



SIGNIFICADO PROBABILISTICO DE LOS CALIFICATIVOS BAJO, MEDIO Y ALTO DE PELIGRO, RIESGO, VULNERABILIDAD Y POSIBILIDAD DE DESASTRE

Leonidas Ocola*

Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Facultad de Ciencias Físicas – Unidad de Post Grado, e Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

Resumen

El manejo de riesgos y posibles desastres se facilita cuando la comunicación entre los diferentes elementos involucrados es fluida. Para alcanzar este objetivo, se requiere que la terminología técnica se mantenga actualizada y se cuente con procedimientos que permitan calificar cualitativa y/o cuantitativamente la peligrosidad de los fenómenos naturales y su impacto en la sociedad y el medio ambiente. El documento revisa las definiciones actualizadas de los principales factores que intervienen en la administración de desastres y riesgos potenciales, y propone un procedimiento sistemático de interpretación cuantitativa de términos comunes que califican en primera instancia los grados de peligrosidad de los fenómenos, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, la probabilidad de riesgo, y la posibilidad de desastre. Asimismo, se propone un procedimiento para calcular índices de riesgo y posibles desastres causados por diferentes fenómenos naturales peligrosos, para apoyar la planificación de un desarrollo sostenible de la sociedad.

PACS: 89.60.Gg; 89.60.Ec

Palabras Claves: Peligro, vulnerabilidad, riesgo, desastre, desastre posible, índice de riesgo, fenómeno natural

Abstract

Risk and disaster risk management is expeditious when there is a fluent communication among the involved groups. To attain this goal, updated technical terminology and proper procedures to qualify and/or quantify natural-phenomena dangerousness levels and their impact on society and the environment are required. This paper reviews updated definitions of the principal factors of disaster management and potential risks assessment, and proposes a systematic procedure to quantify qualitative terms commonly used to first-hand description of the natural hazard levels, the exposed elements vulnerability, the risk probability, and the possibility of disaster (disaster risk). Also, a procedure is proposed to compute risk and disaster risk indexes for multiple hazardous phenomena, in order to corroborate the societal sustainable development planning.

Keywords: Hazard, vulnerability, risk, disaster, disaster risk, risk index, natural phenomena.

1. Introducción

En el manejo de desastres, surgen repetidamente los calificativos “bajo”, “medio”, “alto” para describir la gravedad o a probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso. Así, por ejemplo, se encuentra expresiones como: bajo nivel de peligro sísmico, alto nivel de riesgo, alta vulnerabilidad, etc., cuyo significado es difícil de interpretar cuantitativamente.

Por otro lado, el “Decenio de la Reducción de Desastres Naturales” de las Naciones Unidas, y del decenio sucesor la “Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres” (ISDR) han hecho grandes esfuerzos en definir y difundir una terminología actualizada, a fin de proseguir con la protección de la sociedad de los peligros naturales y/o de los procesos causantes de los desastres. La protección involucra toma de conciencia, evaluación y manejo de los

* Corresponding author. e-mails: locolaa@unmsm.edu.pe, and geo_gps@geo.igp.gob.pe
Phone: 051-1-4370244

principales factores que conducen a los desastres en función del tiempo (t) y del lugar (X).

La terminología de Naciones Unidas está dada en términos de probabilidades. Valores calculables cuando se tiene la información apropiada. Sin embargo, en la descripción usual de los desastres y sus factores predomina la estimación cualitativa de los niveles o grados de severidad probabilística. Es común encontrar calificativos como: Alto peligro sísmico, bajo nivel de riesgo, alto grado de vulnerabilidad, sin explícitamente, indicar o estimar cual es el nivel de probabilidad de ocurrencia.

Es importante reconocer que la peligrosidad de los fenómenos naturales no es estacionaria en el tiempo ni constante en el espacio. Esta condición implica que se debe vigilar permanentemente los fenómenos naturales, establecer su peligrosidad y su evolución espacial y temporal. Por otro lado, si se desea prevenir o mitigar posibles desastres futuros, es indispensable vigilar la evolución de las vulnerabilidades de la sociedad y la infraestructura vital, social, económica, etc., ante los peligros naturales, e incrementar la capacidad y resiliencia de la sociedad al impacto de los fenómenos peligrosos.

En el presente documento, se propone un procedimiento sistemático para calificar los factores principales involucrados en la evaluación de la "posibilidad de desastres" $D(x, t)$ causados por fenómenos naturales, y establecer rangos de probabilidades de significancia. Previamente, se cuantifican los factores principales de desastres: Peligro $P(x, t)$, vulnerabilidad $V(x, t)$, riesgo $R(x, t)$, capacidad $C(x, t)$.

2. Niveles y rangos de la potencialidad de los peligros

Según la ISDR (2004)², peligro es un evento o actividad humana o fenómeno físico potencialmente dañino, que puede causar pérdida de vida o heridos, daño a la propiedad, alterar el normal curso social y económico o degradar el medio ambiente. Los peligros pueden ser simples, secuenciales o combinados en sus orígenes y efectos.

Un peligro $P(x, t)$ se caracteriza por su localización $X(x)$ (un sitio determinado), intensidad o severidad $I(x, t)$, frecuencia de recurrencia $T(I(x, t))$, y probabilidad de ocurrencia ($Pr(I(x, t))$). La relación funcional entre los factores mencionados puede representarse según la relación:

$$P(x, t) = P[X(x), I(x, t), T(I(x, t)), Pr(I(x, t))]$$

Donde: x representa las coordenadas del sitio X , t es el tiempo de exposición.

El factor $Pr(I(x, t))$ expresa la potencialidad de ocurrencia de un fenómeno de severidad o intensidad

del grado $I(x, t)$ en la localidad X cuya posición es x , con una frecuencia de recurrencia $T(I(x, t))$, en un tiempo de exposición t . La probabilidad de ocurrencia $Pr(I(x, t))$ del fenómeno toma valores continuos de 0 a 1,0 o de 0-100 %. Estos valores se pueden agrupar en los siguientes niveles: Nulo: Probabilidad de ocurrencia "0", Leve: Probabilidad de ocurrencia 0-5 %, Bajo: 5-25 %, Medio: 25-60 %, Alto: 60-100 %. A cada uno de estos niveles se le puede asignar los Grados: 0, 1, 2, 3, y 4, respectivamente, Tabla 1.

Tabla 1. Niveles y grados de peligro potencial.

Nivel	Probabilidad		Grado
	Rango		
Nulo	00	00	0
Leve	0 % < Pr ≤ 5 %		1
Bajo	5 % < Pr ≤ 25 %		2
Medio	25 % < Pr ≤ 60 %		3
Alto	60 % < Pr ≤ 100 %		4

3. Niveles y Grados de Vulnerabilidad para un Peligro Determinado.

El ISDR (2004)² define la vulnerabilidad $V(x, t)$ como la condición determinada por los factores o procesos físicos $F(x, t)$, sociales $S(x, t)$, económicos $E(x, t)$, y ambientales $M(x, t)$, que incrementan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de los peligros de severidad o intensidad $I(x, t)$. Los factores social y económico son elementos del factor capacidad $C(x, t)$ o resiliencia de la sociedad expuesta, como se verá líneas abajo. El grado de susceptibilidad, por ende la vulnerabilidad $V(x, t)$, se puede expresar en términos probabilísticas para caracterizar la facilidad con que puede sufrir daño un elemento impactado por un peligro determinado $P(I(x, t))$, en el tiempo t , según la relación funcional:

$$V(x, t) = V[X(x), F(x, t), P(I(x, t)), C(x, t), M(x, t)]$$

{ // //: bajo la condición }

Observar que el nivel de vulnerabilidad está condicionado a la intensidad o severidad del peligro potencial, a la capacidad de la sociedad y al medio ambiente en que se desarrolla la comunidad considerada. La vulnerabilidad de un elemento expuesto al impacto de un peligro será diferente para diferentes severidades o intensidades del peligro potencial, aún cuando las capacidades y el ambiente sean los mismos.

Las probabilidades de la condición de sufrir daño de un elemento expuesto a una severidad de peligro dado $P(I(x, t))$, pueden tomar valores continuos de 0

a 1,0 o de 0-100 %, los que pueden agruparse en los siguientes niveles: Nula: Probabilidad 0, Leve: Probabilidad 0-5 %, Baja: Probabilidad 5-25 %, Media: Probabilidad 25-60 %, Alta: Probabilidad 60-100 %. Se puede asignar, para cada uno de los Niveles, los siguientes Grados: 0, 1, 2, 3, y 4, respectivamente, Tabla 2.

Tabla 2. Niveles y grados de vulnerabilidad potencial.

Nivel	Probabilidad		Grado
	Rango		
Nula	00	00	0
Leve	0 % < Pr ≤ 5 %		1
Baja	5 % < Pr ≤ 25 %		2
Media	25 % < Pr ≤ 60 %		3
Alta	60 % < Pr ≤ 100 %		4

4. Niveles y Grados de Riesgo al Impacto de un Peligro Determinado: Probabilidades

La ISDR (2004)² define riesgo $R(x, t)$ como la probabilidad de consecuencias dañinas, o pérdidas esperadas (muertes, heridos, propiedad, subsistencias, actividad económica alterada o medio ambiente dañado) resultante de las interacciones entre los peligros $P(I(x, t))$ naturales o inducidos-por-las-personas y las condiciones vulnerables. Implica la evaluación de la severidad del peligro $I(x, t)$ y su probabilidad de ocurrencia $Pr(I(x, t))$, y la estimación de la vulnerabilidad $V(x, t)$ de los elementos expuestos ante dicho peligro, en una localidad dada y en un período de tiempo determinado.

Matemáticamente, el riesgo se expresa por el producto del peligro por la vulnerabilidad del elemento expuesto ante el peligro dado, es decir:

$$Riesgo(x, t) = Peligro(x, t) \times Vulnerabilidad(x, t)$$

Tabla 3A. Cuadro latino de las probabilidades de riesgo.

Riesgo = peligro x vulnerabilidad												
Probabilidad de peligro	Probabilidad de vulnerabilidad											
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,1	0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	
0,2	0,0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	
0,3	0,0	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	
0,4	0,0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	
0,5	0,0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
0,6	0,0	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	
0,7	0,0	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70	
0,8	0,0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	
0,9	0,0	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,90	
1,0	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	

Rigurosamente, esta es una ecuación de probabilidad condicional, que debiera interpretarse como:

$$\left[\begin{matrix} \text{Probabilidad} \\ \text{de riesgo en} \\ \text{el tiempo } t, \text{ de} \\ \text{un elemento} \\ \text{ubicado en el} \\ \text{sitio "x"} \end{matrix} \right] = \left[\begin{matrix} \text{Probabilidad} \\ \text{de peligro de} \\ \text{una severidad} \\ \text{o intensidad} \\ \text{dada } I(x,t) \end{matrix} \right] \times \left[\begin{matrix} \text{Probabilidad de vulnerabilidad} \\ V(x,t) \text{ del ente impactado,} \\ \text{condicionada o bajo la hipótesis} \\ \text{de: Una severidad especificada} \\ I(x,t) \text{ del peligro } P(x,t), \text{ una} \\ \text{capacidad } C(x,t) \text{ de la sociedad} \\ \text{y condiciones ambientales} \\ M(x,t) \text{ existentes} \end{matrix} \right]$$

Se puede calcular un "Cuadro Latino" de las probabilidades de riesgo dadas las probabilidades condicionales de las vulnerabilidades y las probabilidades de peligros, realizando el producto aritmético directo. El resultado es una matriz cuadrada con valores de probabilidad que van del valor 0 (no riesgo) a 1,0 (riesgo confirmado), Tabla 3A.

Los valores de las probabilidades del Cuadro Latino de Riesgo se pueden agrupar en los mismos rangos que se han hecho para las probabilidades de Peligro y Vulnerabilidad, es decir: Riesgo Nulo: Probabilidad 0, Riesgo Leve: Probabilidad 0-5 %, Riesgo Bajo: Probabilidad 5-25 %, Riesgo Medio: Probabilidad 25-60 %, Riesgo alto: Probabilidad 60-100 %. Los grados correspondientes asignados resultan: 0, 1, 2, 3, y 4, respectivamente, Tabla 3B.

Tabla 3B. Niveles, probabilidades y grados de riesgo.

Nivel	Probabilidad		Grado
	Rango		
Nulo	00	00	0
Leve	0 % < Pr ≤ 5 %		1
Bajo	5 % < Pr ≤ 25 %		2
Medio	25 % < Pr ≤ 60 %		3
Alto	60 % < Pr ≤ 100 %		4

5. Grados de Riesgo en Función de los Grados de Peligro y Vulnerabilidad

En las secciones supra, se ha tipificado los valores de los Grados de Peligro y vulnerabilidad según un rango de probabilidades, siempre y cuando éstas se puedan calcular y/o estimar. Sin embargo, la experiencia muestra que la capacidad para estimar cualitativamente en los niveles leve, bajo, medio y alto, es una evaluación expeditiva que permite tener una idea de la condición tanto del peligro como de la vulnerabilidad de un elemento o elementos expuestos al peligro. Los grados asignados a los niveles de peligro y vulnerabilidad permiten calcular los grados de impacto, resultantes de la relación matemática conceptual de Peligro y Vulnerabilidad, para generar un Cuadro Latino, Tabla 4A. El cuadro generado da una distribución de impactos, los mismos que se pueden agrupar en niveles de riesgo.

Tabla 4A. Cuadro latino: riesgo estimado.

		Riesgo = peligro x vulnerabilidad				
		Grado de vulnerabilidad				
Grado de peligro	0	0	1	2	3	4
	1	0	1	2	3	4
	2	0	2	4	6	8
	3	0	3	6	9	12
	4	0	4	8	12	16

La relación conceptual básica es:

$$RIESGO = PELIGRO \times VULNERABILIDAD.$$

Los grados de peligro y vulnerabilidad varían de 0 a 4. En consecuencia, los valores del producto (impacto) de los grados de peligro por los grados de vulnerabilidad toman valores de 0 a 16. Estos valores se les puede agrupar en los siguientes niveles: Nivel de Riesgo Nulo: Impacto 0, Nivel de Riesgo Leve: Impacto 1-2, Nivel de Riesgo Bajo: Impacto 3-6, Nivel de Riesgo Medio: Impacto 7-10, Nivel de Riesgo Alto: Impacto 11-16; correspondientes a los grados de riesgo: 0, 1, 2, 3, y 4, respectivamente, Tabla 4B.

Dados los niveles de peligro y vulnerabilidad, los valores de impacto son fácilmente calculables, por tanto, la calificación del nivel y grado de riesgo es expeditiva. Lo cualitativo se reduce a estimar el grado de vulnerabilidad, ya que, el grado de peligro es, por lo general, especificado cuantitativamente para varios tiempos de exposición, i.e., 50, 100, 500 o más años. Por lo tanto, se puede preparar mapas temáticos de la cartografía de los niveles de riesgo

estimado para fines de identificación de regiones o zonas de diferente riesgo potencial.

Tabla 4B. Nivel, rango y grado de riesgo estimado.

Peligro x vulnerabilidad		
Nivel	Rango	Grado
Nulo	00	00
Leve	$0 < PV \leq 2$	1
Bajo	$2 < PV \leq 6$	2
Medio	$6 < PV \leq 10$	3
Alto	$10 < PV \leq 16$	4

6. Niveles y Grados de Capacidad o Resiliencia

El ISDR (2004)² define Capacidad como una combinación de todas las fortalezas y recursos disponibles en una comunidad, sociedad u organización que puede reducir el nivel de daños probables (riesgo), o los efectos de un desastre (daños consumados). La capacidad puede incluir medios físicos / ambientales, institucionales, sociales, económicos, así como, personal capacitado, o atributos, tales como, liderazgo, gerencia, etc.

Así mismo, ISDR (2004)² define resiliencia como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a peligros a adaptarse, resistiendo o cambiando para alcanzar y mantener un nivel aceptable de funcionamiento y estructura. Esto es determinado por el grado al cual el sistema social es capaz de auto organizarse, para aumentar su capacidad de aprender de desastres pasados a fin de mejorar la protección futura y mejorar las medidas de reducción de riesgos. El término resiliencia implica la habilidad o capacidad de un elemento, bajo una acción perturbadora, de recuperar rápidamente su estado normal, inmediatamente después que cesa la perturbación. Una sociedad resiliente a desastres es aquella que se recupera rápida e inmediatamente después de ocurrido el desastre. Se debe construir sociedades resilientes a desastres desarrollando cultura de prevención y preparación preventiva ante el impacto potencial de fenómenos peligrosos⁴. El uso del conocimiento, innovación y educación para construir seguridad y resiliencia en todos los niveles, es una de las acciones prioritarias adoptada por la Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres que se llevó a cabo en Kobe, Hyogo, Japón, en enero del 2005³.

Por tanto, los factores principales de la Capacidad de una sociedad o comunidad ante un riesgo / desastre dado $R(x, t)$, resultante del impacto de un peligro de severidad o intensidad $I(x, t)$, son: Sociales $S(x, t)$, que involucra las instituciones, personal técnico-profesional, líderes, gerentes, etc.; el medio ambiente $M(x, t)$ que comprende el espacio

físico donde se desarrolla la sociedad o comunidad y la naturaleza; el factor económico $E(x, t)$, se le considera separadamente de los factores sociales por la importancia y trascendencia, porque, el factor económico es determinante del grado o severidad de un desastre. La experiencia demuestra que hay una relación directa determinante entre la severidad de un desastre y el grado de pobreza de una comunidad. La relación funcional de los factores principales de la capacidad de una sociedad, se puede expresar como:

$$C(x, t) = C [X(x), S(x, t), E(x, t), M(x, t), // P(I(x, t)) //]$$

{ // //: bajo la condición }

Es difícil calcular este atributo para una sociedad o comunidad. Se sabe que el posible desastre será de menor grado tanto mayor sea la Capacidad o la resiliencia de la Sociedad afectada. Esto es, existe una relación inversa entre Capacidad y Posible Desastre. La ISDR (2003)¹ incluye este factor en la ecuación de Riesgo, como divisor. No da ningún valor, ni indica como cuantificarlo. Sin embargo, se considera que es más apropiado tomar en cuenta el factor Capacidad en la evaluación del “posible desastre”.

Se propone un conjunto de valores que reflejan las siguientes premisas: 1) Una Capacidad media: Significa que el nivel de daño resultante, al impacto del peligro, sea igual al riesgo estimado para el peligro especificado, 2) Una Capacidad extrema superior: Significa que el nivel de riesgo resultante sea, por lo menos, la cuarta parte del riesgo estimado, 3) Una Capacidad extrema inferior: Significa que el nivel de daño resultante sea, por mucho, cuatro veces el riesgo estimado. Bajo estas premisas, se propone los siguientes niveles de Capacidad: Muy Baja, Baja, Media, Alta, Muy Alta; y, los correspondientes grados de capacidad: ¼, ½, 1, 2, y 4, respectivamente.

7. Posibilidad de Desastre

La ISRD (2004)² define desastre como una alteración severa o grave del funcionamiento de una sociedad o comunidad causada por extensas pérdidas: Humanas, materiales, económicas o ambientales, las cuales exceden la habilidad o capacidad de la sociedad o la comunidad afectada para encontrar soluciones usando sus propios recursos o capacidades.

En los últimos tiempos, se ha usado frecuentemente la expresión “reducción de riesgo de desastre” (En inglés: “Disaster risk reduction”). Si se atiende a las definiciones mencionadas supra de los términos riesgo y desastre, se encuentra que riesgo es una condición posible futura y desastre un hecho

consumado. Por otro lado, un segundo significado de “riesgo” (en inglés: risk) es posibilidad. En este contexto, la ISRD define “reducción de posible desastre”, como el marco conceptual de elementos considerados con posibilidades de minimizar vulnerabilidades y posibles desastres en toda una sociedad, para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) los impactos adversos de los peligros, dentro del contexto amplio de desarrollo sostenible (ISRD, 2004)².

La “posibilidad de desastres”, $D(x, t)$, será mayor cuanto menor sea la capacidad de la sociedad o comunidad de reaccionar ante los efectos negativos al impacto del peligro (fenómeno o evento peligroso), y cuanto mayor sea el Riesgo probable, $R(x, t)$. Por tanto, la relación entre el factor Capacidad y el “posible desastre” es inversamente proporcional, y la relación entre riesgo y el “posible desastre” es directamente proporcional. Matemáticamente, este concepto se expresa con la siguiente relación:

$$\text{Posibilidad de desastre} = \frac{\text{Nivel de riesgo}(x, t)}{\text{Nivel de capacidad}(x, t)}$$

Habiendo definido los niveles de capacidad y los del riesgo, se puede calcular el Cuadro Latino para la “posibilidad de desastre”, TABLA 5A. Los valores resultantes varían entre 0 y 16, y se les puede agrupar como sigue: Posibilidad de desastre Nula: Impacto 0, Posibilidad de desastre Leve: Impacto de 0⁺ a 1, Posibilidad de desastre Baja: Impacto de 1⁺ a 3, Posibilidad de desastre Media: Impacto de 3⁺ a 8, Posibilidad de desastre Alta: Impacto > 8. Como en los anteriores casos, a estos niveles se les puede asignar los grados: 0, 1, 2, 3, y 4, respectivamente, Tabla 5B.

Tabla 5A. Cuadro latino de la posibilidad de desastres.

		Posibilidad de desastre = $\frac{\text{Nivel de riesgo}}{\text{Nivel de capacidad}}$				
		Nivel de capacidad				
Nivel de riesgo		¼	½	1	2	4
	0	0	0	0	0	0
	1	4	2	1	0.5	0.25
	2	8	4	2	1	0.5
	3	12	6	3	1.5	3/4
4	16	8	4	2	1	

Los grados del “posible desastre” resultante, se pueden interpretar como sigue: Un “posible desastre” de grado “0”: tiene una posibilidad “0” de ocurrir, el grado 1: implica una posibilidad de ocurrencia de 0-5%, el grado 2: significa una posibilidad de ocurrencia de 5-25 %, el grado 3: supone una

posibilidad de ocurrencia de 25-60 %, y el grado 4: implica una posibilidad de ocurrencia de 60-100 % Tabla 6.

Tabla 5B. Niveles, rango, y grados de la posibilidad de desastres.

Riesgo / Capacidad		
Nivel	Rango	Grado
Nulo	0	0
Leve	$0 < R \leq 1$	1
Bajo	$1 < R \leq 3$	2
Medio	$3 < R \leq 8$	3
Alto	> 8	4

Tabla 6. Niveles, probabilidades y grados de posibles desastres.

Rango de		
Nivel	Probabilidad	Grado
Nulo	00 00	0
Leve	$0\% < Pr \leq 5\%$	1
Bajo	$5\% < Pr \leq 25\%$	2
Medio	$25\% < Pr \leq 60\%$	3
Alto	$60\% < Pr \leq 100\%$	4

8. Índice de riesgo

Para la planificación del desarrollo sostenible de un país y el manejo o administración racional de desastres, en regiones como la Andina, donde los fenómenos peligrosos son numerosos y la vulnerabilidad de las sociedades y la naturaleza es alta, es necesario contar con indicadores que describan o tipifiquen o cuantifiquen el grado o condición de ser riesgosos los sitios expuestos al impacto de los fenómenos peligrosos en un tiempo determinado.

En el presente documento, se ha expuesto un procedimiento para evaluar los grados de los riesgos correspondientes a diferentes grados de peligro. Si se aplica esta metodología a todos los fenómenos peligrosos que impactan en un determinado lugar (x),

se generará un conjunto de riesgos $R_i(x, t)$ para dicho lugar. Estos valores se pueden combinar en uno sólo, tomando un promedio ponderado de los valores individuales. Es decir, se puede calcular:

$$\text{Índice de riesgo}(x, t) = \frac{\sum_i W_i(x) \times R_i(x, t)}{\sum_j W_j(x)} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

n: Es el número total de eventos o fenómenos para los cuales se ha evaluado el correspondiente riesgo en la localidad situada en la posición "x" y para el tiempo t.

W_k , $k = i, j$: Es el factor de ponderación o importancia de los desastres causados por los fenómenos naturales. Los valores pueden ser arbitrarios, o podrían también ser la inversa de los tiempos de recurrencia de los desastres ocasionados por los fenómenos peligrosos, o la inversa del período de retorno de la severidad de los peligros evaluados y para los cuales se ha calculado el riesgo. Desde un punto de vista social, podría utilizarse como factores de ponderación el promedio de pérdidas por año, de cada uno de los peligros considerados.

\sum_k : Símbolo de sumatoria en los subíndices k .

Un procedimiento similar se puede seguir para calcular el índice de "posibles desastres" $D_i(x, t)$. En este caso el índice de "posible desastre" que puede impactar una comunidad estará dado por:

$$\text{Índice de posible desastre}(x, t) = \frac{\sum_i W_i(x) \times D_i(x, t)}{\sum_j W_j(x)} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

9. Ejemplos

9.1 Nivel de riesgo y "posible desastre" para un sitio X: Tabla 7

9.2 Índice de riesgos e índice de desastres para un sitio X: Tabla 8

Tabla 8

FENOMENOS	RECURRENCIA		RIESGO		CAPACIDAD		DESASTRES	
	T (Años)	W=1/T	NIVEL	GRADOS	NIVEL	GRADOS	NIVEL	GRADOS
Sismos	20	0,05	Medio	3	Baja	1/2.	Medio	3
Inundaciones	5	0,20	Bajo	2	Baja	1/2.	Medio	3
Nevadas	10	0,10	Leve	1	Alta	2	Leve	1
Aluviones	4	0,25	Alto	4	Media	1	Medio	3
Derrumbes	5	0,20	Alto	4	Muy Baja	1/4.	Alto	4
			Sum W*R:	2,45			Sum W*I*Di:	2,4
			Sum W:	0,8			Sum Wi:	0,8
			Ind. Riesgo	3,06	Medio		Ind. Des	3

Nota: La recurrencia, los niveles y grados del riesgo y la capacidad son supuestos, para fines del ejemplo.

Tabla 7

Cálculo probabilístico del riesgo		Estimación cualitativa del riesgo		Estimación del Nivel del posible desastre	
Localidad X	ABCD	Localidad X	ABCD	Localidad X	ABCD
Posición x	Lat5°S, Lon78°W	Posición x	Lat5°S, Lon78°W	Posición x	Lat5°S, Lon78°W
Peligro P(x)	Sísmico	Peligro P(x)	Sísmico	Peligro P(x)	Sísmico
Intensidad I(x)	6 MSK	Intensidad I(x)	6 MSK	Intensidad I(x)	6 MSK
Prob.Pel. Pr(I(x))	60%	Prob.Pel. Pr(I(x))	Media (grado 3)#	Prob.Riesgo#	Media (grado 3)
Per. Recur. T(x)	25 años	Per. Recur. T(x)	25 años	Capacidad	1/2
Elem. Expuesto	Vivienda: Adobe	Elem. Expuesto	Vivienda: Adobe	Impacto	6
Vulnerabil.d V(x)	80%	Vulnerabil.d V(x)	Alta (grado 4)#	Niv. Pos.Desastre	Media (grado 3)
Prob.Riesgo R(x)	48% *	Impacto	12**	Prob. Riesgo##	Alto (grado 4)
		Riesgo	Alto (grado 4)	Capacidad	1/2
		Pr.Riesgo	60-100%	Impacto	8
				Niv. Pos.Desastre	Media (grado 3)
		# Estimación cualitativa		# Cálculo Probabilístico	
		** Valor cercano al limite inferior			

Nota: Los valores de la severidad del peligro y las probabilidades, del peligro y de la vulnerabilidad, son supuestos, para fines del ejemplo.

10. Conclusiones

De lo expuesto, se concluye:

1. Si se conoce las probabilidades del peligro para una severidad dada y las de la vulnerabilidad de elementos expuestos al impacto del peligro, se puede calcular la probabilidad del riesgo a que está sujeto dicho elemento.
2. Si se puede estimar el nivel del peligro y evaluar el nivel de vulnerabilidad de un elemento expuesto a un peligro dado, se puede estimar, aproximadamente, el nivel de riesgo a que está sujeto el elemento expuesto.
3. Si se calcula o estima los niveles de riesgo y capacidades de los elementos expuestos a un peligro dado, se puede estimar el nivel del "posible desastre" que ocasionaría a una comunidad el impacto del peligro dado.
4. Es posible calcular los índices de riesgo y/o índices de "posibles desastres" de una comunidad, si se conocen los niveles de los riesgos resultantes de los diferentes peligros

potenciales que pueden impactar en el futuro a la comunidad o elemento expuesto.

Referencias

- [1] ISDR, 2003. Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives. <http://www.unisdr.org>.
- [2] ISDR, 2004. On-Line Conference: Priority Areas to Implement Disaster Risk Reduction. "Building disaster resilient communities and nations". <http://www.unisdr.org>.
- [3] ISDR, 2005. Abstract from the advance copy of the Report of the Conference (A/CONF.206/6). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. World Conference on Disaster Reduction. Kobe, Hyogo, Japan 18-22 January 2005. <http://www.unisdr.org>.
- [4] L. Ocola. PREANDINO-PERU: Glosario de términos. Instituto Geofísico del Perú, 2002 [Una contribución al PREANDINO]