabilidad F presentan daños de grado 2.

### **XI – Devastador**

- ✓ La mayoría de los edificios de clase B de vulnerabilidad presentan daños de grado 5.
- ✓ La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; muchos de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- ✓ Muchos edificios de clase de vulnerabilidad F sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.

### **XII - Completamente devastador**

- ✓ Se destruyen todos los edificios de clases de vulnerabilidad A, B y prácticamente todos los de clase C.
- ✓ Se destruyen la mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad D, E y F.
- ✓ Los efectos del terremoto alcanzan los efectos máximos concebibles

## ANEXO II.- TSUNAMIS

**Tsunami (o maremoto):** Ola con altura y penetración tierra adentro superior a las ordinarias, generalmente causada por movimientos del suelo oceánico en sentido vertical, asociado a la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud con epicentro en una región oceánica.

**Riesgo de tsunami.** La probabilidad que un litoral particular sea golpeado por un tsunami multiplicado por lo que esté expuesto a ser dañado y afectado a lo largo de esa costa. En términos generales, el riesgo es la amenaza (peligro) multiplicada por la exposición (vulnerabilidad).

**Proyecto TRANSFER:** los objetivos más importantes son:

- ✓ Generación de mapas de inundación y evaluación de la peligrosidad de inundación por tsunamis.
- ✓ Actualización y mejora del actual catálogo de tsunamis de Europa con su integración en un catálogo mundial.
- ✓ Identificación y caracterización de aquellas fuentes susceptibles de generar tsunamis, bien sean sísmicas o asísmicas (deslizamientos, volcanes, etc.), en la región Euro-Mediterránea.
- ✓ Desarrollo y/o mejora de sistemas de observación y monitoreo, métodos de procesado y algoritmos para la detección en tiempo real de la generación de tsunamis.
- ✓ Desarrollo y aplicación de métodos existentes y nuevos de generación de mapas de inundación
  
- ✓ Definición de aproximaciones al estudio de escenarios, estimación de riesgo y vulnerabilidad, medidas de prevención y mitigación; en coordinación con los usuarios finales de los mapas e información.

Se clasifican según la altura de la ola o el grado de inundación que producen en tierra. Se usan diversas escalas de magnitud e intensidad según se basen en la medición de la energía o en las consecuencias físicas del fenómeno. Si consideramos la magnitud podemos utilizar la escala de



Imamura-Lida, en la cual la magnitud se calcula como el logaritmo en base 2 de la altura máxima alcanzada (en metros) por la inundación en la costa.

| <b>Relación magnitud/altura máxima de la inundación</b> |        |
|---|--------|
| M:-2  | 30 cm. |
| M:1   | 2/3 m. |
| M:5   | 32 m.  |

Clasificación de Imamura-Lida.

Si la clasificación la efectuamos utilizando la intensidad, la escala más empleada es la Soloviev, el cual establece una serie de grados en función de la altura alcanzada por las olas en metros y del comportamiento del tsunami y sus efectos.

| <b>CLASIFICACIÓN DE SOLOVIEV</b> |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Grado</b>                     | <b>Clasificación (INTENSIDAD)</b> |
| -1                               | Muy ligero                        |
| 0                                | Ligero                            |
| 1                                | Bastante fuerte                   |
| 2                                | Grande                            |
| 3                                | Muy grande                        |
| 4                                | Desastroso                        |

Clasificación de Soloviev. (Fernández, 2006).

## Escala De Intensidad De Tsunami

Papadopoulos e Imamura (2001) propusieron una nueva escala de 12 grados de intensidad independiente de la medida de parámetros físicos como la amplitud de la ola y sensible a pequeñas diferencias en los efectos producidos por un tsunami, en la cual cada grado es lo suficientemente detallado como para cubrir la mayor cantidad posible de tipos de daños que la comunidad y el medio ambiente sufren a causa de los tsunamis. La escala está dividida en 12 categorías y es similar a la escala de intensidad de Mercalli modificada que se emplea para describir macrosismos con intensidad de terremoto.

La nueva escala se organiza de acuerdo a tres factores:

- a) Efectos sobre seres humanos,
- b) Efectos sobre objetos, incluido buques de tamaño variable, y en la naturaleza,
- c) Daños a los edificios.

### I No sentido

- a) No se sintió incluso en las circunstancias más favorables.
- b) Ningún efecto.
- c) Ningún daño.

### II Apenas sentido

- a) Sentido por pocas personas a bordo de pequeñas embarcaciones. No
- b) se observó en la costa.
- c) Ningún efecto.
- d) Ningún daño.

### III Débiles

- a) Sentida por la mayoría de las personas a bordo de pequeñas embarcaciones. Observado por pocas personas en la costa.
- b) Ningún efecto.
- c) Ningún daño.

#### IV Ampliamente observado

- a) Sentido por todos a bordo de pequeñas embarcaciones y pocas personas a bordo en grandes buques.
- b) Observado por la mayoría de las personas en la costa.
- c) Ningún daño.

#### V Fuertes

- a) Sentida por todos a bordo de buques grandes y observada por todos en la costa.
- b) Trazas de capa de arena son abandonadas en terrenos de condiciones favorables.
- c) Límite de la inundación en tierras cultivadas. Límite de la inundación en instalaciones al aire libre (por ejemplo, jardines) y estructuras cercanas a la costa.

#### VI Ligeramente perjudicial

- a) Mucha gente se atemoriza y evacuan a tierras más altas.
- b) Daños e inundaciones en estructuras de madera.
- c) El efecto es soportado por la mayoría de los edificios de mampostería

#### VII Perjudicial

- a) a) La mayoría de la gente tiene miedo y tratan de correr hacia un terreno más altas, muchas pequeñas embarcaciones dañadas.
- b) Objetos de tamaño variable en el mar pierden estabilidad y van a la deriva. Capas de arena y acumulaciones de guijarros quedan rezagadas.
- c) Muchas estructuras de madera dañadas, demolidas o arrastrados. Daños de grado 1 e inundaciones en algunos edificios de mampostería.

#### VIII Muy perjudicial

- a) Todas las personas escapan a tierras más altas, algunos son arrastrados.
- b) Pocos grandes buques se mueven tierra o chocan entre sí. Objetos grandes se van a la deriva. Persiste la remoción de playas, ensuciándolas plenamente. Extensas inundaciones. Leves daños en el bosque de control de tsunami, detener derivas.
- c) Muchas balsas o botes son arrastrados y pocos parcialmente dañado. Las estructuras de madera se ven de lejos o demolidas. Daños de grado 2 en edificios de mampostería.

### **IX Destructivo**

- a) Muchas personas son arrastradas por salida del mar en tierra.
- b) Grandes buques se mueven violentamente hacia tierra. Remoción extensa de playas ensuciándolas. Hundimiento del terreno local. Destrucción parcial en bosques. La mayoría de embarcaciones artesanales son arrastrados y muchos parcialmente dañados.
- c) Daños de grado 3 en albañilería muchos edificios.

### **X Muy destructivo**

- a) Pánico general. La mayoría de las personas son arrastradas por el mar. Los buques se mueven violentamente hacia tierra, muchos se destruyen y/o colisionan con casas y edificios.
- b) Arrastre de autos y derrame de combustibles, inicio de incendios. Hundimiento de la tierra.
- c) Daños de grado 4 en albañilería muchos edificios. Daños en diques artificiales.

### **XI Devastador**

- b) Carreteras interrumpidas. Provocación de incendios. El agua arrastra y desplaza automóviles y otros objetos en el mar.
- c) Daños de grado 5 en muchos edificios de mampostería.

### **XII Completamente devastador**

- c) Prácticamente todos los edificios de mampostería demolidos. La gran mayoría de edificios sufren daños de manera considerable.