

# *LA NATURALEZA DE LOS RIESGOS, UN ENFOQUE CONCEPTUAL*



***CIMDEN***

***SERIE:***

***APORTES PARA EL***

***DESARROLLO SOSTENIBLE***

La Naturaleza de los Riesgos, Un Enfoque Conceptual

*Dr. Juan Carlos Villagrán De León*

# *CIMDEN*

El **Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales**, CIMDEN, es una organización técnico-científica dedicada al estudio de la problemática asociada a los desastres naturales, teniendo como meta la sistematización de las causas que dan lugar a tales desastres para proponer e implementar medidas que tiendan a reducir los impactos en las sociedades urbanas y rurales de América Central.

Reconociendo la necesidad de brindar un aporte conceptual para el entendimiento de las causas de los desastres, se presenta esta revista que contiene los aspectos más relevantes en torno a la gestión del riesgo, que es el concepto más moderno en torno a la temática de reducción de desastres naturales.

El Dr. Juan Carlos Villagrán De León, fundador de CIMDEN, ha sido pionero de esta temática en América Central, brindando aportes como consultor regional para varias organizaciones tales como el Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales de América Central, CEPREDENAC, así como para la Agencia de Cooperación Técnica Alemana, GTZ, y para instituciones nacionales de protección o defensa civil. El Dr. Villagrán ha diseñado e implementado múltiples sistemas comunitarios de alerta temprana en cuencas menores de América Central, creó la gerencia de gestión para la reducción del Riesgo en CONRED, Guatemala, y se dedica a la investigación científica, en particular en áreas de geofísica, física de superficies y óptica aplicada.

## **SERIE APORTES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Editada y Publicada por CIMDEN  
15 Avenida "A" 20-01 Zona 13,  
Guatemala, Guatemala  
Centro América

Correo Electrónico: [CIMDEN-CA@hotmail.com](mailto:CIMDEN-CA@hotmail.com)

ISBN

Foto de portada: antiguo kiosco de la comunidad El Palmar, en las faldas del volcán Santiaguito, la cual fue devastada por lahares en 1,984.

**Derechos Reservados**

**CIMDEN**

Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales.

# TABLA DE CONTENIDO

- I. INTRODUCCION
  - II. CONCEPTOS GENERALES
  - III. DESASTRES NATURALES, MODELOS CONCEPTUALES
  - IV. AMENAZAS, LA CONTRAPARTE NATURAL
  - V. VULNERABILIDADES, UNA CONTRAPARTE SOCIAL
  - VI. DEFICIENCIAS EN LAS MEDIDAS DE PREPARACIÓN, LA OTRA CONTRAPARTE SOCIAL
  - VII. DETERMINACION DEL RIESGO
  - VIII. GESTION PARA LA REDUCCION DEL RIESGO
  - IX. CONCLUSIONES
- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

# CAPITULO I: INTRODUCCION

La naturaleza ha jugado un papel protagónico en América Central. La región es cuna de fenómenos geológicos muy diversos ya que nace de los procesos que resultan de la dinámica entre placas tectónicas. Los volcanes activos en las distintas naciones del istmo son una muestra de que dichos procesos continúan hasta la fecha y que la historia geológica de América Central se escribe día a día. Los ríos que han acarreado por miles de años sedimentos para crear las tierras fértiles en las planicies costeras, ilustran año con año ese tremendo potencial de la naturaleza para regenerar tierras, cambiar lechos y renovar suelos con nutrientes provenientes de las montañas y cerros.

La historia de América Central abarca procesos políticos, sociales, culturales y económicos, pero estos no escapan al embate de la naturaleza. Los distintos fenómenos que han ayudado a generar la geografía que hoy conocemos se han hecho presentes en múltiples ocasiones para demostrarnos que somos vulnerables, que no comprendemos en forma adecuada el entorno que nos rodea y que no hemos sabido adaptarnos para minimizar el impacto de dichos fenómenos.

A lo largo del último siglo los factores tales como la explosión demográfica, las migraciones de población desde zonas rurales hacia zonas urbanas y la falta de opciones para el mejoramiento de la calidad de vida que caracterizan a Centro América ha propiciado la generación de condiciones especiales que nos tornan vulnerables a los fenómenos de la naturaleza. Los asentamientos humanos en zonas de barrancos, en zonas aledañas a las riberas de los ríos y en zonas cada vez más cercanas a los conos volcánicos nos indican que estamos desafiando a la naturaleza, que le estamos recortando su campo de acción. Los cada vez más frecuentes desastres naturales son un indicativo de que debemos reconocer que vivimos en un entorno dinámico, lleno de fenómenos naturales y que debemos, de nuevo, aprender a respetar a la naturaleza.

En forma paralela, el uso indebido de suelos, la tala inmoderada de bosques y la contaminación ambiental son procesos sociales que a su vez están propiciando las condiciones para propiciar mayores desastres. Sin embargo, debido a que no conocemos en forma adecuada el comportamiento de la naturaleza y debido a que la naturaleza se toma su tiempo en actuar, hemos seguido una forma de vida en la cual postergamos indefinidamente la preocupación de entender en mejor forma el accionar de la naturaleza en pro de lo que llamamos vivir o sobrevivir.

Por otra parte las condiciones cada vez mayores de pobreza en el istmo forzan a la población a vivir en zonas cada vez de mas alta amenaza. El asentamiento en zonas de alta amenaza, en el pasado rechazadas por los moradores locales dado su conocimiento histórico, se torna ahora en un proceso conocido como **riesgo** que culmina en un producto llamado **desastre**.

Ante tales circunstancias es necesario detenerse un poco para analizar la situación; comprender la dimensión de la evolución social en el cual estamos embarcados y corregir el rumbo. La presencia de desastres de la magnitud de los causados por los recientes terremotos, por el huracán Mitch y por otros fenómenos naturales la debemos entender en términos muy simples:

- *Se ha construido infraestructura de casi cualquier tipo en casi cualquier sitio, sin identificar las amenazas naturales existentes en los sitios escogidos.*
- *Se ha construido infraestructura sin normas de construcción y con materiales no adecuados para el entorno que nos rodea.*
- *Se ha modificado el entorno natural, el ambiente, de tal forma que ahora se ha vuelto una amenaza socio-natural.*

Estos tres factores combinados han generado las condiciones necesarias para que se presenten los desastres, no como eventos naturales, sino como eventos sociales disparados por fenómenos naturales.

Debemos entender las relaciones entre las demandas del crecimiento social y las condiciones intrínsecas de la región geográfica en la cual vivimos, aprender a adaptarnos a la realidad de los fenómenos que nos acechan año con año, así como adaptarnos a aquellos fenómenos que no tienen un período de retorno específico. Debemos usar la memoria social, la historia y reconocer en ella que nuestros antepasados aprendieron a convivir con la naturaleza respetándola, dándole el margen de seguridad que requiere para que no nos dañe en su proceso de evolución.

Este documento pretende ilustrar las causas de los desastres y una forma de entenderlos y modelarlos mediante el tejido social que hemos hilvanado durante siglos. El entendimiento de los fenómenos naturales junto con el tejido social nos permitirá buscar soluciones sociales y técnicas a los retos que nos impone la naturaleza cambiante de nuestro territorio.

El documento está concebido con la idea de propiciar en el lector un entendimiento conceptual de los desastres como productos de procesos sociales y naturales que se conjugan para generarlos. Se presenta una metodología para entender los riesgos y sus tres componentes: **las amenazas, las vulnerabilidades y la deficiencias en las medidas de preparación**. Cada componente se analiza en forma detallada para que el lector tenga una concepción más amplia entre dicho componente y el rol que juega en los desastres naturales.

El objetivo de los capítulos finales es ilustrar al lector el entretejido entre las amenazas naturales y algunas vulnerabilidades sociales para dimensionar el impacto de los desastres causados por los fenómenos naturales. Como resultado se obtendrá una panorámica que permitirá establecer estrategias para planificar un desarrollo más sostenible.

Mediante la cuantificación el riesgo se podrá hacer una planificación estratégica para reducirlo en su contexto nacional. La capacidad de dimensionar la magnitud del riesgo y su composición permitirá a las distintas autoridades e instituciones conformar equipos multidisciplinarios y recursos para reducir los riesgos a niveles aceptables. En la medida de lo posible se ha

## La Naturaleza de los Riesgos, Un Enfoque Conceptual

acompañado el texto con fotografías ilustrativas para fomentar un entendimiento más claro de los conceptos que enfoca la temática de riesgo.

Se ha incluido al final algunas notas sobre ejemplos de medidas para dimensionar y reducir los riesgos. Sin embargo, el tema de gestión para la reducción del riesgo es aun muy novedoso. A este respecto, este documento es un punto de partida en dicha temática, con el afán de propiciar una discusión conceptual y aplicada que ayude a concretar estrategias y metodologías para su implementación.

## CAPITULO II: CONCEPTOS GENERALES

Al estudiar la historia de las naciones centroamericanas descubrimos un enorme número de eventos o fenómenos naturales que ocasionan desde daños menores hasta enormes pérdidas materiales y vidas humanas a lo largo de los siglos. Por lo general los daños han abarcado desde pequeños barrios hasta regiones enteras o varios países simultáneamente.

Con la declaración del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales por parte de Naciones Unidas se inicia una investigación más sistemática en torno a los desastres naturales, que abarca temas como el estudio de los fenómenos naturales que causan los desastres; las condiciones socioeconómicas que hacen a las comunidades más o menos propensas a los desastres y las relaciones que existen entre los fenómenos naturales y dichas condiciones socioeconómicas. Bajo la sombrilla del Decenio han surgido grupos de investigadores en ciencias naturales y sociales dedicados a modelar los desastres, estos han definido lo que se conoce como **el ciclo de los desastres** y han generado una serie de modelos que permiten a las entidades e instituciones dedicadas a la protección o defensa civil visualizar y emprender proyectos y programas destinados a la reducción de los desastres naturales.

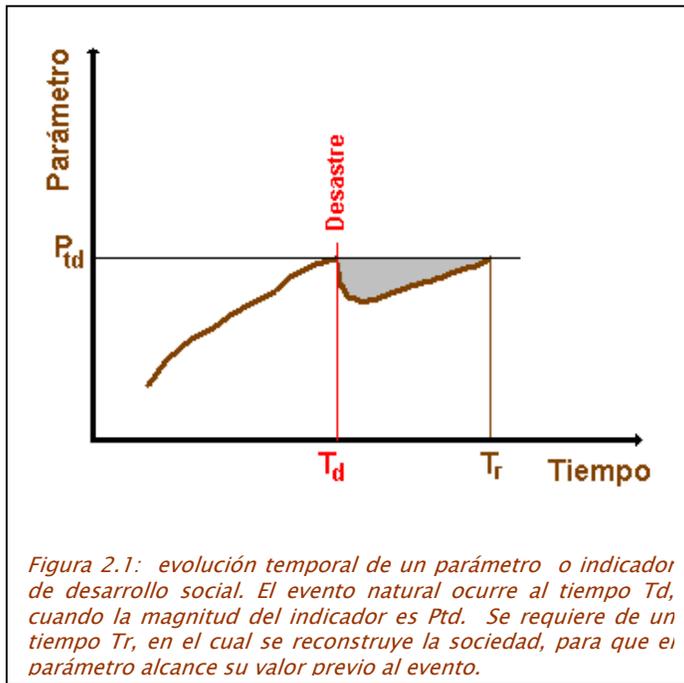
Entendemos como desastre natural [1] a la serie de daños y problemas de carácter económico, social y tecnológico provocados por un fenómeno natural de gran magnitud. De esta forma se asocia directamente al desastre con la sociedad y se hace una separación entre el fenómeno natural y la problemática generada por dicho fenómeno en el ámbito social.

La definición de los desastres así concebida permite enfocar los procesos de desarrollo por los cuales transitan las sociedades del mundo, que son afectadas por desastres tanto naturales, como antropogénicos. Una vez entendido el desastre de esta manera, se habla del riesgo como un proceso que antecede al desastre y se dice que una comunidad está en riesgo cuando se encuentra en una situación propensa a un desastre.

El impacto de un fenómeno se manifiesta en forma paralela en muchos aspectos de la sociedad: construcción, salud, infraestructura básica, líneas vitales, comercio, educación, comunicaciones, etc. La magnitud del impacto se debe evaluar tanto a nivel temporal, como en aspectos monetarios, económicos o sociales. Es necesario pues crear un marco de referencia que permita describir un fenómeno y sus impactos, que sirva a sociólogos, economistas, profesionales de salud, educación y gobierno para evaluar dichos impactos en forma sistemática.

Una forma simple para representar el desarrollo de una sociedad a lo largo de algún parámetro o indicador de desarrollo se logra utilizando una gráfica que represente el comportamiento de un indicador conforme pasa el tiempo. (Producto Interno Bruto, Población económicamente activa, índice de escolaridad, alfabetismo, etc.).

Consideremos el ejemplo hipotético de algún indicador de este tipo como se muestra en la figura 2.1. Como es de esperarse, la magnitud de estos indicadores aumenta gradualmente conforme evoluciona la sociedad.



Por lo general, el evento o fenómeno detiene o reduce el nivel de evolución temporal de dicho indicador. Analizando el comportamiento del indicador se notan dos aspectos relevantes:

1. Se requiere de un intervalo de tiempo  $T_r$ , para que la sociedad, a través de medidas correctivas, alcance el nivel de desarrollo equivalente al nivel que existía cuando se produjo el fenómeno natural en lo que respecta a este indicador.
2. Si se ha cuantificado en forma adecuada el indicador

de desarrollo, es posible determinar la brecha entre la magnitud del indicador a cualquier tiempo después del evento y su magnitud correspondiente previo al desastre,  $P_{td}$ .

El intervalo de tiempo requerido para que la sociedad retorne a sus niveles previos al evento en los distintos indicadores dependerá de la magnitud de dicho evento y de los recursos con los cuales cuenta dicha sociedad para ejecutar las actividades relacionadas con rehabilitación y reconstrucción. Como es de esperarse, el intervalo temporal de recuperación de los distintos indicadores variará de un a otro, dependiendo del impacto del evento en los distintos ámbitos sociales y económicos.

A continuación presentamos dos ejemplos hipotéticos para ilustrar en mejor forma esta idea:

### Ejemplo A

**Parámetro de Desarrollo:** tasa de vacunación infantil por mes o por día.

**Fenómeno Natural:** terremoto

El desastre en este caso se define como el conjunto de problemas ocasionados por el terremoto: destrucción de viviendas, hospitales, líneas vitales; ruptura abrupta de las actividades comerciales, financieras, etc.

El parámetro seleccionado indica el número de niños vacunados por día o por mes en una determinada región. Conforme pasa el tiempo hay mas niños, por lo cual se hace necesario mas campañas de vacunación (asumiendo que la población

aumenta, algo típico de América Latina). Es claro pues que este número aumenta año con año, dependiendo obviamente de factores como presupuesto, disponibilidad de vacunas y enfermeras, etc.

En la realidad la tasa no crece en forma lineal, sino que se dan variaciones asociadas con el interés mostrado por autoridades de salud en relación a campañas de vacunación infantil.

Cuando se presenta el terremoto, el ministerio o secretaría de salud se ve forzada a dirigir o reorientan esfuerzos para atenderlo . Ahora, en vez de vacunar contra polio a los niños, se vacuna a mucha población contra el tétano. Los esfuerzos para atender el desastre, tanto materiales, monetarios, como de personal calificado, se logran recortando programas establecidos pero no prioritarios.

Como se muestra en la figura 2.1, el impacto del evento o fenómeno se manifiesta de dos formas combinadas:

1. *La magnitud de la variación en el parámetro en cuestión.*
2. *El intervalo de tiempo requerido para restablecer el nivel del parámetro a su valor previo al evento.*

Solo tomando estos dos factores en forma integrada podemos tener una idea clara del impacto del evento en este parámetro.

### **Ejemplo B**

**Parámetro de Desarrollo:** Tasa de crecimiento de la red vial asfaltada.

**Fenómeno Natural:** Terremoto

En este caso el parámetro representa un promedio de kilómetros de carretera que son asfaltadas por año o por mes. De nuevo se espera que los gobiernos gradualmente asfalten caminos de terracería o construyan nuevas vías de acceso a ciudades y poblados.

Como en el caso anterior, el crecimiento en la tasa no es lineal en el tiempo, ya que los gobiernos pueden favorecer dicha tasa de acuerdo a los planes de desarrollo propuestos. Una administración particular podrá asfaltar muchas carreteras en un determinado período de tiempo.

Cuando se genera o produce el terremoto, es obvio que se tendrá que trasladar recursos del programa de desarrollo de la red vial para reparar aquellas carreteras que sufrieron daños durante el terremoto. Esto hará que se reduzca la magnitud del parámetro "tasa de crecimiento de la red vial asfaltada" mientras se procede a la rehabilitación y reconstrucción de la red vial existente.

El impacto del fenómeno o evento abarca dos ámbitos simultáneamente: el descenso o reducción en el indicador analizado y el período de tiempo requerido para que en el país se restablezca el nivel de desarrollo que existía antes del evento.

Como hemos visto, el impacto de un fenómeno natural se puede medir en magnitudes de parámetros y duraciones o intervalos de tiempo requeridos para restablecer los niveles de desarrollo pre-evento. Sin embargo, este tipo de análisis es sumamente complejo, ya que los indicadores dependen de muchos factores: económicos, sociales o culturales y de políticas nacionales e institucionales que modifican en forma similar el comportamiento frente a los desastres. En muchas ocasiones resulta difícil separar las contribuciones de los distintos factores a estos indicadores, sean estos de carácter político, social o económico, lo que impide un uso eficiente de esta metodología para cuantificar los impactos de los fenómenos naturales.

Cualquier sistematización para definir los impactos deberá iniciarse sobre la base de la definición adecuada de parámetros de desarrollo, que permita una cuantificación de dichos parámetros. Esto a su vez abrirá la posibilidad para evaluar la eficacia de los programas de reconstrucción y rehabilitación y determinar el impacto del evento.

Además, la sistematización deberá abarcar la selección y definición de los parámetros más relevantes para representar el impacto y su relación con el desarrollo de la comunidad, debido a que los fenómenos naturales tienden a afectar distintos aspectos en una sociedad. Por ejemplo, una sequía puede afectar drásticamente la agricultura, pero puede no tener ningún impacto en relación a procesos industriales como la producción de petróleo o productos de plástico, o la producción de materiales de construcción. Esto nos indica que los fenómenos naturales son selectivos en los parámetros de desarrollo que afectan.

Adicionalmente, un fenómeno natural abarca una extensión geográfica determinada: barrio, comunidad, departamento, región o país. Un deslizamiento puede afectar una o varias viviendas en una zona geográfica muy localizada, de tal forma que el impacto se concentra en las familias afectadas. Una inundación puede afectar a una o varias comunidades en un segmento de una cuenca y un terremoto puede destruir regiones o países. Similarmente un huracán puede afectar poblaciones, departamentos y hasta varios países. De ahí que sea necesario incorporar la cobertura geográfica del desastre para tener una idea sobre el impacto.

Dado que en muchos países de América Central ya existen instituciones nacionales de estadística que manejan indicadores de desarrollo, tales instituciones son las ideales para llevar a cabo este tipo de análisis dada su experiencia en el manejo de datos estadísticos relacionados con el desarrollo. Como resultado de esta labor se podrá establecer y verificar indicadores que muestren la evolución temporal del desarrollo ante los desastres naturales.

Para entender y modelar en mejor forma el impacto de los fenómenos naturales es necesario comprenderlos para así definir mas claramente en que forma afectan a las sociedades. Esto es el objetivo del siguiente capítulo.

## CAPITULO III: DESASTRES NATURALES MODELOS CONCEPTUALES

Los desastres naturales deben entenderse como el resultado asociado a fenómenos naturales que impactan sobre el entorno de una sociedad. Para visualizar esta idea en forma más clara consideremos el efecto de un mismo fenómeno natural en dos regiones distintas del mundo:

**TABLA III-1**

FENOMENO	SITIO	CLASE
<i>Sequía drástica</i>	<i>desierto del Sahara</i>	<b>A</b>
	<i>centro de los EEUU</i>	<b>B</b>
<i>Tormenta de nieve</i>	<i>polo norte</i>	<b>A</b>
	<i>México, D.F.</i>	<b>B</b>
<i>Actividad Volcánica</i>	<i>Islas Tokelan (Pacífico)</i>	<b>A</b>
	<i>Colombia (Nevado de Ruíz)</i>	<b>B</b>

Los sitios que se clasifican como tipo **A** no tienen mayores consecuencias cuando se presenta el fenómeno; casi sería lo típico de esperar en esos sitios. En los sitios **B**, en cambio, el impacto del fenómeno en el ámbito social puede ser inmenso.

Cuando hablamos de desastres naturales nos referimos a fenómenos naturales que afecta a muchas personas, ocasionando grandes y graves daños a las sociedades. De ahí que muchos científicos de las ciencias sociales definan un desastre como un producto que resulta de la combinación de fenómenos naturales y condiciones sociales críticas, cuyo impacto se presenta como la detención temporal de los procesos de desarrollo.

Tomando como base el instante en el cual se produce el evento natural que desencadena un desastre, se puede hablar de un **ANTES** del desastre, un **DURANTE** y un **DESPUES**. Por ejemplo, la ocurrencia de una erupción volcánica se puede considerar como un evento asociado al **DURANTE**. Los días, meses y años antes de la erupción se clasifican bajo el **ANTES** y los días y meses posteriores a la erupción se clasifican como el **DESPUES**.

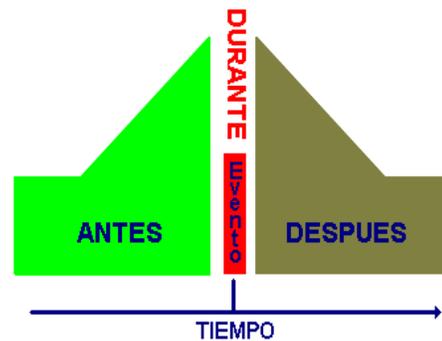


Figura 3.1: Esquema temporal de los desastres, abarcando el ANTES, el DURANTE y el DESPUES.

Durante varios años antes de la erupción, es posible que la explosión demográfica force a un segmento de la población a asentarse en las faldas del volcán. Esto genera una condición de vulnerabilidad en la medida en la cual cada vez hay más población asentada en las faldas. Además, en el **ANTES** es posible que el volcán se esté preparando, por así decirlo, para hacer erupción.

Estas dos condiciones descritas en los dos párrafos anteriores nos indican que la población asentada en las faldas de un volcán activo está en riesgo de ser impactada por una erupción. Con estas ideas en mente, varios autores hablan de riesgos naturales, siempre tomando en cuenta los fenómenos naturales y las condiciones sociales críticas. Una población, una región o un país se encuentran en riesgo cuando existe una combinación de los factores naturales y condiciones sociales que hacen a dicha sociedad propensa a un desastre. De esta manera se puede definir el riesgo así [2,5]:

## Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad

Acá, la amenaza se asocia al fenómeno natural: un terremoto, una inundación, una erupción, etc. La vulnerabilidad está asociada a los factores sociales críticos que propician un mayor impacto del fenómeno natural: viviendas mal construidas, pobreza extrema, deficiencia en las medidas de preparación, etc.

Bajo esta definición se debe concebir que una ciudad en riesgo es aquella que tiene la probabilidad de ser afectada o que es propensa a una amenaza natural y que su sociedad no cuenta con las medidas adecuadas para minimizar el impacto del fenómeno. Como ilustraciones de estos conceptos se presentan dos ejemplos:

### Ejemplo A

**Sitio:** San Salvador, capital de El Salvador

**Amenaza:** Erupción causada por el Volcán San Salvador, El Salvador.

**Vulnerabilidad:** Ciudad y su entorno social construidos en las faldas del volcán.



### Ejemplo B

**Sitio:** Puerto de Corinto, Nicaragua

**Amenaza:** Tsumanis – maremotos

**Vulnerabilidad:** Viviendas construidas a la orilla del mar, a tan solo 1 metro sobre el nivel del mar.



Tanto San Salvador, como en Corinto y en muchas ciudades del mundo se encuentran en riesgo debido a la combinación de una amenaza y un conjunto de vulnerabilidades. Para reducir el riesgo en el cual se encuentran dichas ciudades se debe reducir la amenaza, las vulnerabilidades, o ambas. Por lo general es muy difícil o costoso reducir la amenaza. En este caso se habla de medidas de prevención. Por ejemplo, es aun imposible evitar que suceda un terremoto o un huracán. De ahí que se deban establecer normas de construcción y esquemas de ordenamiento territorial para minimizar los impactos de los terremotos o huracanes en viviendas y edificios. Sin embargo, en algunos casos como los de inundación se pueden construir bordas o presas que controlen los flujos de los ríos y así reducir las inundaciones causadas por desbordamientos.

En contraste, la vulnerabilidad puede ser reducida implementando o adoptando distintos tipos de medidas.

Por ejemplo, en el caso de terremotos las viviendas de adobe con techo de teja son especialmente vulnerables. De ahí que sustituir el techo de teja por uno de lámina sea una medida inicial para reducir la vulnerabilidad. Además, sustituir paredes de adobe por paredes de block con columnas y vigas de concreto reduce aun más la vulnerabilidad de las viviendas.



Foto # 3.1: Viviendas de adobe con techo de teja, típicas en Centro América.

En el caso de inundaciones, subir el piso por encima de los niveles máximos de inundación basados en registros históricos es una medida de mitigación. La inundación puede darse, pero si el piso de las viviendas es elevado, el impacto será mínimo.

Recientemente, algunos autores [2,6,7] han modificado la definición de riesgo incorporando actividades o medidas destinadas a reducir los impactos a través de alertas o preparativos comunitarios ante una posible amenaza o evento. En este caso se ha definido el riesgo como sigue:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidades en Preparación}}$$

En esta definición las actividades de preparación enfocan el conjunto de medidas que se toman antes de un fenómeno natural, las que tienen como objetivo reducir los daños o pérdidas humanas ocasionadas durante el evento. Por ejemplo, el uso de escaleras de emergencia y el uso de rutas de evacuación previamente identificadas puede contribuir a reducir pérdidas de vidas humanas durante un terremoto. Los sistemas de alerta temprana son otro ejemplo claro de medidas de este tipo, cuyo objetivo es el de alertar a los miembros de las comunidades, sobre el inminente evento que se dará en pocos minutos u horas. Por lo general, las entidades

nacionales de defensa o protección civil de un país son las encargadas de implementar este tipo de medidas para preparar en mejor forma a la sociedad en caso de un desastre natural.

En contraste a las dos definiciones anteriores, científicos de la Unión Europea manejan el concepto de riesgo en base a tres componentes: *Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad*. Bajo este modelo, el riesgo se puede visualizar como el área comprendida dentro de un triángulo, como lo indica la siguiente figura:



Figura # 3.2: triángulo del riesgo según el marco conceptual de la Unión Europea. El riesgo se define como el área del triángulo. Para reducir el riesgo se deben reducir la amenaza, la exposición y/o la vulnerabilidad.

En este caso la amenaza y la exposición están relacionadas al fenómeno natural. La amenaza representa el fenómeno natural en sí y la exposición refleja la posición geográfica de una infraestructura o de la gente en relación a la amenaza.

Por ejemplo, en el caso de terremotos la amenaza la representa un potencial sismo de intensidad 6.5 en la escala Richter para alguna falla en particular, mientras que la exposición representa la posición geográfica de una vivienda en relación a dicha falla. En este marco conceptual la expresión para riesgo se presenta de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Exposición} \times \text{Vulnerabilidad}$$

El riesgo se reduce por medio de la reducción en cualquiera de sus tres componentes.

Otros expertos latinoamericanos han incorporado dentro de la vulnerabilidad factores sociales tales como índices de producto interno bruto, nivel de hacinamiento, índices de necesidades insatisfechas y otros. En todo caso, la vulnerabilidad refleja un gran número de factores que hacen propensa a la sociedad a sufrir graves daños durante un desastre natural.

Reconociendo que el riesgo enfoca aspectos relacionados con deficiencias o aspectos negativos, el autor ha propuesto la siguiente definición de riesgo:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Deficiencias en Preparación}$$

En este contexto, la amenaza representa la posibilidad de que se presente un fenómeno natural de una probable magnitud o intensidad y que abarque un zona geográfica delimitada. La vulnerabilidad representa la propensión de las estructuras sociales<sup>1</sup> a ser afectadas por el fenómeno natural y las deficiencias en preparación se asocian específicamente a las deficiencias

<sup>1</sup> En este caso, se enmarca dentro del término “estructuras sociales” a la población, edificaciones, instancias, espacios de acción, organizaciones, estructuras, y en general todo el entorno que se crea alrededor de una sociedad.

existentes con respecto a las medidas y actividades que se deben realizar durante el fenómeno para reducir la pérdida de vidas humanas y de propiedad en este intervalo de tiempo. Esta separación se hace para resaltar las diferencias entre las medidas a ejecutar para estar mejor preparados para afrontar los desastres asociados a las vulnerabilidades existentes en la infraestructura social. Como ejemplos de estas deficiencias en preparación se pueden mencionar la ausencia de planes de emergencia, la inoperatividad de sistemas de alerta temprana, la falta de una organización comunitaria para el manejo de desastres, así como las deficiencias que muestren las entidades nacionales de atención a emergencias y desastres.

## **EL IMPACTO DE LOS EVENTOS NATURALES: EMERGENCIAS Y DESASTRES**

En el entorno de los desastres naturales y de las instituciones encargadas de manejarlos se han definido dos conceptos en torno a la magnitud de los daños que se presentan en las comunidades como resultados de los fenómenos naturales y la capacidad que se tenga a nivel de dichas comunidades para encararlos.

Se define que un evento natural provoca una **emergencia** cuando los daños provocados son de una envergadura tal que pueden ser manejados por una comunidad o un país, sin recurrir a asistencia externa. En contraste, se define un **desastre** como un evento que ha generado daños de tal magnitud que no es posible para una comunidad afrontarlos sin asistencia externa, en otras palabras, la severidad de los daños sobrepasa las capacidades de las comunidades o de un país para afrontarlos y resolverlos.

Para ilustrar estos conceptos en mejor forma se presentan dos ejemplos. Consideremos una pequeña inundación, que afecta a 5 viviendas en una comunidad urbana. Como es de esperarse, cualquier comunidad urbana cuenta con los recursos para atender esta **emergencia**, ya sea abriendo un salón comunal como refugio temporal y brindando a los afectados asistencia social para reparar los daños. En este caso, los recursos locales son suficientes para resolver los problemas provocados por la inundación, por lo cual no se hace necesario solicitar asistencia externa para resolverlos.

En contraste, un terremoto como el de Guatemala en 1,976 que provocó más de 23,000 fatalidades y el colapso de pueblos enteros, se considera como un **desastre**, en la medida en la cual las autoridades de todos los niveles no contaban con los recursos suficientes para solventar todos los problemas que se presentaron, por lo cual se hizo un llamado a la comunidad internacional para brindar ayuda humanitaria.

Con estas definiciones en mente se hace necesario profundizar en los conceptos de riesgo, amenazas y vulnerabilidades para entender como se combinan para conformar el riesgo existente y como se diferencian el uno del otro. En los siguientes capítulos se procede a explorar en forma detallada estos conceptos.

## EL CONCEPTO DE RIESGO Y SUS COMPLEJIDADES

Cuando se trabaja en el tema de reducción de desastres es obvio que se debe reducir el riesgo y de debe mejorar la capacidad de respuesta. Sin embargo, aunque las definiciones de riesgo son simples conceptualmente, su aplicación o su uso no lo son, ya que falta una sistematización adecuada para trabajar los conceptos de amenaza y vulnerabilidad. Para ilustrar mejor este concepto consideremos el caso de una comunidad que está en riesgo debido a inundaciones y terremotos simultáneamente.

En el caso de inundaciones la amenaza puede ser generada por huracanes o lluvias. La vulnerabilidad se centra en los barrios que son más susceptibles a inundación. La preparación implica el monitoreo de condiciones atmosféricas y la implementación de albergues **dentro** de edificios públicos o privados que no se inunden.

En contraste, en el caso de terremotos es probable que toda la comunidad sea vulnerable a los efectos de esta amenaza. Las actividades de preparación se concentran en la generación de planes de emergencia, simulacros para evacuación pronta de edificios o escuelas, y en cambio los albergues preferidos están en planicies, **fuera** de edificios públicos.

¿Cómo se reduce el riesgo si hay dos tipos de amenazas, vulnerabilidades y medidas de preparación tan distintas la una de la otra? La respuesta obvia es que se deben reducir ambos riesgos. Sin embargo, ¿por cual se empieza? Acá, la definición es muy vaga y no permite jerarquizar los riesgos.

Por otra parte queda el concepto de vulnerabilidad, que también carece de una definición que permita hacerlo más útil. Para ilustrar este punto en mejor forma, consideremos una ciudad capital, como Guatemala. Aunque no es directamente vulnerable a inundaciones, es vulnerable a quedarse incomunicada como resultado de fuertes lluvias que bloquean las rutas de acceso, tanto desde el Atlántico, como desde el Pacífico. Durante el huracán Mitch el combustible escaseó en la ciudad porque las carreteras hacia las refinerías quedaron temporalmente inhabilitadas por múltiples derrumbes.

Las preguntas que deben plantearse y resolverse en este caso son: ¿Cuán vulnerable es la ciudad? ¿Cómo comparar esta vulnerabilidad con otros tipos de vulnerabilidades asociadas a inundaciones?

Como se observa, la aplicación de los conceptos de riesgo, amenaza y vulnerabilidad es limitada, ya que hace falta una sistematización de los mismos. El objetivo de la sistematización será brindar a las entidades encargadas de protección civil una metodología que les permita evaluar y comparar riesgos de distintos tipos y jerarquizar las acciones o medidas a implementar en forma gradual. En forma similar, la sistematización de la vulnerabilidad permitirá a las autoridades modelar en forma integral este concepto, dimensionar el tipo y la magnitud de las distintas vulnerabilidades y definir estrategias para reducirlas.

Dado que los riesgos se basan en amenazas, es obvio que una clasificación de riesgos debe basarse en estas; a continuación se presenta un primer modelo de sistematización.

## CAPITULO IV: AMENAZAS, LA CONTRAPARTE NATURAL

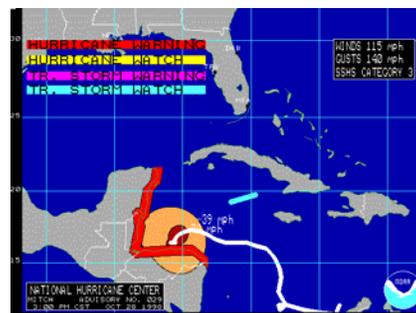
Cuando analizamos las lluvias de Centro América nos damos cuenta que la región experimenta dos estaciones: una seca y una lluviosa. Por lo general, la época seca empieza en noviembre y termina en abril. La época lluviosa se inicia en mayo y termina en octubre, Sabemos que todos los años se dan estas estaciones. Podemos afirmar que conocemos bastante bien el patrón y el período de retorno de esta amenaza llamada lluvia.

En cambio, cuando hablamos de huracanes, la amenaza no la conocemos tan bien. Sabemos que en el Caribe se generan de 12 a 14 huracanes en promedio cada año, desde junio hasta octubre. Sin embargo no sabemos con certeza cuantos azotarán a Nicaragua u Honduras en un año, una década o un siglo!

Una conclusión de los párrafos anteriores es que algunas amenazas tienen un período de retorno conocido, años, décadas, siglos. Por el contrario, otras amenazas no tienen períodos de retorno establecidos. Las lluvias de la época lluviosa tienen un período de retorno anual. En cambio, las erupciones volcánicas pueden ser frecuentes, pero no se les puede asignar un período de retorno específico.

El concepto de período de retorno asociado a un fenómeno natural es de suma utilidad porque las entidades de protección civil pueden utilizarlo para prepararse en mejor forma para afrontar dicha amenaza. Las inundaciones son un caso ejemplar dado que se presentan en forma anual. La presencia de un período de retorno permite a las autoridades y al personal de protección civil iniciar actividades para reducir el impacto de la inundación, en particular la pérdida de vidas humanas.

Mapa V-1: trayectoria errática del huracán Mitch en 1,998. Como huracán, no nació en África, sino en el Caribe. Posteriormente se trasladó de la costa de Honduras a las costas de El Salvador, viajó por el litoral pacífico de El Salvador, Guatemala y México, atravesó el estrecho de Tehuantepec en ruta hacia el golfo de México.

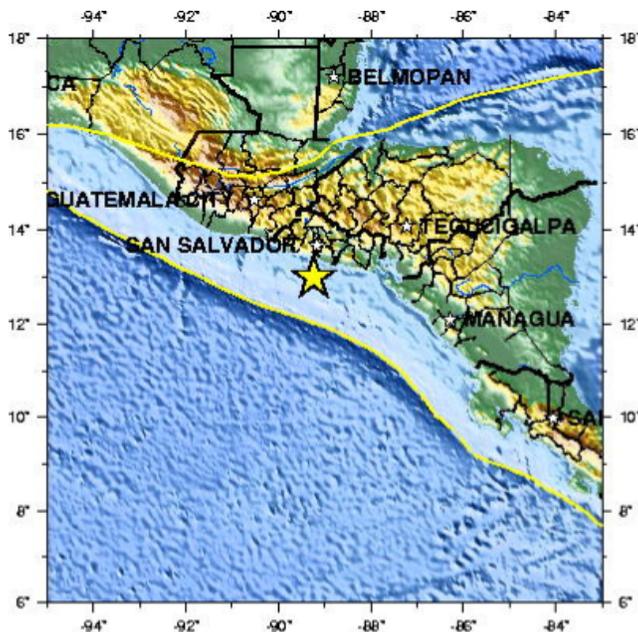


Los huracanes en el Caribe tienen un período de retorno anual. Las trayectorias que siguen los huracanes están regidas por la rotación de la tierra y los sistemas de vientos, los sistemas de altas y bajas presiones presentes en sus trayectorias y otros factores como los frentes fríos. Sin embargo, en la actualidad no contamos con modelos meteorológicos que nos permitan predecir

con certeza su trayectoria antes de su ingreso al caribe desde el Atlántico. La trayectoria tan desviada y rara del huracán Mitch es una muestra de lo complejo que son estos sistemas, que los hacen caóticos e impredecibles para Centro América, pese a que se dan todos los años. La figura 5.1 muestra un bosquejo de un segmento de la trayectoria de dicho huracán.

En el caso de terremotos la situación es igualmente compleja. Guatemala ha sido devastada por fuertes terremotos en 1,773, 1,917-18 y 1,976. Podemos decir que casi cada medio siglo hay un enorme terremoto de Guatemala, con magnitud arriba de 7.5 en la escala Richter. En forma similar, El Salvador experimentó dos terremotos devastadores en un período de 15 años, en 1986 y muy recientemente en el 2,001. Sin embargo, la sismología es incapaz por ahora de asegurar que temblará en el año 2020. En el caso de los terremotos se ha avanzado mucho: se conocen las fallas activas y se cuenta con un registro temporal de datos. Pero, como sucede con los huracanes, los sistemas son tan complejos que no podemos pronosticar si habrá uno en esta década o no que se parezca al de 1,976 de Guatemala. El caso de El Salvador es ilustrativo en este sentido, ya que nadie se esperaba los terremotos del 2,001 en El Salvador tan poco tiempo después del terremoto de 1986.

Ante esta incertidumbre se ha acudido a la estadística para tratar de modelar estos complejos sistemas dinámicos. En la actualidad se hacen modelos estadísticos que relacionan el período de retorno de eventos y sus distintas magnitudes. Usando como fuente las magnitudes y periodos de retornos de distintos eventos históricos, se usan funciones estadísticas de distribución exponenciales para calcular períodos de retorno de eventos similares a los eventos de mayor magnitud.



Mapa V-2: Placas tectónicas presentes en América Central. La Placa de Norteamérica se encuentra al norte de Honduras y Guatemala. La placa de Cocos abarca prácticamente todo el territorio al sur de América Central y parte de México, mar adentro. La placa del Caribe abarca un segmento de México, Guatemala, y todo el resto de Centro América. Las líneas amarillas marcan las intersecciones entre dichas placas. Finalmente, la estrella roja marca el epicentro del reciente terremoto del 13 de enero de El Salvador.

Los terremotos y los huracanes nos permiten hacer las siguientes reflexiones: como fenómenos de la naturaleza, estos eventos son de una magnitud tan enorme, que nos es imposible controlarlos y, por lo tanto, evitar que se manifiesten. De ahí que por ahora tratemos de encontrar

señales que nos indiquen los parámetros necesarios para responder: *¿cuándo se manifestará el evento y cual será su magnitud? o sea pronosticar los eventos!*

En este contexto definimos que un pronostico para un evento debe contemplar la ubicación geográfica del evento con un cierto margen de error a ser definido mediante el modelo utilizado y la ubicación temporal con un cierto intervalo de tiempo, también definido en base al modelo. Un ejemplo de pronostico será:

<i>Fenómeno:</i>	<b>Terremoto</b>
<i>Epicentro probable:</i>	<i>falla del Motagua, con un epicentro probable situado en un radio de 50 kilómetros alrededor de la ciudad Los Amates.</i>
<i>Intensidad probable:</i>	<i>7.5 mas o menos 0.5 escala de Richter;</i>
<i>Período temporal:</i>	<i>entre octubre 2020 y enero 2021.</i>

Para el caso de huracanes debemos definir su trayectoria en forma similar con cierto margen de error en ubicación geográfica y tiempo de arribo para sitios particulares. Una vez definida la ubicación geográfica espacial y temporal de la amenaza con sus márgenes de error se procede a hacer mapas de iso-intensidades. Para el caso de terremotos, se presentaría de la siguiente manera:



Mapa V-3: Mapa hipotético de iso-intensidades para un terremoto en la falla del Motagua en Guatemala, con epicentro en Los Amates. El epicentro se indica con un punto rojo. La zona verde incluye zonas donde se esperan intensidades por encima de grado VII y la zona azul representa a la zona para la cual se pueden esperar intensidades por encima de grado V.

Con esta información y otras sobre aceleraciones del suelo, así como estudios de respuesta de sitio, se puede proceder a crear códigos de construcción y mapas de zonificación urbana y rural, que sirven para ordenar territorialmente el desarrollo urbano y rural de las comunidades, tomando en cuenta la naturaleza de la amenaza.

Para el caso de inundaciones causadas por desbordamientos de ríos se puede seguir un procedimiento similar. Con información sobre la magnitud de la lluvia en la cuenca se puede estimar que regiones se inundarán en las planicies río abajo.

Foto # 5.1: Texcuaco, en el Departamento de Escuintla, Guatemala, una población que se inunda año con año. Las gradas en la ceiba indican los niveles de inundación.



Esta información servirá para la generación de mapas de zonificación que servirán para orientar a los pobladores sobre el uso potencial de suelos para viviendas y cultivos y para representar las posibles zonas inundables.

Para entender mejor la amenaza consideremos el caso de una población construida a la orilla de un río. Conforme aumentan las lluvias, el nivel del río aumenta gradualmente en relación a la cantidad de precipitación acumulada en la cuenca alta del río.

Al aumentar el nivel del río las viviendas y calles que se encuentran en el nivel más bajo con respecto al río empiezan a inundarse. Este primer conjunto de viviendas y calles se encuentran en un alto nivel de amenaza. Si la inundación aumenta, un segundo grupo de casas y calles será inundado conforme se desbordan las aguas del río.

Figura 5.2: Un pueblo a la orilla de un río puede ser inundado durante los desbordamientos. El segmento amarillo representa el área que se inunda inicialmente. El área naranja representa el siguiente área a inundarse.



Así sucesivamente, más y más casas serán inundadas conforme aumente el nivel del río durante su desbordamiento. En la figura 5.2 el área amarilla representa el área de mayor amenaza, debido a que es fácil que el río llegue a ese nivel durante un desbordamiento. El área naranja representa un área de menor amenaza, dado que está a mayor altura con respecto al nivel del río y por lo tanto, es más remoto que se inunde. En esta forma se puede crear un mapa de la amenaza que representa la amenaza inundación por desbordamiento. Simplemente se hace un levantamiento topográfico de nivel de calles y puntos de interés con respecto al río y se definen niveles de amenaza en relación a la altura vertical con respecto al río.

En la fotografía 5.1 se observa como las viviendas del lado izquierdo se encuentran en una zona de amenaza. Las viviendas están construidas en una zona de baja altura con respecto al río. El edificio a la derecha es la iglesia y se usa como refugio durante inundaciones dado que cuando se construyó, se elevó el nivel del piso artificialmente. Con este procedimiento se redujo la vulnerabilidad de la iglesia.

Una vez caracterizada en forma adecuada la amenaza mediante estudios de su comportamiento (intensidades, períodos de retorno, cobertura geográfica), se procede a la creación de mapas de amenaza, en los cuales se representa la amenaza en forma de polígonos de iso-intensidad. Esto permite a las autoridades y al personal de las entidades de defensa o protección civil determinar los impactos de los desastres. En forma similar permite a las autoridades municipales generar esquemas de uso territorial y uso de suelos en base a las amenazas presentes.

Aunque la generación de mapas de amenaza ha sido una tarea compleja, el uso de cartografía digital ha facilitado la tarea de representar las amenazas y sus intensidades sobre la cartografía ya existente.

## CAPITULO V: VULNERABILIDADES, UNA CONTRAPARTE SOCIAL

Durante los catastróficos terremotos de Guatemala en 1,976 y El Salvador en el 2,001, cientos de miles de viviendas de adobe con techo de teja fueron destruidas. La construcción de casas de adobe ha sido una técnica tradicional que hace uso de materiales disponibles localmente, requiere de muy poca técnica y se puede llevar a cabo en cualquier sitio.

El adobe es un excelente material de construcción si sólo se le somete a compresión. Sin embargo, por su naturaleza, el adobe no resiste vibraciones de ningún tipo, dada su pobre adherencia.



Foto # 6.1: Un grupo de viviendas de adobe con techo de teja en Nicaragua.

En adición a la tradición del uso de adobe, los pueblos de América Central se han caracterizado por utilizar los techos de teja. Estos techos de color rojizo, manufacturados a base de barro cocido, han embellecido poblaciones a lo largo de todo el territorio. Sin embargo su peso es una gran desventaja. Tomando en cuenta que una teja tiene un peso de 20 a 30 libras en seco y hasta 40 libras cuando está saturada de humedad en la época lluviosa, un techo de teja es un peligro si la estructura de madera que la soporta está ya podrida o se encuentra en mal estado.

Durante el terremoto de Guatemala de 1,976 ocurrido a las 3:03 am, más de 23,000 habitantes perdieron la vida en un instante al consolidarse el adobe y la teja como verdugos de una población que dormía. En contraste al caso de Guatemala, el reciente terremoto de El Salvador del año 2,001 provocó escasas fatalidades, dado que se presentó a las 11:13 am, cuando la mayoría de la población se encontraba fuera de sus viviendas, en actividades rutinarias de un día sábado. Se ha determinado que cerca de 170,000 viviendas fueron prácticamente destruidas en este terremoto de El Salvador.

Tomando como base la experiencia del adobe, la población guatemalteca en la zona de la falla del Motagua reconstruyó viviendas y edificios usando técnicas modernas de vigas y columnas de concreto reforzadas con varillas de hierro. Sin embargo, en las poblaciones de la costa sur del país donde el terremoto de 1,976 tuvo poco impacto, aun subsisten cientos de miles

de viviendas de adobe con techo de teja, esperando correr la misma suerte de las viviendas de la región costera de El Salvador.

Sistematizando estos párrafos se concluye que las viviendas de adobe con techo de teja son propensas a ser destruidas durante un terremoto, por eso decimos que las viviendas son **vulnerables**.

Pero cuando analizamos que es lo vulnerable además de la vivienda en sí, vemos que lo es también la funcionalidad de la vivienda. Cuando una casa de adobe se derrumba, la familia queda sin hogar: sin un lugar donde dormir, descansar, comer, cocinar y socializar.

Consideremos ahora un ejemplo hipotético de un almacén instalado en una zona propensa a inundaciones, donde se venden productos alimenticios. Si el almacén se inunda totalmente, el dueño no puede llevar a cabo la actividad de vender productos. Así pues, además de la vulnerabilidad estructural de la construcción, existe una vulnerabilidad funcional u operacional y en este caso una económica o financiera.

Estos dos ejemplos nos indican que existen varios tipos de vulnerabilidades, tales como:

- ***Vulnerabilidad Estructural***
- ***Vulnerabilidad Funcional u operativa***
- ***Vulnerabilidad económica o de ingresos económicos***
- ***Vulnerabilidad Laboral***
- ***Vulnerabilidad Social***
- ***Vulnerabilidad Cultural***
- ***Vulnerabilidad Psicológica***

## **VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL:**

La vulnerabilidad estructural refleja lo propensa que está una construcción a ser dañada por un fenómeno natural tal como un terremoto, una inundación o un huracán. Bajo esta vulnerabilidad se incluyen todos los elementos de la construcción que son propensos: paredes, techos, puertas, ventanas, accesos y pisos.

Como es de esperarse, la vulnerabilidad estructural está relacionada con el tipo de amenaza o fenómeno natural en cuestión. Para ilustrar este punto consideremos una vivienda construida con normas modernas de ingeniería: paredes de block con columnas y vigas de concreto. Consideremos además que el techo es de lámina y que la lámina yace sobre una estructura de madera construida adecuadamente. Una vivienda de este tipo no es muy vulnerable a los sismos y terremotos dada su estructura. Sin embargo, si la vivienda está construida en las faldas de un volcán activo, puede suceder que una fuerte erupción provoque la caída de materiales piroclásticos y ceniza que se acumule y posteriormente colapse el techo.