



PERÚ

Ministerio
de Defensa

Centro Nacional de Estimación,
Prevención y Reducción del
Riesgo de Desastres - CENEPRED

Subdirección de Normas y
Lineamientos

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

SUSTENTO TÉCNICO

I.- ANTECEDENTES

Mediante Ley N° 29664, de fecha 18 de febrero de 2011 se creó el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), su Reglamento fue aprobado el 25 de mayo de 2011 del mismo año, con Decreto Supremo N° 048-2011-PCM.

El artículo 12° de la mencionada ley y el numeral 6.1 del artículo 6° del Decreto Supremo N° 048-2011-PCM señala como funciones del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, asesorar y proponer al ente rector la normativa que asegure y facilite los procesos técnicos y administrativos de estimación, prevención, reducción de riesgo, así como reconstrucción.

Con Resolución Jefatural N° 036 – 2012 – CENEPRED/J, del 26 de junio del año 2012, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, aprueba la "Estructura Organizativa Provisional del CENEPRED". En dicha estructura se establece la Dirección de Gestión de Procesos, la cual cuenta con tres unidades: Unidad de Normas y Lineamientos en Gestión del Riesgo de Desastres, la Unidad de Políticas y Planes y la Unidad de Gestión de la Información.

En el literal c del artículo 25 del Reglamento de Organización y Funciones del CENEPRED, señala que la Subdirección de Normas y Lineamientos tiene como función elaborar y proponer a la Dirección de Gestión de Procesos, los lineamientos técnicos para la adecuada implementación de los procesos de la gestión prospectiva y correctiva en los tres niveles de gobierno.

Con Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM del 21 de agosto del año 2013 se aprueban los "Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres", cuya finalidad es dotar a las entidades conformantes del SINAGERD con instrumentos que les permitan incorporar en sus programas presupuestales y proyectos de inversión pública a fin de reducir los riesgos existentes en el territorio.

Asimismo, por Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM del 22 de agosto del 2013 se aprueban los "Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres", cuya finalidad es dotar de pautas a las entidades conformantes del SINAGERD a fin de que les permitan incorporar en los instrumentos de ordenamiento y planificación territorial (planes de acondicionamiento territorial, desarrollo concertado, desarrollo territorial y sectorial, entre otros), así como de normatividad urbanística y de edificación, de las actividades que eviten la generación de nuevos riesgos en la sociedad.

Con Resolución Jefatural N° 058 – 2013 – CENEPRED/J, del 29 de octubre del año 2013, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, aprueba el "Manual para la Evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales", conjuntamente con la Directiva N° 001-2013-

FERS/EMJE/YIZD



PERÚ

Ministerio
de Defensa

Centro Nacional de Estimación,
Prevención y Reducción del
Riesgo de Desastres - CENEPRED

Subdirección de Normas y
Lineamientos

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CENEPRED/J que brinda los procedimientos administrativos para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales.

Mediante Decreto Supremo N° 034-2014-PCM, publicado el 13 de mayo del 2014, se aprobó el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PLANAGERD 2014-2021, que plantea como objetivo nacional "Reducir la vulnerabilidad de la población y sus medios de vida, ante el riesgo de desastres".

Posteriormente, con Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, del 31 de diciembre de 2014, el CENEPRED, aprueba el "Manual para la Evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales Segunda Versión". En virtud del manual mencionado, el CENEPRED considera necesario elaborar el presente manual.

II. ACCIONES DESARROLLADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL " MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TSUNAMIS"

Como fue informado en su oportunidad la elaboración del manual concluyó en diciembre del 2015, durante el año 2016 se comenzó a sociabilizar ambos productos en las Entidades Técnico - Científicas a fin de recibir aportes en la identificación y caracterización de peligros por Tsunamis. Para la sociabilización de dichos manuales se realizaron reuniones de coordinación con el representante de la Entidad Técnico-Científica, rectora en caso de Tsunamis. El teniente Gerardo Macedo de la Dirección de Hidrografía de la Marina. Las reuniones fueron coordinadas vía correo electrónico y llamadas telefónicas, concretándose finalmente en reuniones llevadas a cabo en las instalaciones de la institución antes mencionada.

Los capítulos incluidos en el manual son: aspectos generales, características del área de estudio, caracterización del peligro por tsunami, determinación del área de influencia, análisis de la vulnerabilidad, cálculo del riesgo, cálculo de los efectos probables, control de riesgo, elaboración del informe, bibliografía y anexos.

III. CONCLUSIÓN

A la fecha se ha terminado con la elaboración del "MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TSUNAMIS". El manual sigue la nueva estructura propuesta para el "Informe de Evaluación del Riesgo por Fenómenos Naturales", además el equipo técnico ha incorporado en el análisis de la vulnerabilidad, la dimensión física; también se ha mejorado el análisis de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia.

Se recomienda remitir la propuesta del documento denominado "MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TSUNAMIS", a la Secretaria General del CENEPRED para la aprobación correspondiente.

FERS/EMJE/YIZD



PERÚ

Ministerio de Defensa



CENEPRED

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TSUNAMIS



CENEPRED





Foto de la portada: Tsunami en la playa Marina en Madras (India) tras el terremoto del 26 de diciembre del 2004.
Créditos: STR/AFP/Getty (<http://www.gettyimages.com/>)



Catalogación realizada por la Biblioteca del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

Manual para la Evaluación del Riesgo por Tsunamis

Lima: CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos, 2017.

111 p.; tab. ilus.

RUTA METODOLÓGICA: PELIGRO – VULNERABILIDAD – FRAGILIDAD- RESILIENCIA - TSUNAMIS – MAGNITUD – INTENSIDAD - CÁLCULO DEL RIESGO – MEDIDAS DE PREVENCIÓN – MEDIDAS DE REDUCCIÓN

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2017 - XXXXX

Manual para la Evaluación del Riesgo por Tsunamis

Publicado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Dirección de Gestión de Procesos (DGP). Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL).

CENEPRED, 2017.

Av. Del Parque Norte N° 313 - 319. San Isidro - Lima - Perú

Teléfono: 201-3550, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe

Página web: www.cenepred.gob.pe

Equipo Técnico:

VALM. (R) WLADIMIRO GIOVANNINI Y FREIRE

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

MG. RAÚL LUIS ESTEBAN VASQUEZ ALVARADO

Secretario General del CENEPRED

MG. FÉLIX EDUARDO ROMANÍ SEMINARIO

Director de la Dirección de Gestión de Procesos

ING. ENA JAIMES ESPINOZA

Responsable de la Subdirección de Normas y Lineamientos

Profesionales de la Subdirección de Normas y Lineamientos:

Ing. Yolanda Isabel Zamudio Díaz

Econ. Marycruz Flores Vila

Ing. Marco Andrés Moreno Tapia

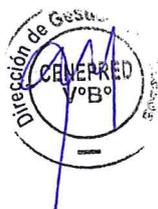
Ing. Neil Sandro Alata Olivares

Ing. René Huamaní Aguilar

Ing. Wilder Hans Caballero Haro

Lic. Octavio Fashé Raymundo

[Handwritten signature]



Primera edición. Lima

Cualquier parte de este documento podrá reproducirse siempre y cuando se reconozca la fuente y la información no se utilice con fines comerciales



TABLA DE CONTENIDO	
PRESENTACIÓN.....	11
1 ASPECTOS GENERALES	11
1.1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	12
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3 ALCANCE.....	12
1.4 IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TSUNAMIS	13
1.5 CONCEPTO DE PELIGRO	13
2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	16
2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL TERRITORIO PERUANO.....	16
2.1.1 ENTORNO TECTÓNICO.....	16
2.1.2 EL PROCESO DE SUBDUCCIÓN EN EL PERÚ.....	19
2.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO	24
2.2.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL ÁMBITO CONTINENTAL.....	24
2.2.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL ÁMBITO MARINO	26
2.3 TSUNAMIS	27
2.3.1 DEFINICIÓN DE TSUNAMI.....	27
2.3.2 CARACTERÍSTICAS DE UN TSUNAMI	28
2.3.3 DIFERENCIAS ENTRE OLA DE VIENTO Y TSUNAMI	29
2.3.4 VELOCIDAD Y ENERGÍA DE LAS ONDAS DE TSUNAMI	29
2.3.5 MODELAMIENTO DE TSUNAMIS.....	33
2.3.6 OCURRENCIA DE TSUNAMIS A NIVEL MUNDIAL.....	36
2.3.7 CLASIFICACIÓN DE TSUNAMIS.....	37
2.3.8 TSUNAMIS EN PERÚ	37
3 CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO POR TSUNAMI	42
3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO POR TSUNAMI.....	42
3.2 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO.....	42
3.3 ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD	43
3.3.1 FACTORES DESENCADENANTES.....	43
3.3.2 FACTORES CONDICIONANTES.....	44
3.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	44



P





3.4.1	PARÁMETROS Y DESCRIPTORES PONDERADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL FENÓMENO DE TSUNAMI	44
3.4.2	ESTUDIOS PREVIOS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO.....	46
3.5	ESTRATIFICACIÓN DEL PELIGRO	46
3.6	MAPA DE PELIGRO.....	47
3.6.1	ELABORACIÓN DEL MAPA DE PELIGRO	47
4	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS	48
4.1	DELIMITACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	48
4.2	CUANTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	48
5	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	50
5.1	ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE LA VULNERABILIDAD	51
5.1.1	EXPOSICIÓN.....	51
5.1.2	FRAGILIDAD	51
5.1.3	RESILIENCIA.....	52
5.2	DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	53
5.2.1	DIMENSIÓN FÍSICA.....	54
5.2.2	DIMENSIÓN SOCIAL:	58
5.2.3	DIMENSIÓN ECONÓMICA	63
5.2.4	DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	65
5.3	ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	66
5.4	MAPA DE VULNERABILIDAD.....	66
5.4.1	FLUJOGRAMA GENERAL PARA OBTENER EL MAPA DE VULNERABILIDAD..	66
5.4.2	ELABORACIÓN DEL MAPA DE VULNERABILIDAD	67
6	CALCULO DEL RIESGO	71
6.1	ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO	72
6.2	MATRIZ DE RIESGO	75
6.3	MAPA DE RIESGO.....	75
7	CÁLCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES.....	77
7.1	ESTIMACIÓN DE EFECTOS PROBABLES	77
8	CONTROL DEL RIESGO	80
8.1	ACEPTABILIDAD O TOLERABILIDAD	80
8.2	MEDIDAS DE CONTROL.....	83
9	ELABORACIÓN DEL INFORME	85



[Handwritten signature]





9.1	FASES PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME.....	85
9.1.1	FASE DE PLANEAMIENTO Y ORGANIZACIÓN.....	85
9.1.2	FASE DE TRABAJO DE CAMPO.....	85
9.1.3	FASE DE GABINETE.....	85
9.2	ESTRUCTURA DEL INFORME.....	86
10	BIBLIOGRAFIA.....	88
11	ANEXOS.....	90
11.1	ANEXO N° 01: BASE LEGAL.....	90
11.2	ANEXO N° 02: TERMINOLOGÍA BÁSICA.....	91
11.3	ANEXO N° 03: MÉTODO MULTICRITERIO.....	97
11.4	ANEXO N° 04: PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO.....	100
11.4.1	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 3X3 (03 PARÁMETROS)	101
11.4.2	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 4X4 (04 PARÁMETROS)	103
11.4.3	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 5X5 (05 PARÁMETROS)	105
11.4.4	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 6X6 (06 PARÁMETROS)	106
11.4.5	PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 7X7 (07 PARÁMETROS)	109



[Handwritten signature]




CENEPRED
LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Flujograma general para la evaluación del riesgo originado por tsunamis.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Flujograma general para la evaluación del riesgo originado por fenómenos de origen natural.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3. Estructura interna de la Tierra.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Placas tectónicas</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5 Esquema de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6. Principales rasgos tectónicos superficiales en Perú y en el borde oeste de Sudamérica.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Elementos de un tsunami.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 8. Diferencia entre olas de viento y tsunami.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9. Esquema mostrando el proceso de desarrollo de un tsunami.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10. Relación entre profundidad, velocidad y longitud de onda de un tsunami.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Mapa mostrando el tiempo de viaje del tsunami generado por el sismo del 22 de Mayo de 1960 con magnitud 9.5 Mw y epicentro en Valdivia, Chile.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 12. Carta de inundación en caso de Tsunami en La Punta-Callao.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13. Ocurrencia de tsunamis según su mecanismo de generación (a), y según su posición geográfica (b).....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14. Factores desencadenantes del peligro</i>	<i>43</i>
<i>Figura 15. Factores condicionantes del peligro.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16. Distribución de la población en términos de vulnerabilidad</i>	<i>50</i>
<i>Figura 17. Viviendas ubicadas al nivel del mar, es un ejemplo de un elemento expuesto a un tsunami en Camaná.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 18. Viviendas en estado ruinoso en el centro de Lima</i>	<i>52</i>
<i>Figura 19. Los gobiernos locales están instruyendo a la comunidad organizando charlas, simulacros y señalizando las vías de escape en caso de tsunami</i>	<i>53</i>
<i>Figura 19. Flujograma general para la generación del mapa de niveles de vulnerabilidad.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 21. Plano cartesiano.....</i>	<i>72</i>




CENEPRED
LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1 Duración estimada para la ocurrencia de los grandes fenómenos tectónicos que preceden a un sismo</i>	<i>20</i>
<i>Cuadro 2. Volcanes peruanos</i>	<i>21</i>
<i>Cuadro 3. Principales unidades geomorfológicas en el territorio peruano.....</i>	<i>24</i>
<i>Cuadro 4. Ancho de la plataforma o zócalo continental a lo largo de la costa peruana</i>	<i>26</i>
<i>Cuadro 5. Talud continental frente al borde litoral peruano</i>	<i>27</i>
<i>Cuadro 6. Niveles de Peligro.....</i>	<i>46</i>
<i>Cuadro 7. Localización de la vivienda</i>	<i>54</i>
<i>Cuadro 8. Material de construcción de la edificación.....</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 9. Topografía del terreno</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 10. Configuración de elevación de la edificación</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 11. Antigüedad de construcción de la edificación</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 12. Estado de conservación de la edificación</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 13. Viviendas localizadas en áreas inseguras.....</i>	<i>57</i>
<i>Cuadro 14. Viviendas con acceso al agua potable</i>	<i>57</i>
<i>Cuadro 15. Cumplimiento con el código de construcción</i>	<i>57</i>
<i>Cuadro 16. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro 17. Grupo etario.....</i>	<i>59</i>
<i>Cuadro 18. Género.....</i>	<i>59</i>
<i>Cuadro 19. Nivel educativo</i>	<i>60</i>
<i>Cuadro 20. Cuenta con Seguro Integral de Salud (SIS) o Seguro Social de Salud (ESSALUD)</i>	<i>60</i>
<i>Cuadro 21. Crecimiento poblacional</i>	<i>60</i>
<i>Cuadro 22. Nivel de pobreza.....</i>	<i>61</i>
<i>Cuadro 23. Analfabetismo</i>	<i>61</i>
<i>Cuadro 24. Percepción del riesgo</i>	<i>62</i>
<i>Cuadro 25. Actitud frente al riesgo.....</i>	<i>62</i>
<i>Cuadro 26. Capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).....</i>	<i>62</i>






<i>Cuadro 27. Campaña de difusión</i>	63
<i>Cuadro 28. Ocupación principal</i>	64
<i>Cuadro 29. Diversificación de la actividad económica</i>	64
<i>Cuadro 30. Empresas con pocos empleados</i>	65
<i>Cuadro 31. Tierra degradada</i>	65
<i>Cuadro 32. Tierra agrícola sobre utilizada</i>	66
<i>Cuadro 33. Estratificación de la vulnerabilidad</i>	68
<i>Cuadro 34. Estratificación del riesgo</i>	73
<i>Cuadro 35. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo</i>	75
<i>Cuadro 36. Niveles de riesgo</i>	75
<i>Cuadro 37. Estimación Sectorial</i>	77
<i>Cuadro 38. Estimación de los efectos probables para cada sector evaluado</i>	78
<i>Cuadro 39. Efectos probables a consecuencia del impacto del peligro</i>	79
<i>Cuadro 40. Niveles de consecuencias</i>	80
<i>Cuadro 41. Niveles de frecuencia de ocurrencia</i>	80
<i>Cuadro 42. Matriz de consecuencias y daños</i>	81
<i>Cuadro 43. Medidas cualitativas de consecuencias y daño</i>	81
<i>Cuadro 44. Aceptabilidad y/o Tolerancia del riesgo</i>	81
<i>Cuadro 45. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo</i>	82
<i>Cuadro 46. Nivel de priorización</i>	83



R





LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Mapa sísmico del Perú elaborado por el IGP..... 23

Mapa 2. Ejemplo de mapa preliminar de Peligrosidad por Tsunamis..... 47

Mapa 3. Ejemplo de mapa de vulnerabilidad 70

Mapa 4. Ejemplo de mapa de riesgos..... 76





PRESENTACIÓN

Geográficamente el Perú se encuentra ubicado dentro del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, ésta es una zona de alta actividad sísmica y donde sismos de elevada magnitud han desencadenado el desarrollo de tsunamis muy destructivos.

No son solo los sismos que se generan cerca a nuestras costas los que pueden originar tsunamis, sino también aquellos que se generan en otros países, y que, por sus características particulares pueden llegar a afectar el litoral peruano.

Aunque no son muy frecuentes, los tsunamis de gran magnitud tienen fuertes impactos socioeconómicos y ambientales en las ciudades más afectadas, entre otros factores debido a la vulnerabilidad, donde se ocupan áreas no recomendadas para el desarrollo de las actividades humanas o para instalación de viviendas, es decir, donde se ocupan áreas muy cercanas a la línea de costa.

Los impactos socioeconómicos y ambientales pueden reducir la eficiencia productiva, así como las capacidades de desarrollo sostenible. Para mantener el incremento de la productividad y lograr un desarrollo sostenible es conveniente la incorporación y uso del procedimiento técnico denominado Evaluación del Riesgo en la planificación económica, física y social en el Perú.

Con la finalidad de contribuir a prevenir y/o reducir los impactos negativos que puedan ocasionar los tsunamis en los aspectos social, económico y ambiental, se ha elaborado el presente manual que constituye una de las herramientas básicas para la Gestión del Riesgo de Desastres, aporte técnico que será de uso obligatorio en los diferentes ámbitos jurisdiccionales del país para realizar la evaluación del riesgo por tsunamis.

El contenido del presente manual, se sustenta en información generada por las instituciones técnico científicas la cual permitió establecer las variables y parámetros para determinar los niveles de peligro, la vulnerabilidad de elementos expuestos, así como calcular y controlar los riesgos, mediante la ejecución de medidas estructurales y no estructurales en el marco de la gestión prospectiva y correctiva del riesgo de desastres.

La elaboración, organización, compilación, edición y publicación de este manual, estuvo bajo la responsabilidad del equipo técnico de la Subdirección de Normas y Lineamientos de la Dirección de Gestión de Procesos, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

San Isidro, setiembre 2017.



①





CENEPRED

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Nuestro país, se encuentra ubicado en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, y debido a sus características geográficas, geológicas, entre otras (factores condicionantes), está expuesto a la ocurrencia de fenómenos naturales como tsunamis, con características propias de altura de ola, magnitud, intensidad, área de inundación, etc. (parámetros de evaluación).

Esta realidad obliga a la generación de conocimientos y/o metodologías que ayuden a estratificar los niveles de peligro, vulnerabilidad, riesgo y la zonificación de riesgos en los ámbitos geográficos expuestos al fenómeno natural.

Los niveles del riesgo por tsunami no dependen únicamente del peligro, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales, por ejemplo, su localización en zonas costeras, así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad), y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un tsunami (resiliencia).



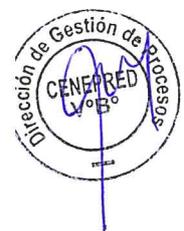
La zonificación del riesgo servirá como un instrumento de gestión territorial por parte de los Gobiernos Regionales y Locales para la elaboración e implementación del Plan de Acondicionamiento Territorial, Plan de Desarrollo Urbano, Ordenamiento territorial, etc., que ayudarán a un desarrollo sostenible.

Este manual se constituye en el instrumento técnico orientador a la diversidad de profesionales que tienen relación directa o interés en el estudio y/o aplicación de los procedimientos metodológicos de evaluación del riesgo por tsunamis en un ámbito geográfico determinado.

Aquí, se describen los conceptos teóricos con gráficos y/o imágenes que permitirán entender el proceso de génesis del fenómeno. Se indican los parámetros de los tsunamis, los factores de evaluación de la vulnerabilidad (social, económica y ambiental), así como diagramas de flujo (Figuras 1 y 2) que muestran la metodología general para la generación de los mapas de peligro y vulnerabilidad.

Se utiliza el método multicriterio (proceso de análisis jerárquico) para la ponderación de los parámetros de evaluación de tsunamis y de la vulnerabilidad, mostrando la importancia (peso) de cada parámetro en el cálculo del riesgo, facilitando la estratificación de los niveles de riesgos. Este método tiene un soporte matemático, permitiendo incorporar información cuantitativa (mediciones de campo) y cualitativa (nivel de incorporación de los instrumentos de gestión del riesgo, niveles de organización social, etc.), para lo cual requiere de la participación de un equipo multidisciplinario.

La ponderación por su flexibilidad permite incorporar nueva información generada en los ámbitos geográficos de interés, por su sencillez puede ser aprendida sin dificultad. Este procedimiento ha sido aplicado en diferentes ramas de las ciencias, incluida la gestión del riesgo de desastres.





La complejidad de la naturaleza y la diversidad de peligros, vulnerabilidades y riesgos que ocurren o se presentan en nuestro país, deben ser tomadas en cuenta para incorporar los criterios de prevención y reducción de riesgos en los diferentes procesos de planificación, de ordenamiento territorial, de gestión ambiental así como programas de inversión, de los distintos niveles (nacional, regional o local) y para horizontes determinados (corto, mediano y largo plazo).

El diseño de las medidas de prevención y reducción está basado en la Evaluación del Riesgo, a cargo de los organismos integradores de la función ejecutiva del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), como son la Presidencia del Consejo de Ministros en su conducción de ente rector, Ministerios, Gobiernos Regionales y Locales, entidades públicas y privadas a nivel nacional, bajo la normatividad emitida al respecto por el CENEPRED.

1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1.2.1 Objetivo general

Orientar los procedimientos para la evaluación del riesgo originados por tsunamis que permitan establecer medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres y favorezcan la adecuada toma de decisiones por parte de las autoridades competentes de la gestión del riesgo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar parámetros de evaluación de los tsunamis que permitan una adecuada evaluación del riesgo.
- Estandarizar criterios técnicos a ser utilizados en la identificación y caracterización de los peligros, los niveles de peligro y la elaboración del mapa del nivel de peligro.
- Identificar elementos expuestos dentro del área de influencia del peligro.
- Estandarizar criterios técnicos a ser utilizados en el análisis de la vulnerabilidad, niveles de vulnerabilidad y la elaboración del mapa del nivel de vulnerabilidad.
- Establecer niveles de riesgos y la elaboración del mapa del nivel de riesgos, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.
- Recomendar medidas de control del riesgo.
- Definir la metodología para la elaboración del mapa de zonificación de riesgos.
- Mostrar en forma general los conocimientos teóricos, los parámetros de evaluación y el nivel de detalle de la información que se debe utilizar.

1.3 ALCANCE

El manual está dirigido a los órganos que toman decisión en los tres niveles de gobierno que integran el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y los equipos técnicos que ejecutan las evaluaciones de riesgos por tsunamis en el Perú.



1.4 IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TSUNAMIS

Los Informes de “Evaluación del Riesgo por Tsunamis”, (Figuras 1 y 2) adquieren especial importancia en nuestro país porque serán una herramienta muy útil para:

- Identificar actividades y acciones para prevenir la generación de nuevos riesgos o reducir los riesgos existentes, los cuales son incorporados en los Planes de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Adoptar medidas estructurales y no estructurales de prevención y reducción del riesgo de desastres, las cuales sustentan la formulación de los proyectos de inversión pública a cargo de los Sectores, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales (Municipalidad Provincial y Distrital).
- Incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en la inversión pública y privada en los tres niveles de gobierno, permitiendo de ésta manera que los proyectos de inversión sean sostenibles en el tiempo.
- Utilizar sus resultados como insumo básico y principal para la gestión ambiental, la planificación territorial, el ordenamiento y acondicionamiento territorial (Plan de Desarrollo Urbano, Zonificación Ecológica Económica, entre otros).
- Coadyuvar a la toma de decisiones de las autoridades con la finalidad de proporcionar condiciones de vida adecuadas a la población en riesgo.
- Permitir racionalizar el potencial humano y los recursos financieros, en la prevención y reducción del riesgo de desastres.



1.5 CONCEPTO DE PELIGRO

Según el glosario de términos, del Decreto Supremo N° 074-2014-PCM que aprueba la Norma complementaria sobre declaratoria de estado de emergencia, en el marco de la ley N° 29664, del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres – SINAGERD, se define Peligro como la probabilidad que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

En otros países los documentos técnicos referidos al estudio de los fenómenos naturales, utilizan el término amenaza en lugar de peligro, recordemos que en textos en idioma inglés la palabra usada es **Hazard**.



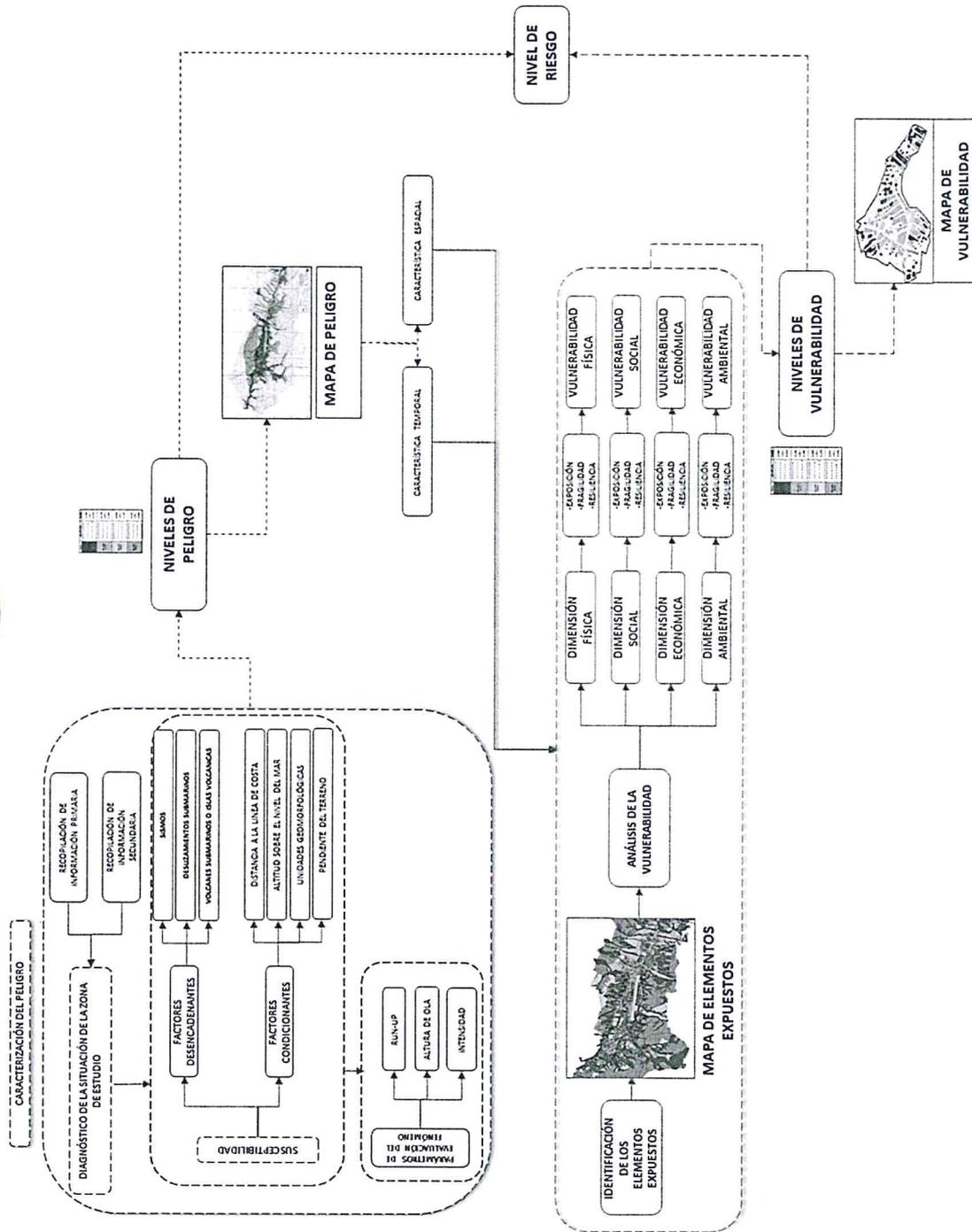
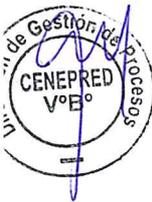


Figura 1. Flujo general para la evaluación del riesgo originado por tsunamis



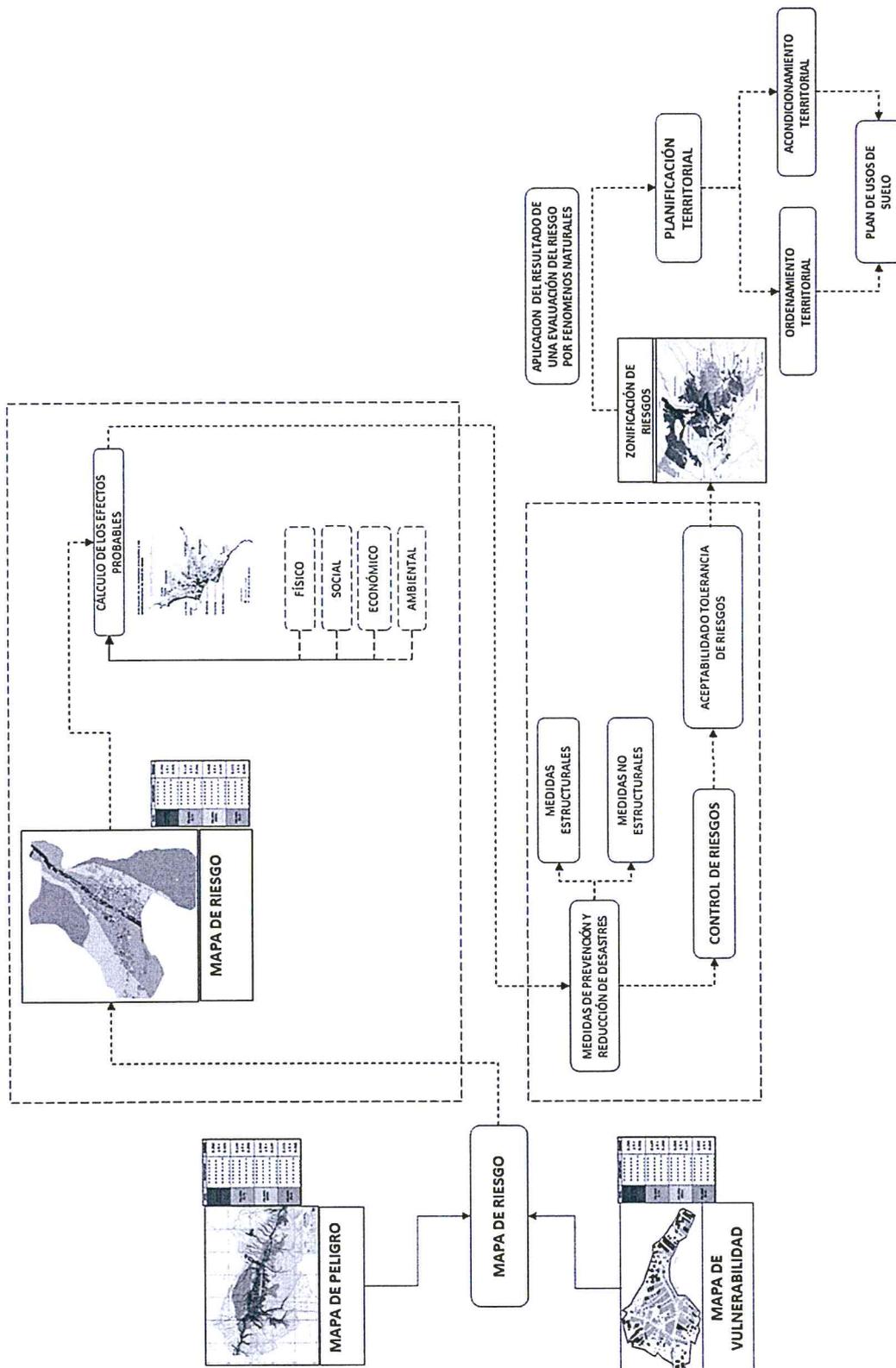


Figura 2. Flujograma general para la evaluación del riesgo originado por fenómenos de origen natural



2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Conocer el área de estudio implica, además de conocer las características geográficas, conocer el entorno geológico de la zona motivo del estudio. El evaluador debe recoger toda la información relacionada al fenómeno a estudiar, antecedentes, estudios recientes, frecuencia de ocurrencia, etc.

Cada fenómeno natural tiene características propias, motivo por el cual es necesario conocer y entender los procesos que lo originan. En el Perú existen estudios especializados desarrollados por diversas instituciones técnico-científicas: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Instituto Geofísico del Perú (IGP), Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), entre otros.

En este capítulo se explicaran los procesos que generan un tsunami, conceptos y terminología que es utilizada para caracterizarlos, así también información histórica de ocurrencia de los mismos.

2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL TERRITORIO PERUANO

2.1.1 Entorno tectónico

Las características actuales del planeta Tierra son el resultado de procesos tectónicos que han ocurrido a lo largo de millones de años. Para explicar la estructura interna de la Tierra se han definido dos modelos, uno considera su composición química y el otro sus propiedades mecánicas, en ambos casos se supone que la estructura interna está dividida a manera de capas concéntricas. El primer modelo es conocido como modelo estático, asume que la Tierra se divide desde la parte más externa hacia el centro de ella en, corteza, manto y núcleo; el segundo modelo llamado modelo dinámico, considera que la Tierra está dividida en litosfera, astenosfera, mesósfera y núcleo (Figura 3).

La teoría de la tectónica de placas afirma que la superficie terrestre está conformada por una serie de placas, las que son llamadas placas tectónicas (Figura 4), que interactúan entre sí generando, ya sea la formación de nueva corteza en los fondos oceánicos (márgenes constructivos) o la destrucción de corteza (márgenes destructivos).

Dentro de todo este marco tectónico, el Perú se encuentra ubicado en el margen occidental de Sudamérica donde se produce la interacción entre la placa de Nazca (oceánica) y la placa sudamericana (continental). En este caso la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa sudamericana en un proceso conocido como subducción, esa interacción de placas ha dado lugar a la formación de la Cordillera de los Andes, la generación de fallas geológicas en la superficie continental e intensa actividad sísmica y volcánica.

Según Bernal y Tavera (2002) la placa de Nazca se desplaza a una velocidad de 8-10 cm/año en dirección Noreste, dichos autores consideran a esta placa como la de mayor velocidad en el mundo, así mismo remarcan que los sismos ocurren principalmente en las zonas de interacción de placas, asociadas al proceso de subducción (Figura 5).



[Handwritten signature]



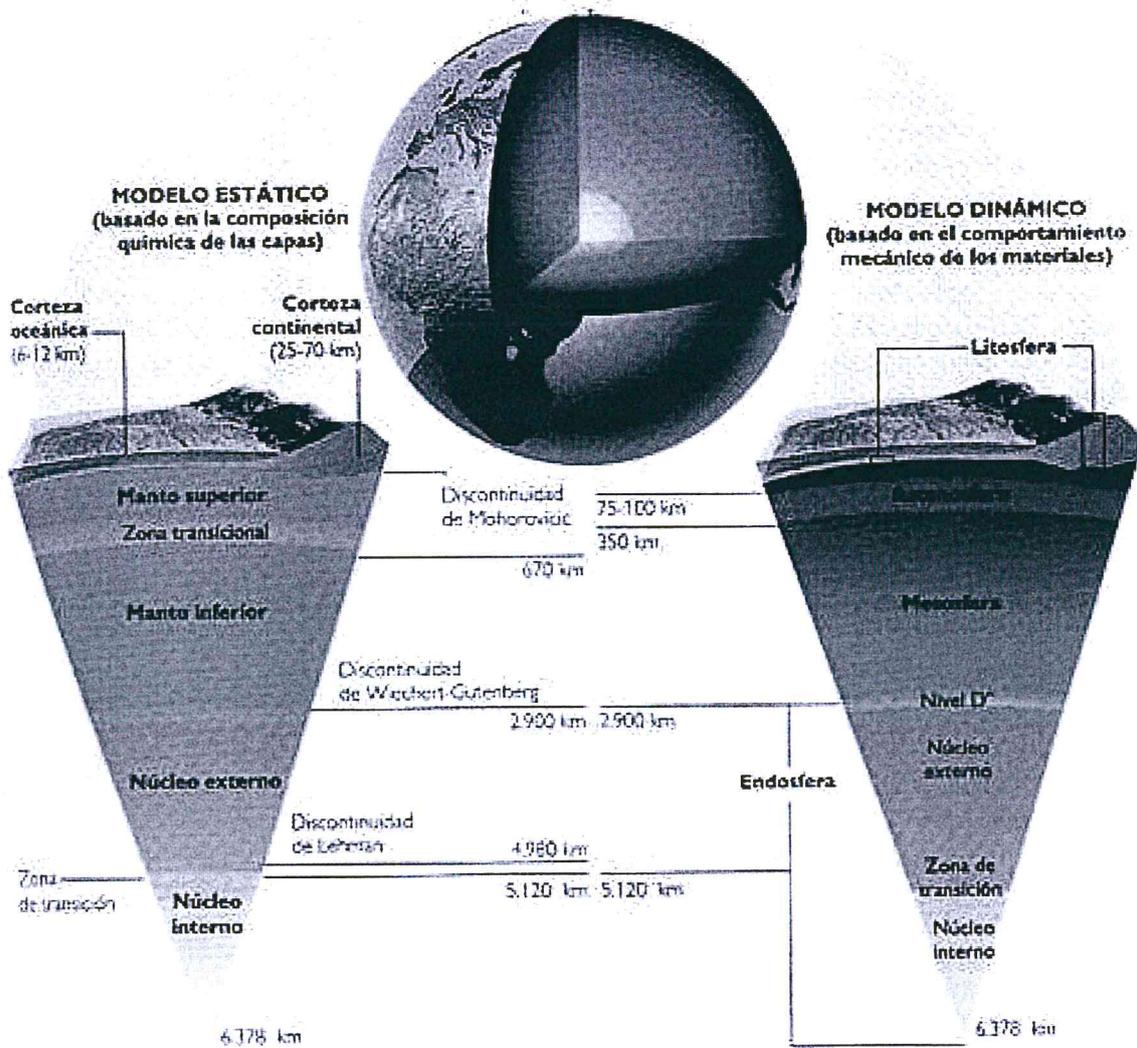
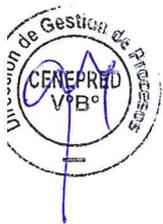


Figura 3. Estructura interna de la Tierra (Fuente: Pellini Claudio, s/f)



Handwritten signature



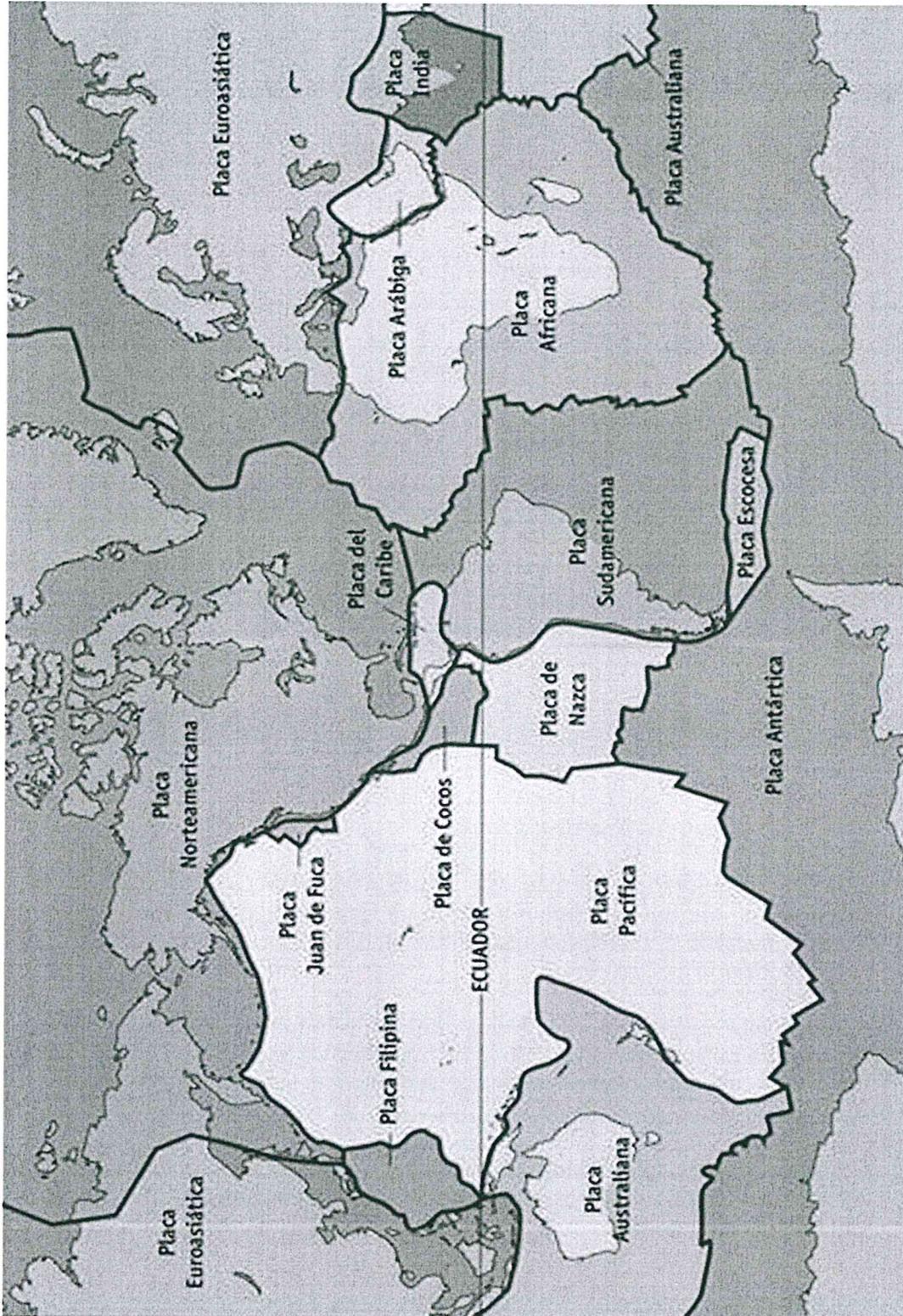
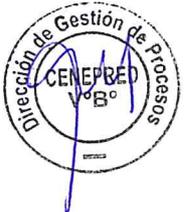


Figura 4. Placas tectónicas (Fuente: Profesor en Línea, 2015)



[Handwritten signature]



2.1.2 El proceso de subducción en el Perú

El Perú, como ya se mencionó anteriormente, está sometido al proceso de subducción que es uno de los más importantes desde el punto de vista de tectónica de placas, este proceso geológico se está llevando a cabo desde millones de años atrás. La subducción se produce debido a que la Placa de Nazca (placa oceánica) se desplaza hacia el Este introduciéndose por debajo de la Placa Sudamericana, que se desplaza hacia el Oeste. Los esfuerzos tectónicos, a lo largo de millones de años, son los causantes del plegamiento de rocas sedimentarias, de la presencia y reactivación de fallas geológicas, actividad volcánica y alta sismicidad (Mapa 1).

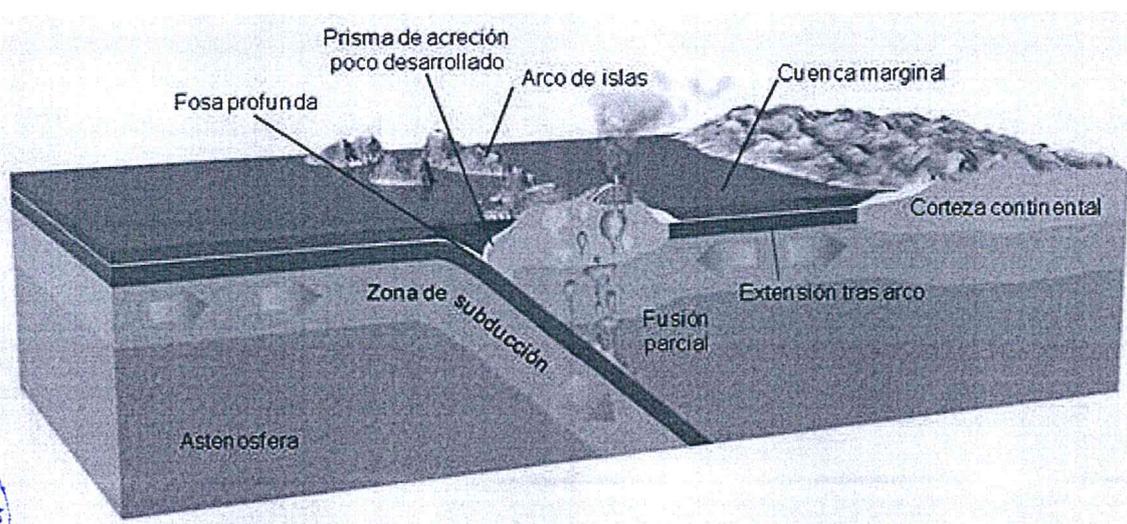


Figura 5. Esquema de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana
(Fuente: Etayo 2010)

Evolución de la Cordillera de los Andes

La Cordillera de los Andes es una estructura resultante del proceso de tectónica de Placas, que se extiende a lo largo de toda América del sur y se orienta en forma paralela a la fosa peruano-chilena (FPC) donde ocurre el proceso de subducción.

Según mencionan Bernal y Tavera (2002) la formación de la Cordillera de los Andes se pudo haber originado en 10 millones de años, este tiempo es mayor al que lleva la generación de las fallas geológicas o los periodos de recurrencia de grandes sismos como se muestra en el Cuadro 1.

Según estudios geológicos el proceso de subducción andina se inicia en el Paleozoico superior (aproximadamente hace 358 millones de años), continua en el Mesozoico y termina en el Cenozoico, continuando hasta la actualidad.





Cuadro 1 . Duración estimada para la ocurrencia de los grandes fenómenos tectónicos que preceden a un sismo (Bernal y Tavera, 2002)

DURACIÓN	FENÓMENOS
100 Ma	Tectónica de placas
1 Ma – 10 Ma	Formación de la cadena de montañas en frontera de placas
1000 años – 1 Ma	Formación de grandes fallas
100 años – 1000 años	Periodo de recurrencia de grandes sismos
1 día – 100 años	Deformación geodésica alrededor de fallas
1 año – 1 día	Posibilidad de fenómenos precursoros
1s – 100 s	Duración de la ruptura sísmica

Ma= millones de años, s= segundo

La formación de la cordillera andina fue acompañada por una sucesión de periodos de subsidencias y levantamientos relacionados con regímenes tectónicos de extensión y compresión que produjeron consecuentemente el acortamiento y engrosamiento de la corteza. Según Megard (1978), Dalmayrac et al (1981) y Sebrier et al (1985) (citado en Bernal y Tavera (2002), pág. 7), todo el proceso geodinámico que soportó el Perú se ha desarrollado en dos periodos bien diferenciados:

- El Paleozoico: Caracterizado por producirse en un régimen de deformación netamente extensional pero donde se produjeron variaciones en la velocidad del movimiento de las placas, variaciones en la dirección de expansión de la corteza oceánica, así como cambios en la densidad de la placa oceánica según su edad, aumento en la capacidad de la fricción entre las superficies de la placa de Nazca y Sudamericana.
- El Triásico–Pleistoceno: Ocurre un régimen de tipo compresional, periodo en el cual la cordillera andina comienza a formarse y a evolucionar hasta obtener su constitución actual.

La cadena volcánica

Según Bernal y Tavera (2002), la cadena volcánica se presenta en la región sur de Perú por debajo de la deflexión de Abancay y se extiende hasta los 25°S en Chile. Esta cadena se distribuye sobre la Cordillera Occidental siguiendo un aparente alineamiento con orientación Noroeste-Sureste en Perú y Norte-Sur en el extremo norte de Chile. Las características geométricas de cada uno de los volcanes que integran esta cadena, muestran que la actividad tectónica es contemporánea a la orogenia extensional que experimenta la Cordillera de los Andes cerca del Cuaternario Medio y Reciente.

En el Perú la actividad volcánica en el norte y centro se ha extinguido desde hace aproximadamente 8 millones de años, sin embargo el sur del Perú



[Handwritten signature]



presenta vulcanismo activo, asociado a las características de zona de subducción. Los volcanes presentes en las regiones del sur peruano son detallados a continuación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Volcanes peruanos

VOLCANES SEGÚN DEPARTAMENTO	AREQUIPA		MOQUEGUA		TACNA	
	Coropuna	6425 msnm	Ubinas	5672 msnm	Tutupaca	5806 msnm
Sabancaya	5795 msnm	Huaynaputina	4800 msnm	Yucamane	5508 msnm	
Misti	5825 msnm	Ticsani	5408 msnm			
Chachani	6057 msnm					

Fuente: Elaboración propia

Sistema de Fallas

Bernal y Tavera (2002) asocian el sistema de fallas presentes en el Perú como el resultado del continuo proceso de deformación de la corteza continental (Figura 6). Estos mismos autores clasifican las fallas de acuerdo a su ubicación geográfica:

Costa

En la costa norte la falla de Huaypira con una orientación Noreste-Suroeste y Este-Oeste; en la costa sur la falla de Marcona con orientación Noroeste-Sureste y la falla de La Planchada con orientación Noroeste-Sureste. Estas fallas son del tipo normal.

Cordillera Occidental

Falla de la Cordillera Blanca de tipo normal, con buzamiento al Suroeste. El ramal Norte de esta falla, recibe el nombre de falla de Quiches.

En Arequipa, la falla de Pampacolca de tipo normal con el buzamiento de su plano principal en dirección Suroeste. La falla de Ichupampa, de tipo normal con buzamiento hacia el Suroeste.

En Huancayo, el sistema de fallas del tipo inverso del Huaytapallana, con buzamiento hacia el Noreste.

En el Altiplano y en la Cordillera Oriental

En Cuzco, el sistema de fallas de Tambomachay, este sistema considera además, a un importante número de fallas de tipo normal como las fallas de Viscachani, Alto Vilcanota, Pomacanchi y Langui-Layo, todas con dirección Este-Oeste.

En la zona Sub-andina

Sistemas de fallas inversas del Alto Mayo, el sistema de fallas de Satipo-Amauta y el sistema de fallas de Madre de Dios.



Handwritten signature



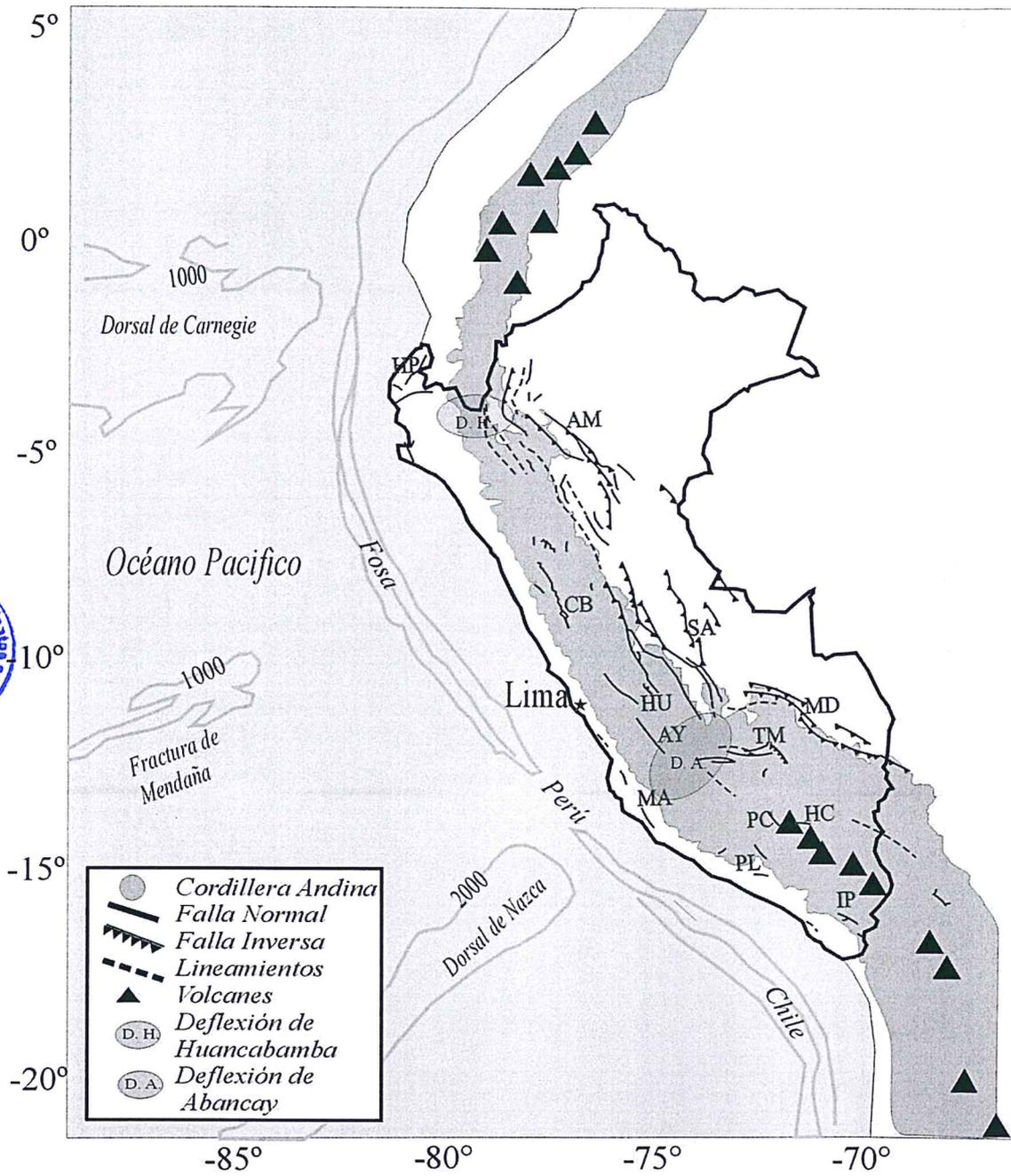


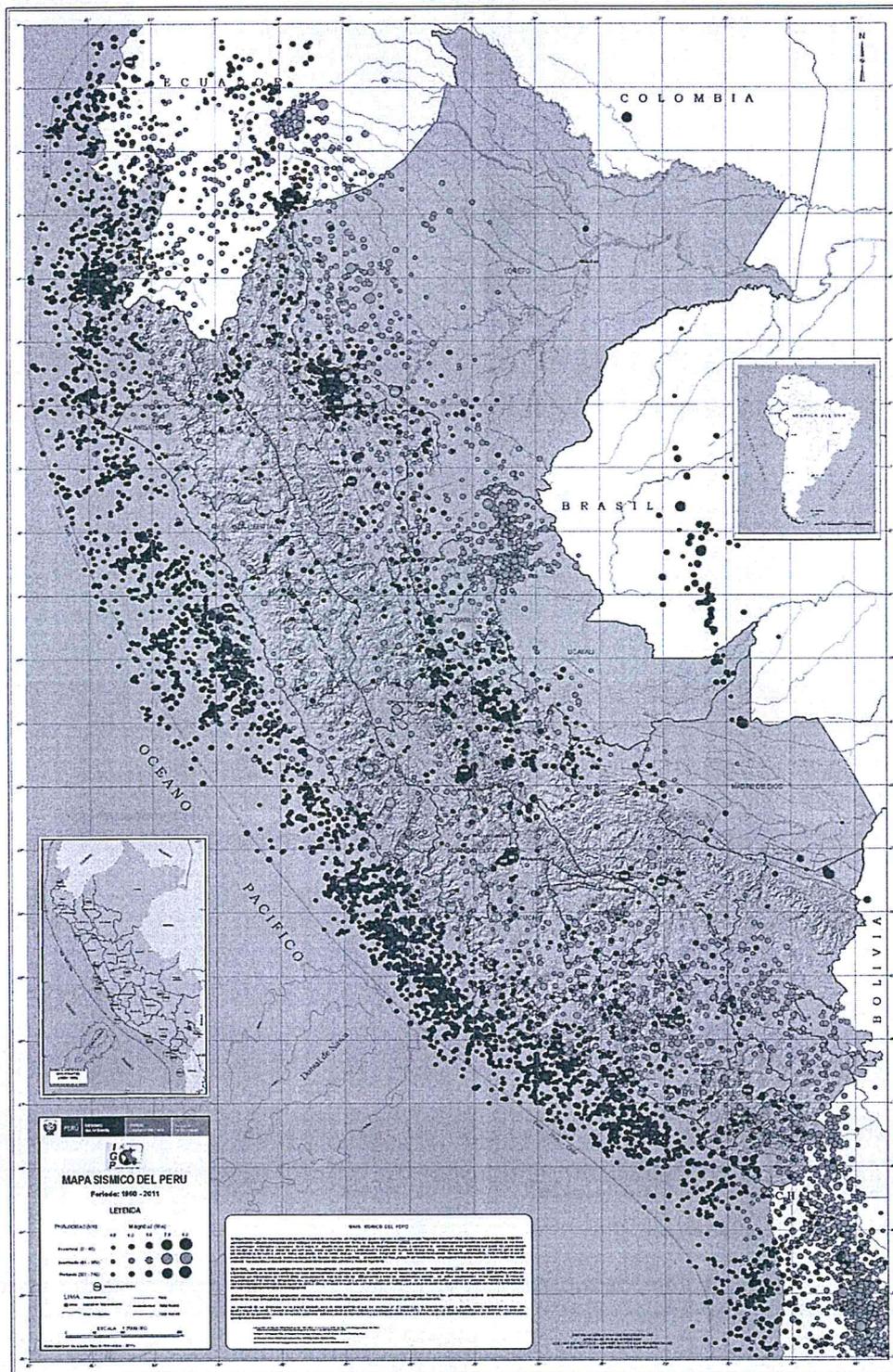
Figura 6. Principales rasgos tectónicos superficiales en Perú y en el borde oeste de Sudamérica (Fuente: Bernal y Tavera, 2002)



[Handwritten signature]



[Handwritten signature]



Mapa 1. Mapa sísmico del Perú elaborado por el IGP. En rojo se muestran los sismos superficiales (<60 km), en verde los sismos de foco intermedio y en azul los sismos de foco profundo. Los círculos de mayor diámetro representan sismos de mayor magnitud (Fuente Sistema Nacional de Información Ambiental, 2016)

2.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

La Cordillera de los Andes ha generado la formación de unidades geomorfológicas tanto en el ámbito continental y en el ámbito marino del territorio peruano (Cuadro 3). Las unidades geomorfológicas definidas por Chacón (1995), son mostradas a continuación.

Cuadro 3. Principales unidades geomorfológicas en el territorio peruano

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
ÁMBITO CONTINENTAL	ÁMBITO MARINO
1. Cordillera de la Costa	1. Plataforma o Zócalo Continental
2. Llanura Pre-andina (Franja costanera)	2. Talud Continental
3. Cordillera Occidental	3. Fosa Peruano-Chilena
4. Depresión Interandina	4. Dorsal de Nazca
5. Cordillera Oriental	5. Fondos Abismales del Pacifico Sur
6. Cuenca del Titicaca o Altiplano	
7. Región Sub-andina	
8. Llanura Amazónica	

2.1 Unidades geomorfológicas en el ámbito continental

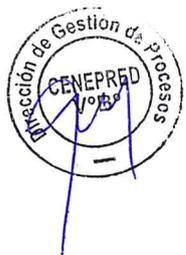
Cordillera de la Costa

Según Chacón (1995), el origen de esta cordillera data de las fases tectónicas del Precámbrico, la cordillera es consecuencia del plegamiento ocurrido durante las orogenias Hercínica (Devónico) y Andina (Cretácico al Plioceno). La Cordillera de la Costa es visible solo en partes en los Amotapes, Paíta, Illescas en el norte y desde Paracas en el sur, donde forma el borde mismo del Continente (Rivera, 1996).

Los estudios anteriores afirman que el segmento norte de la Cordillera forma parte de la deflexión del noroeste peruano que se proyecta hacia el norte en territorio ecuatoriano. En la costa central se asume que la cordillera está hundida, pero en Arequipa el llamado Macizo de Arequipa es parte de la Cordillera de la Costa.

Llanura pre-andina o franja costanera

Es una estrecha franja de terreno que no supera los 100km de ancho, está ubicada a lo largo de la costa entre la cordillera de la costa y la cordillera occidental, presenta alturas entre 50 y 1500 m.s.n.m. Según Chacón (1995) su formación tiene relación con el levantamiento de la cordillera de los andes, lo que hoy es la llanura andina estuvo sumergida durante los periodos Paleozoico, Mesozoico, Terciario y parte del Cuaternario. Sus características geológicas determinan que en la base de la llanura pre-andina se encuentran rocas sedimentarias de edad cretácea; además la parte norte y sur de la llanura estuvo



sumergida durante el pleistoceno pero las fases tectónicas asociadas al levantamiento andino permitieron la formación de terrazas marinas conocidas como Tablazos.

Cordillera occidental

La cordillera occidental es el ramal occidental de la Cordillera de los Andes, tiene una altura máxima de 6768 msnm en el pico del Huascarán. Según Chacón (1995), la cordillera occidental está constituida por un núcleo Paleozoico por rocas mesozoicas y cenozoicas, que han sido deformadas por intenso plegamiento, fallas inversas y grandes sobreescurrecimientos. Además entre Ayacucho y la frontera con Chile alberga una notoria franja de conos volcánicos terciario-cuaternarios que siguen el alineamiento andino (Chacón, 1995).

Depresión interandina

Esta unidad está conformada por los valles longitudinales que se encuentran entre la cordillera occidental y la oriental, a su vez son cortados por valles transversales de rumbo Noreste a Suroeste.

El trabajo desarrollado por Chacón (1995) menciona que la formación de la depresión andina está relacionada a la existencia de una falla andino longitudinal desde el Nudo de Loja en Ecuador, hasta el Nudo de Vilcanota, pasando por el Nudo de Pasco. Además dicha falla controla el drenaje regional, a este sistema pertenecen los ríos Marañón, Mantaro, Apurímac y Vilcanota. Las fallas geológicas ejercen control sobre la orientación de los valles interandinos, como es el caso de las deflexiones de Pisco-Abancay y Cajamarca-Huancabamba, en esos casos las fallas de rumbo segmentan la Cordillera de los Andes, en dirección este-oeste.

Cordillera oriental

Ubicada al este de la Cordillera Occidental, es una cordillera con relieve más abrupto que la Occidental sobre todo en sectores donde la cordillera Oriental corta a los ríos Marañón, Mantaro, Apurímac y Urubamba.

La formación de la Cordillera Oriental se inicia durante el tectonismo Hercínico, sobre un núcleo pre-cambriano, el levantamiento de esta cordillera fue controlado por fallas regionales longitudinales.

Cuenca del Titicaca o Altiplano

Ubicada al sureste del Perú, es una superficie conocida también como la meseta del Collao con altitudes promedio que llegan a 3800 msnm, se extiende hacia Bolivia. Se caracteriza por ser una cuenca cerrada de drenaje radial hacia el Lago Titicaca, está limitada por la cordillera oriental y la cordillera andina. Los estudios de Chacón (1995) identifican rocas del basamento cubiertas por unos estratos de edad mesozoica, una secuencia de roca volcánica de edad Cenozoica.



Región sub-andina

La región sub-andina está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, tiene un relieve accidentado, las montañas del Shira, Contamana y Contaya forman parte de esta región.

Los estudios geológicos muestran que en esta zona se presentan fallas geológicas de tipo inverso y de sobre escurrimiento, además son zonas con presencia de plegamientos, las características de la traza de falla y el eje de los pliegues siguen la dirección andina con mayor fallamiento en el frente andino oriental (Chacón, 1995).

Llanura amazónica

La llanura amazónica es una amplia zona de relieve suave y cubierta de vegetación, que se extiende desde la Región Subandina hasta el Escudo Brasileiro. Según Chacón (1995) el subsuelo está conformado por una secuencia de sedimentos cenozoicos del tipo molasa, que subyace a rocas del mesozoico que encierran yacimientos petroleros.

2.2.2 Unidades geomorfológicas en el ámbito marino

Plataforma o Zócalo continental

Es una superficie continua que se extiende desde la línea de costa hacia mar adentro prolongándose hasta que se presente un cambio brusco de pendiente lo cual ocurre aproximadamente a 200 metros de distancia, sin embargo el ancho de la plataforma continental varía a lo largo de la costa peruana (Cuadro 4).

Las rocas que componen esta plataforma son las mismas que conforman el borde continental del cual son una prolongación.

Cuadro 4. Ancho de la plataforma o zócalo continental a lo largo de la costa peruana

LOCALIDAD	<i>Tumbes y Bayovar</i>	<i>Pimentel</i>	<i>Chimbote</i>	<i>Lima y Callao</i>	<i>Península de Paracas</i>	<i>Nazca y Tacna</i>
ANCHO DE LA PLATAFORMA (km)	10 a 40	100	110	40	19	5 a 28

Fuente: Chacón, 1995

Talud continental

Comprendido entre la plataforma continental y la fosa peruano-chilena, el talud continental presenta tres sectores característicos, a lo largo de todo el borde litoral peruano, dichos sectores son clasificados según el ancho y pendiente (Cuadro 5).



Cuadro 5. Talud continental frente al borde litoral peruano

	SECTOR NORTE (Entre la Península de Illescas y el Golfo de Guayaquil)	SECTOR CENTRO	SECTOR SUR (Entre Tacna y Península de Paracas)
ANCHO (KM)	70	150 (Máx. extensión lateral)	100 (Ancho promedio)
PENDIENTE	Fuerte	Moderada	Fuerte

Fuente. Chacón, 1995

Fosa peruano-chilena

Es una depresión submarina ubicada frente a las costas peruanas aproximadamente entre 80 y 230 km mar adentro. Se caracteriza por ser una fosa profunda que alcanza hasta 8 km de profundidad y marca el inicio de la zona de subducción. La fosa peruano-chilena tiene una orientación Noroeste-Sureste frente a las costas peruanas, pero cambia su orientación a Norte-Sur en la latitud 18° S.

Dorsal de Nazca

Ubicada sobre la placa de Nazca, es una dorsal submarina orientada Noreste-Suroeste, perpendicular a la fosa peruano-chilena. Se considera una dorsal asísmica que forma parte de la placa oceánica, sin embargo es importante reconocer que marca un límite en la Cordillera de los Andes, separa una zona de ausencia de actividad volcánica de otra con vulcanismo activo (Zamudio, 1998).

Estudios recientes, sobre anomalías magnéticas, permiten considerar la hipótesis de que la Dorsal de Nazca debe su origen a una antigua zona de creación de corteza que cesó su actividad hace 5 a 10 millones de años aproximadamente (Bernal y Tavera, 2002).

Fondos abisales

Comprenden las plataformas marinas ubicadas mar adentro, al oeste de la fosa peruano-chilena. Forman parte de la placa oceánica con profundidades del orden de los 4000 metros (Chacón, 1995).

Los fondos abisales están compuestos por rocas basálticas consecuencia de la nueva corteza oceánica que se forma en los bordes de los márgenes divergentes en la llamada Dorsal Meso-Pacífica.

2.3 TSUNAMIS

2.3.1 Definición de Tsunami

La palabra tsunami se origina de dos palabras japonesas tsu (puerto) y nami (ola), lo que podría ser traducido literalmente como "ola en el puerto". Sin embargo la comunidad científica adoptó el termino tsunami; según Yauri (2008) el termino tsunami se define como una ola o serie de olas que se producen en una masa de



D





agua al ser empujada violentamente por una fuerza que la desplaza verticalmente, originando un tren de ondas largas, con un periodo que va de varios minutos hasta una hora, y que se propaga a gran velocidad en todas direcciones desde la zona de origen.

Los tsunamis pueden originarse por una variedad de procesos geológicos tales como: deslizamientos submarinos de tierra, explosiones volcánicas, impactos de meteoritos y sismos en zonas de subducción, los sismos que generan los tsunamis reciben el nombre de sismo tsunamigénicos.

Son sismos tsunamigénicos aquellos que tienen magnitudes mayores a 7, con epicentro en el mar y profundidad superficial (menores a 60 kilómetros).

2.3.2 Características de un tsunami

Un tsunami se caracteriza por presentar una serie de ondas, motivo por el cual físicamente se puede simplificar asemejándolo a los elementos de cualquier otro tipo de onda que estudia la física. Términos como longitud de onda, amplitud, valle, cresta son utilizados para definir una onda de tsunami (Figura 6).

El Glosario de Tsunamis (Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 2013), define muchos conceptos, muy útiles en el estudio de los tsunamis:

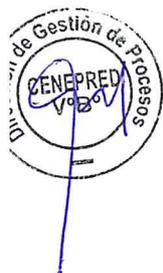
La longitud de onda, para tsunamis generados por terremotos, el rango de longitud de onda típico es de 20 a 300 km, para tsunamis generados por deslizamiento de tierras, el rango de la longitud de onda va de cientos de metros a decenas de kilómetros.

Periodo de tsunami, tiempo que tarda una ola de tsunami en completar un ciclo o una longitud de onda. El período de un tsunami normalmente dura de 5 a 60 minutos. A menudo, se calcula estableciendo la diferencia medida en un mareograma entre el tiempo de llegada de la cresta más alta con la siguiente cresta.

Altura de inundación o altura de tsunami, es la elevación alcanzada por el mar, se mide en relación con un datum dado como el nivel medio del agua o el nivel del agua en el momento de la llegada del tsunami, en una distancia de inundación específica. La altura de inundación es la suma de la profundidad del agua y la altitud topográfica local. También se conoce como altura del tsunami.

Run up

1. Diferencia entre la elevación de penetración máxima de un tsunami (línea de inundación) y el nivel del mar en el momento del tsunami. En términos prácticos, el run up sólo se mide en la costa en la que hay clara evidencia de inundación.
2. Elevación alcanzada por el mar medida en relación con algunos niveles fijos tales como el nivel medio del mar, bajamar media o el nivel del mar en el momento del tsunami, entre otros; y a la vez, idealmente medida en un punto correspondiente al máximo local de la inundación horizontal. En los lugares donde la elevación no esta medida en relación a la máxima inundación horizontal, ésta es denominada frecuentemente como altura de la inundación.





CENEPRED

2.3.3 Diferencias entre ola de viento y tsunami

Las olas de un tsunami no deben confundirse con las olas que comúnmente se observan en las playas (llamadas olas u ondas de viento). Las ondas de viento son generadas por la diferencia entre la velocidad del viento y la velocidad de las olas, si la velocidad del viento es menor a la velocidad de las olas, estas no se alteran. Si por el contrario, la velocidad del viento es mayor a la velocidad de las olas, estas originan olas de viento de mayor tamaño (Figura 7). En el caso de un tsunami el movimiento se genera en una gran masa de agua que es afectada por cualquiera de los mecanismos generadores, la energía que mueve la masa de agua se genera en el fondo marino y moviliza la masa de agua (Figura 8).

2.3.4 Velocidad y energía de las ondas de tsunami

Las ondas de tsunamis pueden tener diferentes formas dependiendo donde ellas son desplazadas con respecto a la línea de costa y la profundidad del agua (Geist, 1997, citado por Bryant, 2014). La forma simple de las ondas de los océanos es sinusoidal en forma y oscilatoria.

Las ondas oscilatorias son descritas por conveniencia por tres parámetros, su altura o elevación sobre la superficie de agua libre, su longitud de onda y la profundidad del agua. Estos parámetros pueden ser relacionados uno con otro por tres relaciones

$$H: L, \quad H: d, \quad L: d \dots \dots \dots Ec. 1$$

Donde

H: Altura de la onda de cresta a valle

L: longitud de onda

d: Profundidad del agua

Según Bryant (2014), la representación más simple de una ola de tsunami es una curva sinusoidal, la que puede ser caracterizada matemáticamente por funciones trigonométricas o lineares, por lo tanto, la propagación de tsunamis locales en aguas con profundidades mayores a 50m puede ser representada con estas funciones. Debido a que la profundidad de los océanos llega a un máximo de 8km, la mayoría de los tsunamis viajan como ondas superficiales. Si aplicásemos la relación de la Ecuación 1, se obtendrían valores menores a uno, lo que es característico de océanos abiertos (Bryant, 2014), En este caso la velocidad de estas ondas de tsunami, puede ser calculado utilizando la formula siguiente:

$$v = \sqrt{g.H} \dots \dots \dots Ec.2$$

Donde:

v es la velocidad de propagación de las ondas de tsunami

g, aceleración de la gravedad (9,81 m/s)

H, profundidad del océano



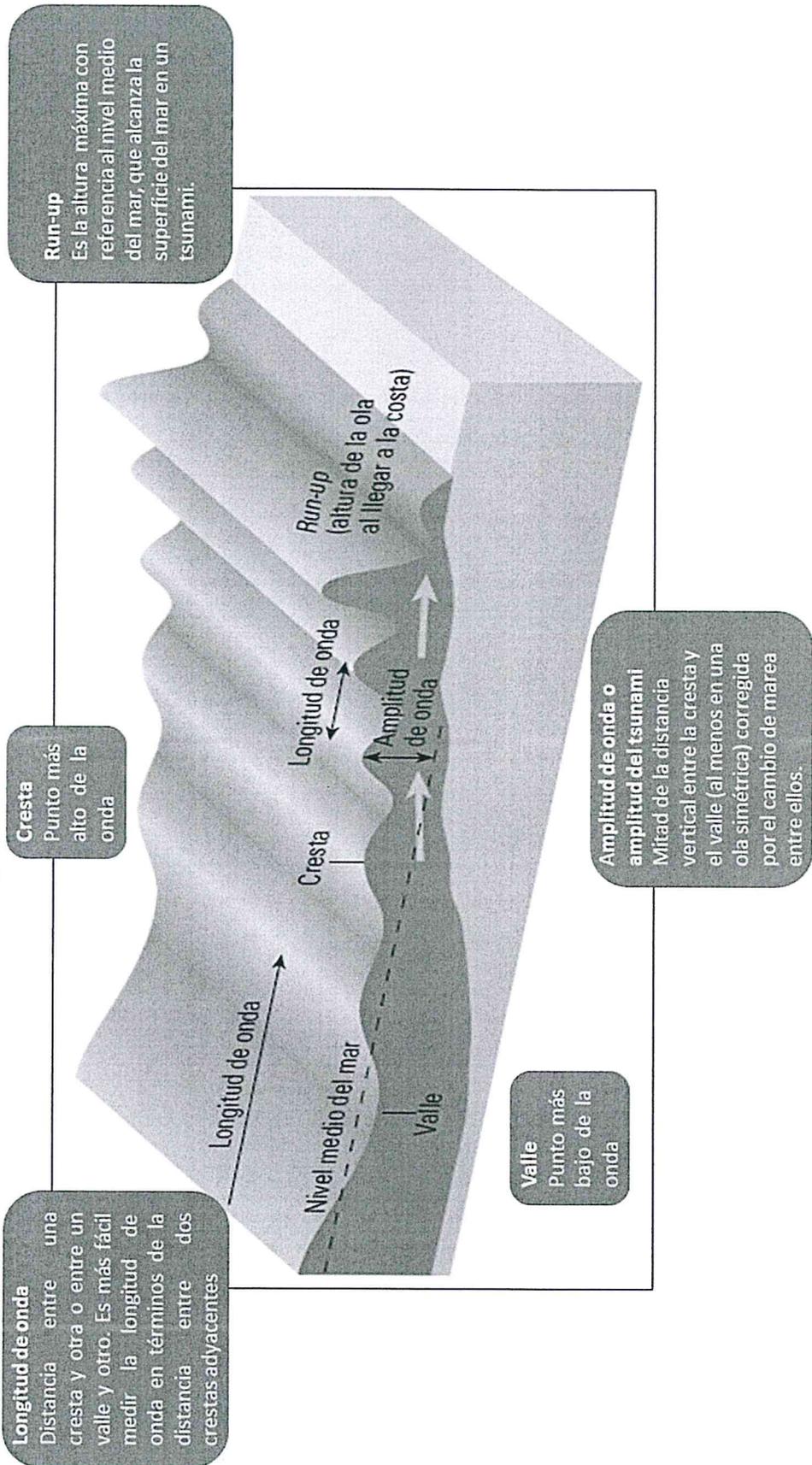


Figura 7. Elementos de un tsunami



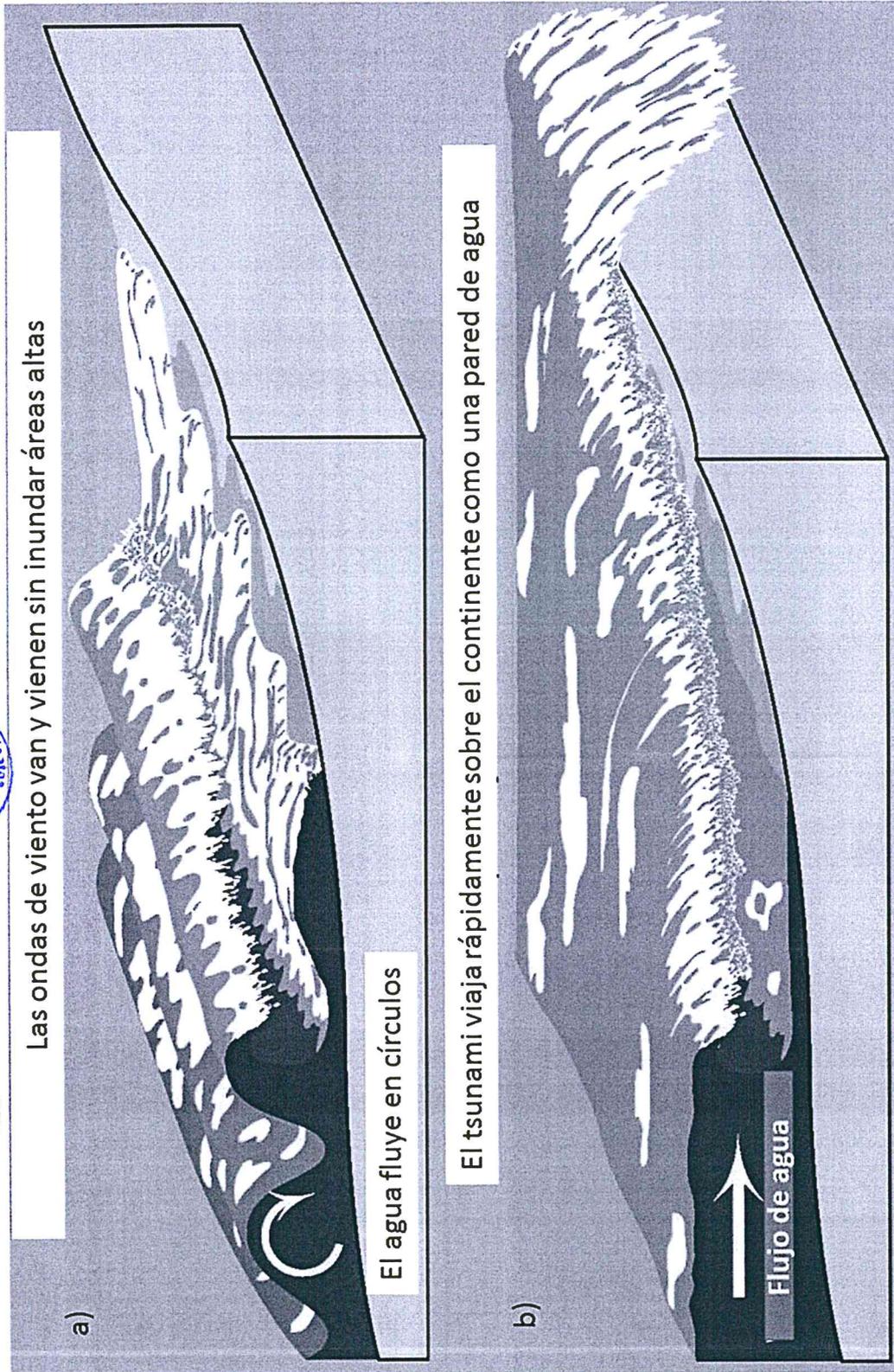
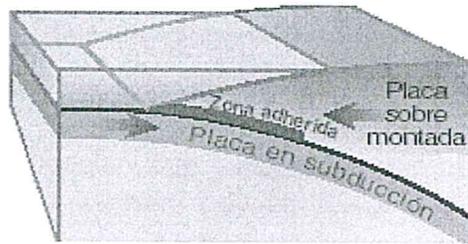


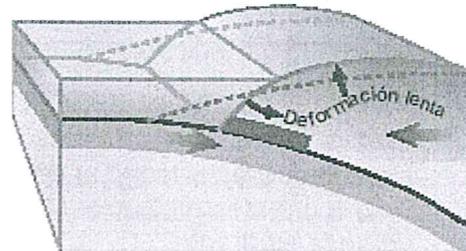
Figura 8. Diferencia entre olas de viento y tsunami.

- a) Las olas de viento se forman por la interacción entre el viento y el mar, cuando la velocidad del viento es mayor a la velocidad de la ola se generaran olas grandes.
- b) Cuando se produce un tsunami el movimiento de las ondas se genera a gran profundidad



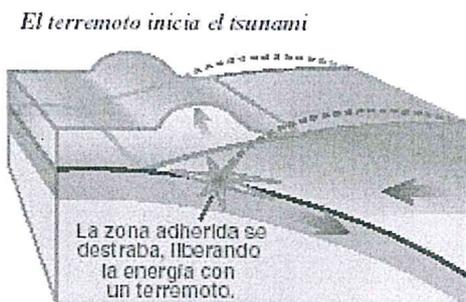
Corte vertical en una zona de subducción

Una "zona de subducción" se produce cuando una de las muchas placas tectónicas que conforman la corteza terrestre, descendiendo o "subduce" bajo una placa adyacente. Cuando las placas se desplazan repentinamente en un área donde se encontraban encajadas, ocurre un terremoto.



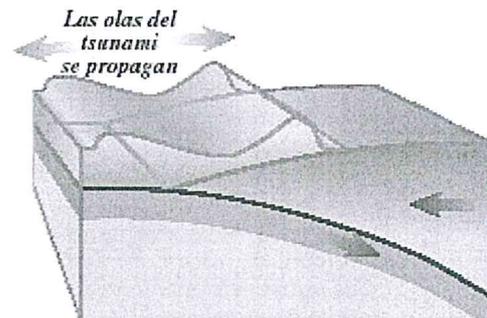
A. Entre terremotos

La zona encajada ocasiona que la placa superior se comprima por tensión. Esto produce que el borde frontal de la placa baje y que la parte posterior se abulte. Esta deformación demora décadas o siglos incrementando la tensión con el paso del tiempo.



B. Durante un terremoto

Un terremoto en una zona de subducción ocurre cuando el borde frontal de la placa superior se libera por la tensión y empuja al mar que está sobre ella. Este levantamiento del piso marino genera el tsunami. Al mismo tiempo, desaparece el abultamiento en la parte posterior de la placa, la placa sufre un desgaste y las áreas costeras descenden.



C. Minutos después

Una parte del tsunami se dirige a tierra, ganando altura a medida que se acerca a la costa. La otra parte cruza el océano hacia costas lejanas.

Figura 9. Esquema mostrando el proceso de desarrollo de un tsunami. Como se ve el proceso de tectónica de placas, que es continuo en nuestras costas, en A y B se origina el sismo o terremoto, este movimiento origina el tsunami que se propaga hacia el continente



Como se puede ver en la figura 9, un sismo que se origina en aguas profundas viaja a altas velocidades y puede recorrer grandes distancias. Por ejemplo si el océano tiene una profundidad de 7000 metros, las ondas que se generan a esta profundidad pueden viajar con velocidades de 943 km/h recordemos que la velocidad de un Boeing 777-200 es 905km/h. La alta velocidad de un tsunami de las características mencionadas permite que esta llegue al otro lado del océano en menos de un día.

Otra característica a destacar es la energía del tsunami, ella está inversamente relacionada a su longitud de onda, lo que quiere decir que incluso cuando esta viaja a grandes distancias, la pérdida de energía es muy poca ya que su longitud de onda es grande.

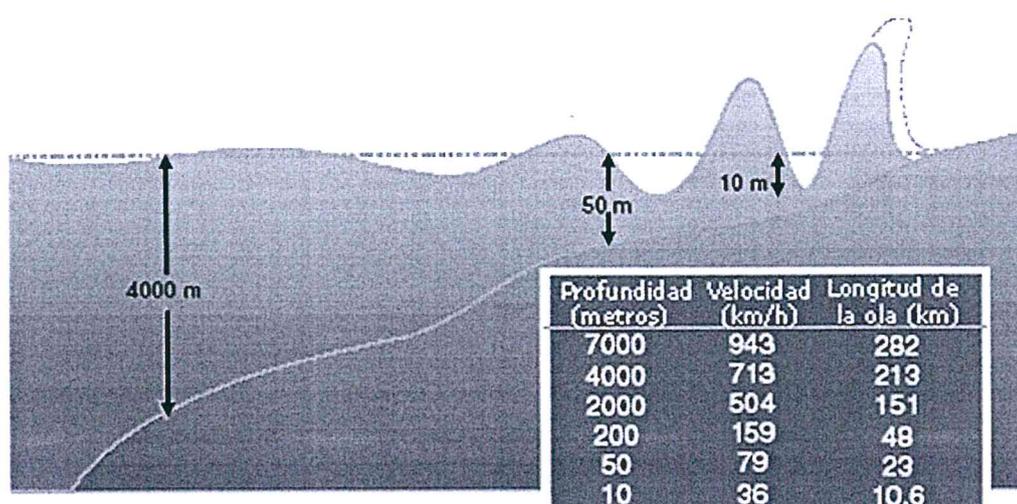


Figura 10. Relación entre profundidad, velocidad y longitud de onda de un tsunami. A mayor profundidad la velocidad y la longitud de onda aumentan, conforme el tsunami se acerca a la costa la velocidad disminuye pero, el tamaño de la ola aumenta.

2.3.5 Modelamiento de tsunamis

La propagación de los tsunamis pueden ser modelados mediante métodos de simulación numérica (modelos matemáticos). Estos modelos permiten conocer detalladamente los tiempos de arribo de las primeras olas de tsunami, las posibles áreas de inundación y la altura de las olas (Figura 10). Entre los distintos programas para modelar el tsunami tenemos el TUNAMI-N2, TTT (tsunami travel time), entre otros.

Los modelos matemáticos utilizan principalmente datos de la batimetría (topografía del fondo marino), topografía de la superficie costera, parámetros del sismo (epicentro, hipocentro, coordenadas, hora origen). Los resultados de estos modelos que se desarrollan en el mundo científico, son una gran herramienta para llevar a cabo trabajos relacionados a mitigación de desastres (Figura 11).



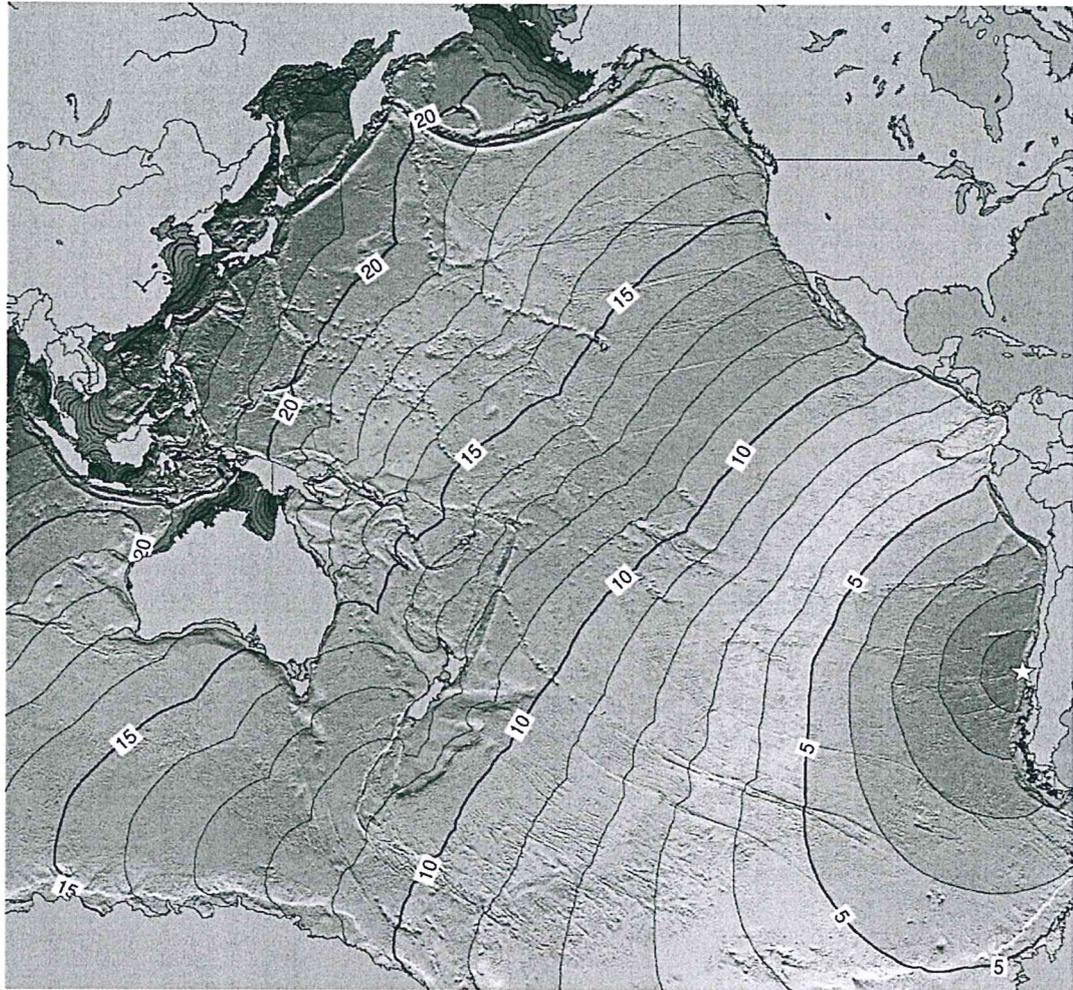
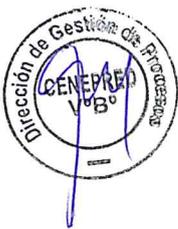



Figura 11. Mapa mostrando el tiempo de viaje del tsunami generado por el sismo del 22 de Mayo de 1960 con magnitud 9.5 Mw y epicentro en Valdivia, Chile. Cada una de las isócronas representa intervalos de 1 hora.



2.3.6 Ocurrencia de tsunamis a nivel mundial

El análisis estadístico de la ocurrencia de tsunamis a nivel mundial según Moggiano (2013), muestra que la mayor cantidad de tsunamis se han generado en el Océano Pacífico, seguida por el Mar Mediterráneo, Océano Atlántico, Mar del Caribe, Océano Indico y Mar Negro (Figura 13a). Según el mecanismo de generación, el mayor porcentaje de tsunamis se ha generado por sismos submarinos, seguido por deslizamientos submarinos de tierra, erupciones volcánicas y otros factores (Figura 13b).

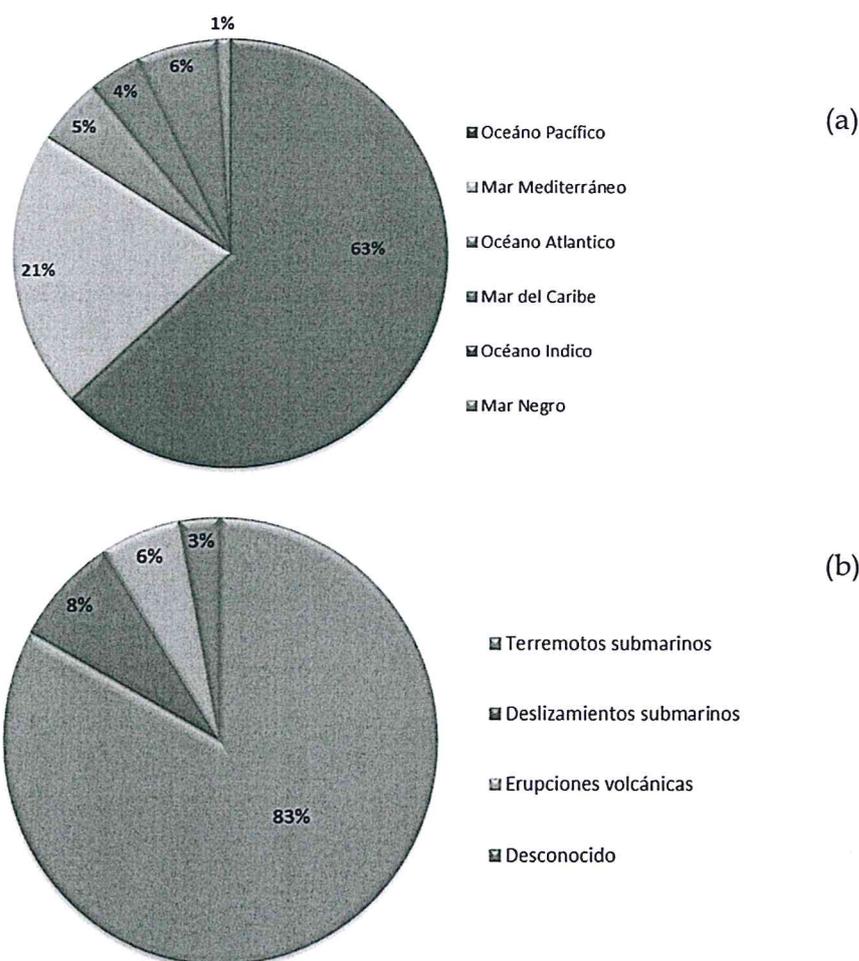


Figura 13. Ocurrencia de tsunamis según su mecanismo de generación (a), y según su posición geográfica (b)



[Handwritten signature]





Según lo mostrado y conociendo las características del territorio peruano, se puede afirmar que el Perú se encuentra ubicado en los porcentajes más altos, tanto por el mecanismo de generación (en nuestro país predominan sismos asociados al proceso de subducción), así como por su ubicación geográfica.

2.3.7 Clasificación de tsunamis

Los tsunamis pueden clasificarse según la distancia desde el punto de origen como, tsunamis de origen cercano y tsunamis de origen lejano.

Tsunamis de origen cercano

Cuando el tsunami es originado cerca a la costa hablamos de tsunamis de origen cercano o tsunami local, estos generan efectos destructivos a distancias menores de 100 kilómetros medidos desde el origen, lo que quiere decir a menos de una hora del viaje de la onda del tsunami. Los sismos locales, los deslizamientos de tierra o una erupción volcánica (como fue el caso del tsunami originado por el Volcán Krakatoa), pueden originar tsunamis locales.

Tsunamis de origen lejano

Los tsunamis de origen lejano o tsunamis regionales, son aquellos que se generan por eventos que ocurren a un máximo de 1000 km de su fuente, pero que causan destrucción en un lugar particular. En este caso las horas de arribo desde la fuente hasta las costas es de 3 horas.

La mayoría de los tsunamis destructivos pueden ser clasificados como locales o regionales, por lo que la mayoría de las muertes y de los daños materiales son causados por este tipo de tsunamis. Entre 1975 y 2012, se generaron 39 tsunamis locales o regionales, 26 de ellos en el Océano Pacífico y en sus mares adyacentes, que causaron 260.000 muertes y provocaron daños materiales valorados en miles de millones de dólares (COI, 2013).

2.3.8 Tsunamis en Perú

La ubicación geográfica del Perú y las características tectónicas a la cual está sometido, dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, hacen de la costa del Perú una zona proclive a la ocurrencia de tsunamis.

En el Perú los tsunamis son originados principalmente por sismos de gran magnitud. La información sísmica compilada en catálogos sísmicos, desde la época pre instrumental (antes del año 1964) e instrumental (desde el año 1964 a la actualidad), registra la ocurrencia de tsunamis muy destructores en nuestra historia sísmica.

Sismos tsunamigénicos antes del año 1964

El catálogo sísmico con información anterior al año 1964 incluye varios sismos que originaron tsunamis y que son descritos a continuación. Silgado (1978), ha compilado una gran cantidad de información referente a los efectos de los sismos antes del año 1964, la fuente de la información han sido narraciones, crónicas y otros documentos de la época.



①





Los sismos que originaron tsunamis son descritos a continuación:

FECHA	9 DE JULIO DE 1586
LUGAR	LIMA
DESCRIPCION:	
<p>Magnitud 8.1 Ms, según la descripción de Silgado (1978):</p> <p>“... A este gran sismo le siguió un tsunami que anegó gran porción de la costa. En el Callao el mar subió como dos brazas e inundó parte del Pueblo. El Virrey que se encontraba ese día en el puerto despachando la Armada Real, habiéndose salvado de perecer con el terremoto se instaló en una barraca, a unos trescientos pasos de la orilla, pero tornándose embravecido el mar tuvo que trasladarse con su comitiva a un lugar más alto y distante, relatando esas peripecias decía: “Me vino un aviso del puerto de que la mar se retiró y se recogió como siete estados (*) y volvió a salir muy alta sobre tierra...el agua llegó hasta el Monasterio de Santo Domingo (a unos 250 metros de la orilla)...”</p> <p>Debemos recordar que dos brazas equivalen aproximadamente a 4 metros. Y la mención que se hace al retiro del mar de “siete estados” es un equivalente de 14 metros, lo que quiere decir que después de ocurrido el sismo hubo un retroceso del mar de 14 metros, luego el mar retornó hacia el continente.</p>	
FECHA	24 DE NOVIEMBRE DE 1604
LUGAR	AREQUIPA, MOQUEGUA, TACNA
DESCRIPCION:	
<p>La magnitud de este sismo ha sido estimada en 8.4 Ms , según Silgado (1978):</p> <p>“ El movimiento se sintió en más de 1650 km. De norte a sur y en más o menos 130 km de la costa al interior. El mar saliéndose destruyó el Puerto de Arica donde murieron 23 personas y el Puerto de Pisco....En el valle y puerto de Ilo salió la mar casi media legua valle arriba y puerto de Ilo salió la mar casi media legua valle arriba arrancando muchas higueras antiguas...En la Villa de Camaná hizo la mar sus tres acometidas y retiradas, subiendo valle arriba más de media legua, destruyendo todo lo que halló en aquel espacio...En el puerto de Pisco, se retiró el mar y volvió furiosamente a tierra inundando todo el pueblo...Donde la mar hizo más estragos con sus flujos y reflujos fue en la ciudad y puerto de Arica ..se levantó el mar tan grande que parecía un alto monte, la cual fue hacia la parte que llaman Huayllacana y Chacalluta, legua y media de este pueblo y levantándose más alto de lo ordinario fue con gran furia asolando todo lo que topaba hasta dar con la cuesta de Huayllacana...”</p> <p>Una legua es una medida de longitud antigua cuyo equivalente está en el rango de 4 a 7 km y esto depende de la distancia recorrida aproximadamente en una hora.</p>	



(Handwritten signature)



**CENEPRED**

FECHA	20 DE OCTUBRE DE 1687
LUGAR	LIMA
DESCRIPCION:	
<p>Magnitud 8.2 Ms , según la descripción de Silgado (1978): “ En el Puerto del Callao, no ha quedado casa ni edificio en pie, ...al temblor se siguió otro enemigo de igual fuerza, pues retirándose la mar de manera que se vio gran parte del puerto seco, bolbió (sic) con mayor ímpetu y furia contra la tierra y la inundó toda ...Murieron en el puerto cerca de 300 personas...la ola marina entró al puerto por encima de las murallas haciendo encallar dos embarcaciones e hizo desaparecer un pueblo de indios pescadores llamado Quilcay (Lurín) situado a 5 leguas de Lima. Los estragos del maremoto fueron grandes a lo largo de la costa comprendida entre Chancay y Arequipa”.</p>	

FECHA	28 DE OCTUBRE DE 1746
LUGAR	LIMA
DESCRIPCION:	
<p>Magnitud 8,4 Ms, intensidad Mercalli X-XI grados. Según Silgado (1978): “...En el Puerto del Callao, quedaron arruinadas casi la totalidad de las edificaciones, resistiendo tan solo algunas torres y parte de las murallas; media hora después de que habían recuperado los ánimos sus habitantes el mar se erizó y elevándose a gran altura irrumpió sobre la población ahogando a gran parte de ella... Se relató que el mar avanzó como una legua tierra adentro. De 4000 habitantes que se componía la población del Callao, solo pudieron salvar unos 200...”</p>	

FECHA	13 DE AGOSTO DE 1868
LUGAR	CERCA AL PUERTO DE ARICA
DESCRIPCION:	
<p>Magnitud 8,6 Ms, intensidad Mercalli XI grados. Según Silgado (1978): “...A este terremoto, siguió un gran tsunami, en Arica serían como las 17:37 cuando se observó un impetuoso desbordamiento del mar. La primera ola alcanzó una altura de doce metros y arrasó completamente el puerto, llevándose en su vaciante todo lo que encontró al paso... El flujo y reflujo marino duraría unos 40 minutos y se sucedió una serie de corrientadas. A las 18:50 el mar irrumpió nuevamente con olas de dieciséis metros de altura. La tercera ola, la más violenta invadió tierra a las 19:10 y varó la corbeta peruana “América” de 1560 toneladas. El “Wateree” y el Portón Fredonia de los EEUU que fueron arrojados a 300 metros tierra adentro...”</p>	





FECHA	24 DE MAYO DE 1940
LUGAR	LIMA
DESCRIPCION:	
<p>La magnitud de este sismo ha sido estimada en 8.2 Ms , la intensidad Fue de VII-VIII grados en la escala de Mercalli. El epicentro se encontró en el límite de los departamentos de Ica y Arequipa, según la descripción de Silgado (1978), "Luego del terremoto se produjo un pequeño tsunami: en Ancón el mar retirándose como unos 150 metros, dejó en seco el muelle y llenándose lentamente inundó tierra y pasó encima del muro de defensa del malecón, anegando los hangares de la Base Aérea. El fenómeno de retroceso del mar se observó en la Punta, Callao y en Pisco"</p>	

FECHA	24 DE AGOSTO DE 1942
LUGAR	ICA-AREQUIPA
DESCRIPCION:	
<p>La magnitud de este sismo ha sido estimada en 8.4 Ms, la intensidad estimada para este sismo fue de IX grados en la escala de Mercalli. El epicentro se encontró en el límite de los departamentos de Ica y Arequipa; según la descripción de Silgado (1978), "en el puerto de Lomas, el mar se retiró más de 200 metros, regresando luego para inundar la población destruyendo embarcaciones , almacenes de la Aduana y causando inundaciones".</p>	



Sismos tsunamigénicos desde el año 1964

Los sismos tsunamigénicos de este periodo son descritos brevemente a continuación.

FECHA	17 DE OCTUBRE DE 1966
LUGAR	LIMA
DESCRIPCION:	
<p>La magnitud de este sismo ha sido estimada en 7.5 Ms, la intensidad estimada para este sismo fue de VIII grados en la escala de Mercalli. Según Silgado (1978), "a unos cincuenta minutos después del terremoto se produjo un tsunami moderado, registrándose la primera onda en los mareógrafos de la Punta, Chimbote y San Juan. En Casma y Tortugas hubo inundación, sufriendo grandes pérdidas varias fábricas pesqueras"</p>	



**CENEPRED**

FECHA	03 DE OCTUBRE DE 1974
LUGAR	LIMA
DESCRIPCION:	
<p>La magnitud de este sismo ha sido estimada en 7.5 Ms , la intensidad máxima fue de VIII-IX grados en la escala de Mercalli en Chorrillos. Según Silgado (1978), "...A los pocos minutos del sismo se observó en las playas cercanas a Lima una retirada del mar, que en Agua Dulce alcanzó unos 120 metros, volviendo las aguas a su cauce de manera gradual. En Pisco después del retroceso, inundó algunas casas del puerto próximas a la orilla. El mareógrafo de la Punta registró un máximo de ola de 5 pies, mientras que en el Puerto de San Juan alcanzó una elevación máxima de 4 pies"</p>	

FECHA	23 DE JUNIO DE 2001
LUGAR	AREQUIPA
DESCRIPCION:	
<p>El sismo ocurrido el 23 de junio de 2001, fue uno de los sismos de mayor magnitud e intensidad registrados en el Perú después del sismo de 1974. La magnitud calculada por el Instituto Geofísico del Perú (Tavera y otros, 2002) fue 8,3Mw, a una profundidad focal de 38 km y a una distancia epicentral de 82 km al nor-oeste de Ocoña. Este sismo causó un tsunami que afectó a la ciudad de Camaná causando la muerte de 23 personas, de acuerdo a Tavera y otros (2002) el tsunami alcanzó aquí alturas de 8 a 10 metros, en Camaná el mar se replegó hasta 200 metros y a su retorno ocasionó severos daños (Carpio y otros, 2002)</p>	

FECHA	15 DE AGOSTO DE 2007
LUGAR	AREQUIPA
DESCRIPCION:	
<p>El sismo tuvo una magnitud de 7.9Mw, con intensidades sísmicas de VIII en Pisco y Chíncha, el tsunami tardó en llegar a las costas de Chíncha y Pisco entre 20 a 25 minutos, hacia el sur de la península de Paracas el tsunami llegó a 15 minutos de ocurrido el sismo (Yauri y otros, 2008).</p>	





3 CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO POR TSUNAMI

Evaluar el peligro es estimar o valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos (se refiere al fenómeno mismo en términos de sus características y su dimensión) en el tiempo y ámbito geográfico determinado.

Las instituciones técnicas – científicas elaboran estudios y/o informes técnicos cuyo nivel técnico de detalle varía desde estimaciones generales hasta análisis detallados de la susceptibilidad del área de estudio expuesta a los peligro(s), todo esto con la finalidad de determinar un mapa de peligro.

Se recomienda que la evaluación del peligro por tsunami sea hecho bajo la supervisión de un especialista.

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO POR TSUNAMI

En esta etapa de la evaluación se necesita identificar el peligro, conocer la distancia de la zona a evaluar en relación a la línea de costa, las evidencias de daños o efectos provocados por sismos tsunamigénicos en períodos de tiempo pasados (años o inclusive siglos).

La identificación de esas probables áreas de influencia de los tsunamis se realiza en una primera instancia sobre la base del conocimiento histórico de los impactos producidos en los ámbitos geográficos expuestos. Esto se efectúa básicamente mediante la sistematización de la toda la información a detalle recopilada (geográfica, urbanística, infraestructuras básicas y servicios esenciales).

Sobre los resultados de dicho análisis, y con la asesoría de las entidades técnico-científicas, se plantea una priorización de los ámbitos con una mayor probabilidad de ser afectados a nivel nacional, regional y local. La información histórica (recurrencia) y los parámetros característicos de los eventos naturales son elementos esenciales en este proceso.

Para una adecuada identificación de las áreas probables de influencia de tsunamis, es muy importante una adecuada caracterización de los mismos.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

Como está estipulado en el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales” elaborado por el CENEPRED, para la descripción del peligro se utiliza información de fuentes primarias y/o secundarias, esta descripción debe contener elementos generales del peligro (geología, geomorfología, litología, otros); se basará en investigaciones históricas y vigentes elaboradas por las entidades públicas, entidades técnicas científicas; mediante la observación directa en campo.

En líneas generales la información que se recopila podrá ser:

- Información técnica científica proporcionada por el ente competente sobre el o los peligros identificados.





CENEPRED

- Información de los registros de emergencias atendidas y proporcionadas por los diferentes niveles de gobierno.
- Estudios, reportes, e informes, orientados a información histórica y actualizada sobre el peligro, en el caso de tsunamis lo proporciona la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) y el Instituto Geofísico del Perú (IGP).
- Información de mapas de susceptibilidad ante la ocurrencia de tsunamis.

3.3 ANALISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD

Se entiende por susceptibilidad, la predisposición a que un evento ocurra sobre un determinado ámbito geográfico. Si en un punto geográfico se conocen las características geológicas, hidrológicas, climáticas, etc. y además se cuenta con información histórica de eventos similares a los que motivan el estudio, entonces se puede determinar la mayor o menor susceptibilidad de la zona, lo que quiere decir que la susceptibilidad va a depender de los factores desencadenantes y condicionantes del fenómeno.

Un tsunami no es un evento frecuente, pero en caso de producirse las zonas más afectadas serían los centros poblados ubicados en el litoral. Se tendrían zonas que pueden ser inundadas y hasta destruidas total o parcialmente, estas serían zonas de alta susceptibilidad; mientras que otras zonas donde no se producen inundaciones ni efectos destructores serían clasificadas como zonas de baja susceptibilidad.

Para determinar la susceptibilidad se consideran dos factores importantes, el factor desencadenante y el factor condicionante.

3.3.1 Factores desencadenantes.

Son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico (Figura 14).

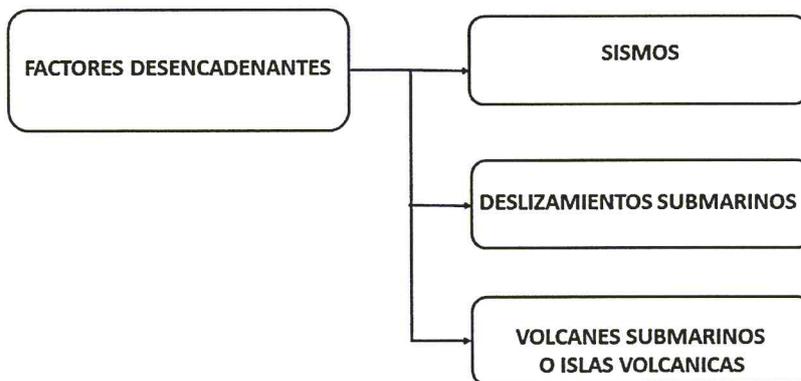


Figura 14. Factores desencadenantes del peligro



3.3.2 Factores condicionantes.

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, contribuyen de manera favorable o no al desarrollo del tsunami, así como a su distribución espacial (Figura 15).

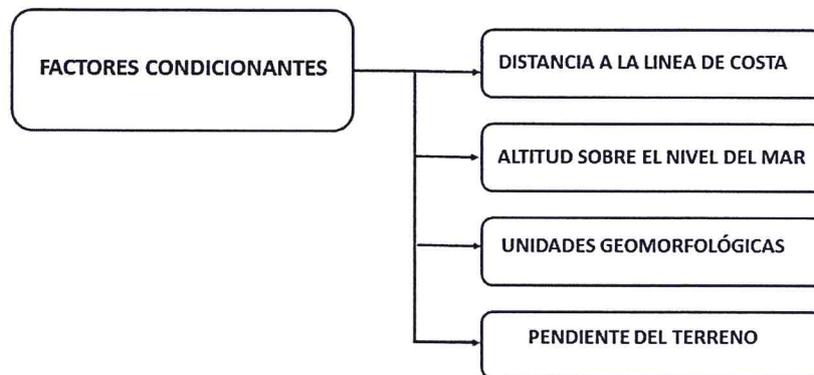


Figura 15. Factores condicionantes del peligro

3.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

3.4.1 Parámetros y descriptores ponderados para la caracterización del fenómeno de tsunami

Se recomienda que cada parámetro a analizar tenga cinco descriptores como se muestra en los cuadros siguientes.

Los valores numéricos (pesos) son obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico, el procedimiento matemático se explica en los anexos 3 y 4.

PARÁMETRO	GRADO DE TSUNAMI		PESO PONDERADO	
DESCRPTORES	T1	Grado = 4. Altura de ola mayor a 30m. Run up entre 16 - 24 m. Daños extendidos sobre más de 500km a lo largo de la línea costera.	PT1	0.503
	T2	Grado = 3. Altura de ola entre 10 - 20m. Run up entre 8- 12 m. Daños extendidos a lo largo de 400km de la costa.	PT2	0.260
	T3	Grado = 2. Altura de ola entre 5 -10m. Run up entre 4 - 6 m. Hombres, barcos y casas son barridos.	PT3	0.134
	T4	Grado = 1. Altura de ola entre 2 - 5m. Run up entre 2 - 3 m. Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.	PT4	0.068
	T5	Grado=0. Altura de la ola entre 1 -2 m. Run Up entre 1- 1.5m. No produce daños.	PT5	0.035

Modificado: CENEPRED

Intensidad de tsunami (Soloviev)

PARÁMETRO		MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO:.....	
DESCRIPTORES	MS1	Mayor a 7	PMS1	0.503
	MS2	6.4 < magnitud ≤ 7	PMS2	0.260
	MS3	6.0 < magnitud ≤ 6.4	PMS3	0.134
	MS4	5.5 < magnitud ≤ 6.0	PMS4	0.068
	MS5	Magnitud ≤ 5.5	PMS5	0.035

Modificado: CENEPRED

PARAMETRO		VALORES DE INTENSIDAD	PESO PONDERADO:.....	
DESCRIPTORES	IT1	VI: Desastroso. Destrucción parcial o completa de estructuras hechas por el hombre a cierta distancia de la costa. Inundación de costas a gran nivel de profundidad. Dañadas severamente grandes naves. Árboles arrancados de raíz o partidos por las olas. Ocurren muchas muertes. Run up igual a 16m.	PIT1	0.503
	IT2	V: Muy grande. Inundación general de la costa a cierto nivel. Resultan dañados muelles y otras estructuras pesadas cerca del mar y las estructuras ligeras destruidas. Severa limpieza de tierra cultivada y acumulación de objetos flotantes, peces y otros animales muertos, en la costa. Con la excepción de grandes naves, todos los buques son arrastrados a tierra o hacia el mar. Grandes socavamientos en estuarios. Daños en puertos. Personas ahogadas, olas acompañadas por un fuerte rugido.	PIT2	0.260
	IT3	IV: Grande. Inundaciones de la costa de cierta profundidad. Ligero azote de objetos en tierra. Terraplenes y diques dañados. Daño en estructuras livianas cerca de las costas. Estructuras sólidas en las costas resultan ligeramente dañadas. Grandes buques de pesca y pequeños barcos hundidos en tierra o llevados fuera del océano. Costas ensuciadas con basura flotando.	PIT3	0.134
	IT4	III: Algo grande. Olas generalmente observadas. Inundaciones en costas de pendientes suaves. Veleros o embarcaciones ligeras arrastradas fuera de la costa. Moderado daño a estructuras livianas situadas cerca de las costas. En estuarios hay reversión del flujo hasta cierta distancia aguas arriba del torrente de los ríos.	PIT4	0.068
	IT5	II: Ligero. Olas observadas por personas que viven a lo largo de la costa y familiarizados con el comportamiento del océano. En costas muy planas las olas son generalmente observadas. I: Muy ligero. Olas débiles pueden ser perceptibles solo en mareógrafos.	PIT5	0.035

Adaptado de Yauri (2008)

Se debe tener en cuenta que los cuadros mostrados para caracterizar el tsunami son netamente referenciales, tanto los parámetros, como sus descriptores y sus respectivos pesos ponderados deben ser determinados por el evaluador en función a las características propias del fenómeno en la zona geográfica a estudiar.

3.4.2 Estudios previos de peligrosidad y riesgo

El literal a del artículo 8 del Reglamento de la Ley N° 29664, señala como uno de los objetivos del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la identificación de los peligros, el análisis de las vulnerabilidades y el establecimiento de los niveles de riesgo para la toma de decisiones oportunas en la Gestión del Riesgo de Desastres. Además, el literal d, del artículo 12 de la mencionada ley, establece como una de las funciones del CENEPRED el asesorar en el desarrollo de las acciones y procedimientos antes mencionados.

Adicionalmente los incisos 6.9 y 6.14 del artículo 6, Ley N° 29664, señalan dentro de las funciones del CENEPRED el “Establecer espacios de coordinación y participación de las entidades académicas y técnico científicas y monitorear el desarrollo de contenidos del proceso de estimación del riesgo” y “Realizar estudios e investigaciones inherentes a los procesos de estimación, prevención y reducción de riesgo, así como de reconstrucción”

El Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) es una plataforma que cuenta con documentación e información geoespacial que puede ser utilizada libremente, para llevar a cabo los estudios de evaluación del riesgo para todo tipo de fenómeno.

3.5 ESTRATIFICACIÓN DEL PELIGRO

Para fines de la Evaluación de Riesgos, las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y valor correspondiente se determinan en función de la realidad, fuentes de información, etc. (Cuadro 6).

Se debe indicar que la descripción y los rangos que se muestran a continuación son solamente de referencia, pues estas se desarrollan en función de la información obtenida, características geofísicas y sobre todo del criterio del equipo técnico multidisciplinario. Los rangos presentados son de referencia y deben ser calculados utilizando el análisis jerárquico.

Cuadro 6. Niveles de Peligro

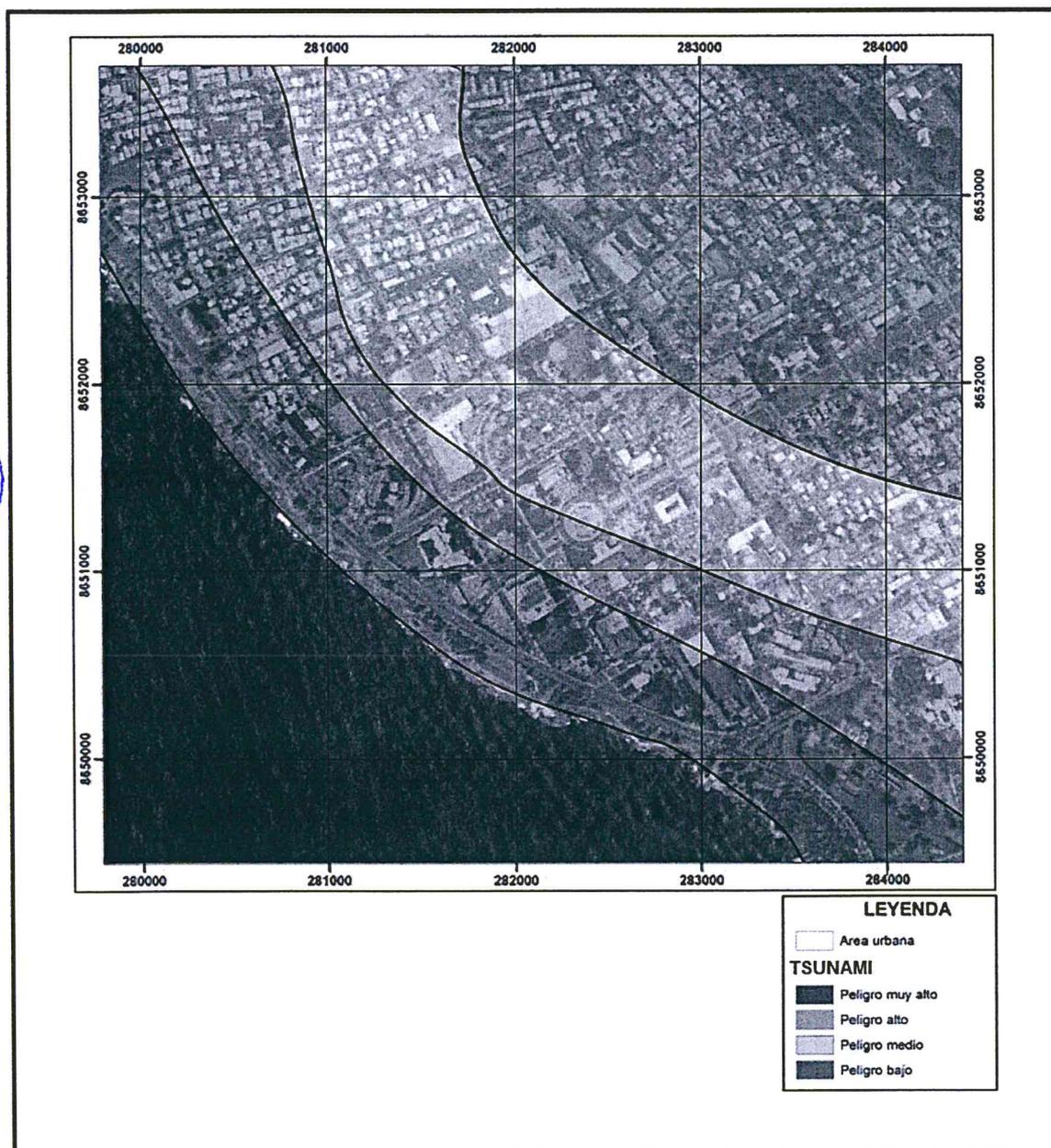
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Zonas de pendiente menor a 5°, Zona de playa, margen litoral, depósitos eólicos. Planicie aluvial	$0.260 \leq R < 0.503$
PELIGRO ALTO	Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Pendiente 5° a 10°. Zonas de planicie aluvial o llanura aluvial. Laderas de colinas de poca altura.	$0.134 \leq R < 0.260$
PELIGRO MEDIO	Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Pendiente 10° a 15°, Zonas de estabilidad marginal, colinas de rocas sedimentarias.	$0.068 \leq R < 0.134$
PELIGRO BAJO	Tsunami: Grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, Intensidad algo grandes y/o ligeras. Pendiente menor a 20°, montañas de rocas intrusivas.	$0.035 \leq R < 0.068$

3.6 MAPA DE PELIGRO

3.6.1 Elaboración del mapa de peligro

La elaboración del mapa de peligros por tsunamis se desarrollará en función de los resultados obtenidos, utilizando un sistema de información geográfica y según el formato establecido en el "Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales", elaborado por el CENEPRED.

Se recomienda que el mapa de peligro por tsunami sea previamente revisado por un especialista en el tema.



Mapa 2. Ejemplo de mapa preliminar de peligro por tsunamis



4 ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

4.1 DELIMITACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

El mapa de peligro permite determinar el área potencial de impacto al peligro, dentro de esta área se deben identificar los elementos expuestos y /o Unidad Productora de Bienes (Infraestructura), ubicados en zonas susceptibles que pueden sufrir los efectos de un determinado peligro.

Luego de delimitada el área de influencia del peligro se identifican los elementos expuestos que serían afectados en los sectores social, económico y ambiental; el equipo de trabajo del gobierno local o del gobierno regional tomará como referencia para tal propósito el cuadro de estimación sectorial de la Guía Metodológica para la Evaluación de los Efectos Socioeconómicos y Ambientales e Impactos de los Desastres (CENEPRED, 2014) y la Guía general para identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública, a nivel de perfil (MEF, 2015).

4.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

Delimitados e identificados los elementos expuestos se cuantifican. Esta información es insumo necesario para las recomendaciones de carácter estructural.

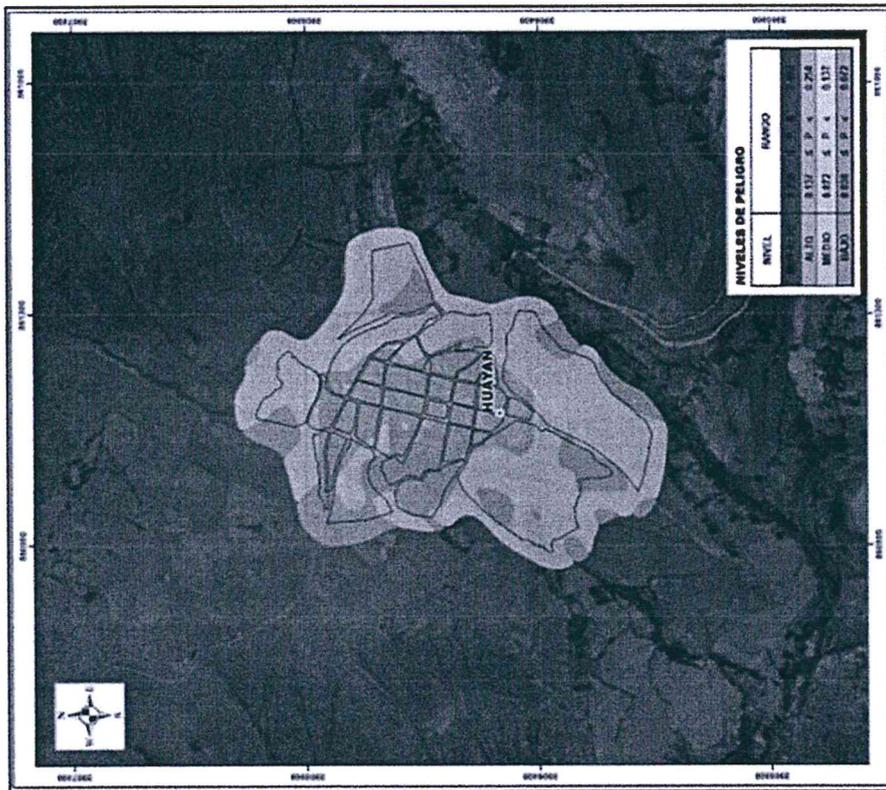
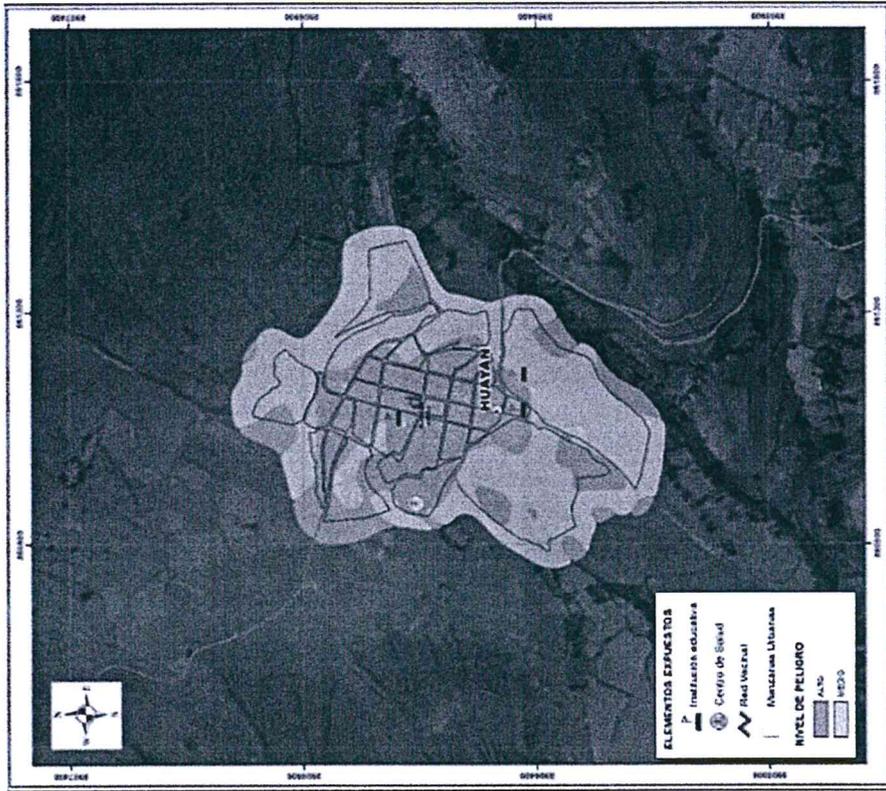
Luego de identificados y cuantificados los elementos expuestos se elabora el mapa respectivo considerando los elementos expuestos sobre el mapa de peligro.

Quantificación de los Elementos Expuestos

SECTORES SOCIALES			
Población	Personas (Hombres y Mujeres)	x	120
Educación	Centros Educativos	X	1
Vivienda	Viviendas	X	45
	Infraestructura de plazas y parques	X	1 Plaza
	Infraestructura del ornato público: bancas, postes, lámparas de alumbrado público	X	10 Banquetas, 5 Postes de Iluminación
Cultura	Bienes culturales	X	1 Iglesia
SECTORES ECONÓMICOS			
Agropecuario	Suelos agrícolas	X	1.7 Hectáreas
Electricidad	Instalaciones del sector eléctrico	X	600 m
Agua y Saneamiento	Tuberías	X	300 m
Comercio	Inmuebles	X	5 tiendas
Administración Pública	Servicios sociales, comunales y asistencia social	X	1 Centro municipal
SECTORES TRANSVERSALES			
Medio ambiente	Cultivos alimentarios	X	1.7 Hectáreas

Elaboración propia.





A la izquierda se presenta el mapa de peligro, sobre este mapa se deben identificar los elementos expuestos, el mapa final será similar al mapa de la derecha.

5 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

El numeral 2.20, del artículo 2, del Reglamento de la Ley N° 29664, aprobada por Decreto Supremo N°048-2011-PCM, define la vulnerabilidad como “la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza”. (Figura 16).

El crecimiento poblacional, los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, ha aumentado en forma gradual la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural.

Para reducir el riesgo no habría otra alternativa que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos, esto tiene relación con la gestión prospectiva y correctiva de la Gestión del Riesgo de Desastres.

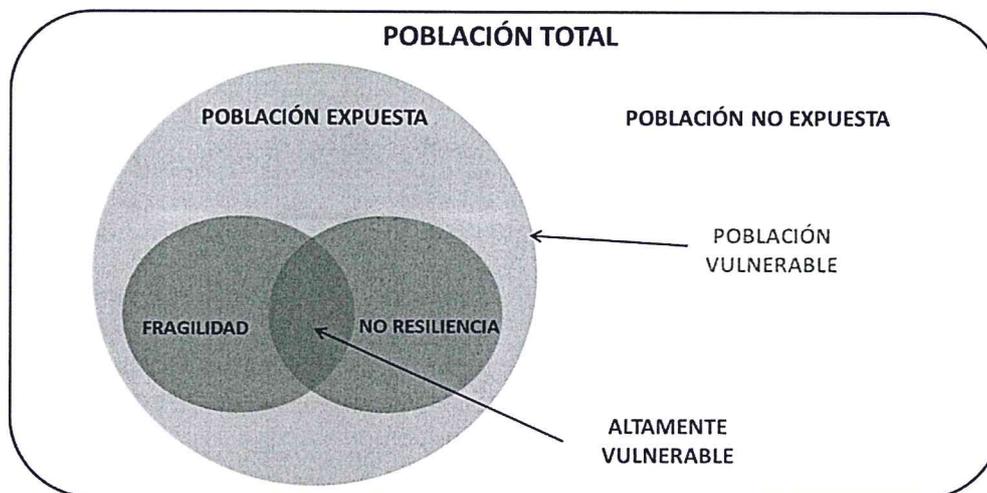


Figura 16. Distribución de la población en términos de vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se evalúa las condiciones de los factores de la vulnerabilidad: fragilidad y resiliencia, de la población y sus medios de vida.

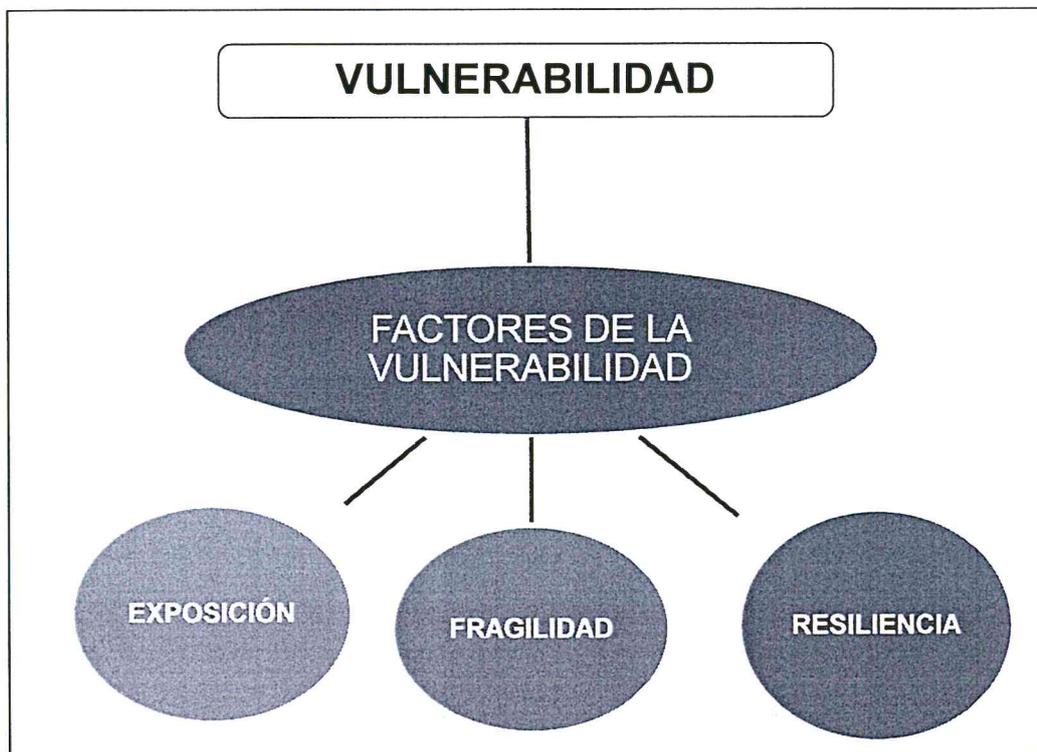





CENEPRED

5.1 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE LA VULNERABILIDAD

Los factores de vulnerabilidad son descritos a continuación:



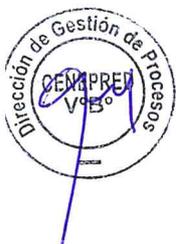
5.1.1 Exposición

Esta referida a la identificación y cuantificación de los elementos expuestos ubicados en zonas susceptibles que pueden sufrir los efectos de un determinado peligro (personas, recursos, servicios, ecosistemas, entre otros).

La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. Cuando mayor sea la exposición, mayor será la vulnerabilidad (Figura 17).

5.1.2 Fragilidad

Esta referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, a mayor fragilidad, mayor será la vulnerabilidad (Figura 18).



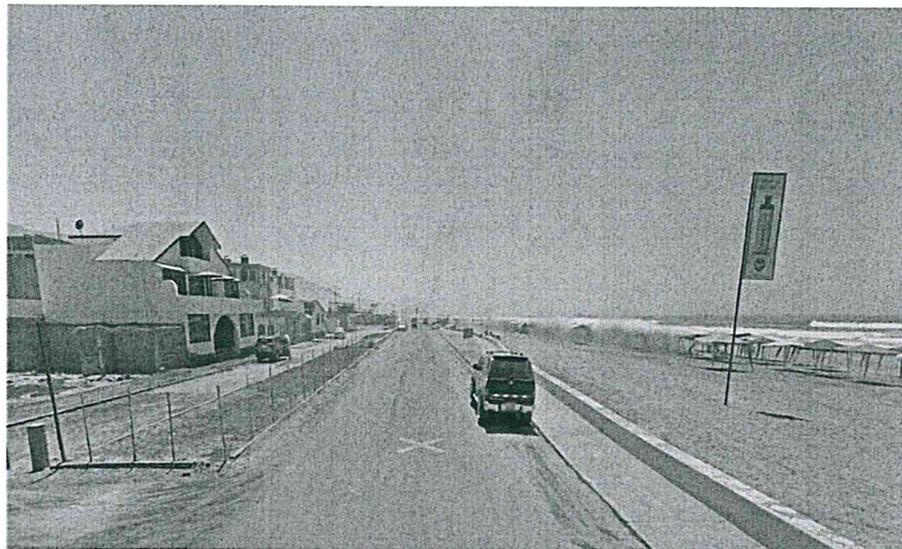


Figura 17. Viviendas ubicadas al nivel del mar, es un ejemplo de un elemento expuesto a un tsunami en Camaná



Figura 18. Viviendas en estado ruinoso en el centro de Lima

5.1.3 Resiliencia

Esta referida a la capacidad de las personas, familias, comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro o amenaza; así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados y protegerse mejor en el futuro, asociada a condiciones sociales y de organización de la población. Cuando la resiliencia es mayor entonces la vulnerabilidad será menor (Figura 19).





Figura 19. Los gobiernos locales están instruyendo a la comunidad organizando charlas, simulacros y señalizando las vías de escape en caso de tsunami



5.2 DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad debe analizarse en cuatro dimensiones:

Dimensión física

Está relacionada a las condiciones específicas de infraestructura y ubicación de la comunidad, centro poblado o sector que pueden sufrir los efectos (daños y pérdidas) por acción del peligro.

Dimensión social

Está relacionada al conjunto de comportamientos, creencias, formas de organización y manera de actuar de una comunidad, centro poblado o sector que pueden sufrir los efectos por acción del peligro.

Dimensión económica

Está relacionada con la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos que tienen los miembros de una comunidad, centro poblado o sector, este tipo de vulnerabilidad tiene que ver con la mala utilización de los recursos disponibles para una correcta gestión del riesgo.

Dimensión ambiental

Está relacionada a cómo una comunidad, centro poblado o sector utiliza de forma no sostenible los elementos de su entorno, con lo cual debilita la capacidad de los ecosistemas, de tal manera que puede sufrir los efectos por acción del peligro.

En cada una de las dimensiones se identifican los parámetros a evaluar para los factores de fragilidad y resiliencia.





Si en algún caso no existe información relevante para evaluar alguna de estas dimensiones de vulnerabilidad, se puede obviar esa dimensión explicando en el informe el motivo por el cual se tomó esa decisión.

Se debe tener en cuenta que los cuadros mostrados para caracterizar la vulnerabilidad ante un tsunami son netamente referenciales, tanto los parámetros como sus descriptores y sus respectivos pesos ponderados, deben ser determinados por el evaluador en función a las características propias de vulnerabilidad de la zona geográfica a estudiar.

5.2.1 Dimensión Física

Exposición

Está relacionada a la localización de viviendas, instituciones educativas, centros de salud, dentro de la zona de influencia del peligro (Cuadro 7).

Cuadro 7. Localización de la vivienda

PARÁMETRO		LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Muy cercana 0.2 a 0	PFS21	0.503
	FS22	Cercana 0.2 – 1km	PFS22	0.260
	FS23	Medianamente alejada 1km - 3km	PFS23	0.134
	FS24	Alejada 3 km a 5km	PFS24	0.068
	FS25	Muy alejada > 5 km	PFS25	0.035

Fragilidad física

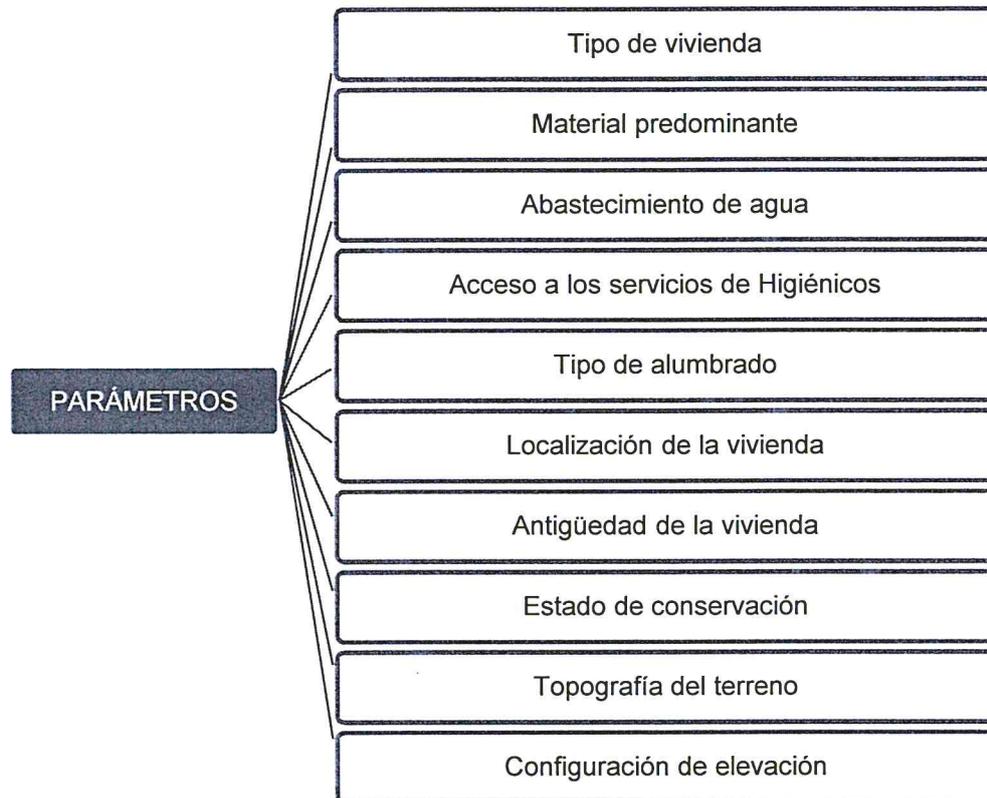
Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad y ubicación que tienen los activos físicos frente al impacto de un peligro (Cuadros 8 al 15).

Para determinar la susceptibilidad de los activos físicos ante un determinado peligro, se analiza la fragilidad mediante las variables y/o parámetros; los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

En muchas comunidades o centros poblado, el control de uso de suelo por parte del sector privado es extremadamente difícil, particularmente los sectores informales y los centros poblados tienen el mayor riesgo por desastre, porque están ubicadas en zonas de altas pendientes y otras áreas marginales.

Es difícil para la población cubrir sus necesidades diarias básicas si la electricidad se ha interrumpido, los puentes han colapsado, los teléfonos no funcionan y las tuberías de distribución de agua están rotas. La población más pobre tiende a vivir en asentamientos humanos que no cuentan con esos servicios básicos.





Fuente: Elaboración propia

Cuadro 8. Material de construcción de la edificación

PARÁMETRO		MATERIAL PREDOMINANTE	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Estera, madera o triplay	PFS21	0.503
	FS22	Adobe o tapia	PFS22	0.260
	FS23	Quincha (caña con barro)	PFS23	0.134
	FS24	Piedra con cemento	PFS24	0.068
	FS25	Ladrillo o bloque de cemento	PFS25	0.035

Cuadro 9. Topografía del terreno

PARÁMETRO		PENDIENTE DEL TERRENO (P)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS46	$50\% < P \leq 80\%$	PFS46	0.503
	FS47	$30\% < P \leq 50\%$	PFS47	0.260
	FS48	$20\% < P \leq 30\%$	PFS48	0.134
	FS49	$10\% < P \leq 20\%$	PFS49	0.068
	FS50	$P \leq 10\%$	PFS50	0.035

Cuadro 10. Configuración de elevación de la edificación

PARÁMETRO		NÚMERO DE PISOS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS31	5 pisos a más.	PFS31	0.503
	FS32	4 pisos	PFS32	0.260
	FS33	3 pisos	PFS33	0.134
	FS34	2 pisos	PFS34	0.068
	FS35	1 piso	PFS35	0.035

Cuadro 11. Antigüedad de construcción de la edificación

PARÁMETRO		ANTIGÜEDAD EN AÑOS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS26	De 40 años a más.	PFS26	0.503
	FS27	De 30 a 40 años	PFS27	0.260
	FS28	De 20 a 30 años	PFS28	0.134
	FS29	De 10 a 20 años	PFS29	0.068
	FS30	Menor a 10 años	PFS30	0.035

Cuadro 12. Estado de conservación de la edificación

PARÁMETRO		CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso	PFS21	0.503
	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	PFS22	0.260
	FS23	Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso.	PFS23	0.134
	FS24	Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	PFS24	0.068
	FS25	Reciben mantenimiento permanente, no presenta deterioro alguno.	PFS25	0.035



Cuadro 13. Viviendas localizadas en áreas inseguras

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS EN ÁREAS INSEGURAS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Más del 80% del total	PFS21	0.503
	FS22	Entre 60 a 80% del total	PFS22	0.260
	FS23	Entre 60 a 10%	PFS23	0.134
	FS24	Menor de 10%	PFS24	0.068
	FS25	Ninguna	PFS25	0.035

Cuadro 14. Viviendas con acceso al agua potable

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS CON ACCESO AL AGUA POTABLE	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS21	Ninguna	PFS21	0.503
	FS22	AAP ≤ 20%.	PFS22	0.260
	FS23	20% < AAP ≤ 30%	PFS23	0.134
	FS24	30% < AAP ≤ 50 %	PFS24	0.068
	FS25	AAP > 50%	PFS25	0.035

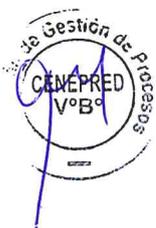
Resiliencia física:

Está referida a la capacidad que tienen las instituciones públicas o privadas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse frente al impacto de un peligro (Cuadros 15 y 16).

Se analiza la resiliencia física mediante las variables y/o parámetros: los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

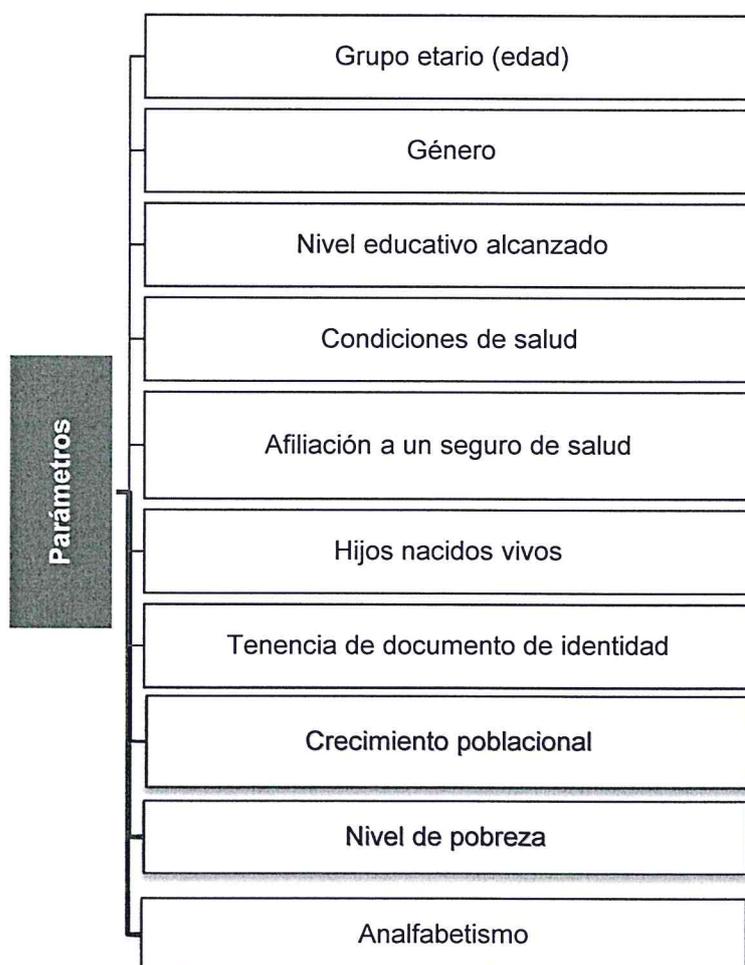
Cuadro 15. Cumplimiento con el código de construcción

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE CUMPLEN CON EL CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS26	V < 20%.	PFS26	0.503
	FS27	30% < V ≤ 20%	PFS27	0.260
	FS28	50% < V ≤ 30%	PFS28	0.134
	FS29	70% < V ≤ 50%	PFS29	0.068
	FS30	V > 70%	PFS30	0.035

Cuadro 16. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE CUMPLEN MEDIDAS DE REFORZAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA Y/O EDIFICACIONES	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS26	$C < 20\%$	PFS26	0.503
	FS27	$30\% < C \leq 20\%$	PFS27	0.260
	FS28	$50\% < C \leq 30\%$	PFS28	0.134
	FS29	$70\% < C \leq 50\%$	PFS29	0.068
	FS30	$C > 70\%$	PFS30	0.035

5.2.2 Dimensión Social:



CENEPRED

Exposición social

Está relacionada a la localización de la población dentro del área de influencia.

Fragilidad social

Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad que tiene el ser humano y sus medios de vida frente a un peligro (Cuadros 17 al 22).

Para determinar la susceptibilidad de la población y sus medios de vida ante un determinado peligro, se analiza la fragilidad social, mediante las variables y/o parámetros; los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 17. Grupo etario

PARÁMETRO		RANGO DE EDADES	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	De 0 a 3 años y mayor de 65 años	PFS1	0.503
	FS2	De 4 a 12 años y de 60 a 64 años	PFS2	0.260
	FS3	De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	PFS3	0.134
	FS4	De 16 a 29 años	PFS4	0.068
	FS5	De 30 a 49 años	PFS5	0.035

Cuadro 18. Género

PARÁMETRO		PREDOMINANCIAS DE GÉNERO (JEFE DE HOGAR)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	La mayoría de la población son mujeres, ellas tienen a cargo el sustento familiar (cuidado de hijos, trabajo de campo, mantenimiento del hogar).	PFS1	0.503
	FS2	Existe regular población de mujeres que tiene a cargo el sustento familiar.	PFS2	0.260
	FS3	Existe poca población de hombres y mujeres que tiene a cargo el sustento familiar.	PFS3	0.134
	FS4	La mayoría de la población hombres y mujeres tiene a cargo el sustento familiar.	PFS4	0.068
	FS5	Toda la población de mujeres y hombres tiene a cargo el sustento familiar.	PFS5	0.035



Cuadro 19. Nivel educativo

PARÁMETRO		NIVEL MÁXIMO ALCANZADO	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Ninguno	PFS1	0.503
	FS2	Inicial	PFS2	0.260
	FS3	Primaria	PFS3	0.134
	FS4	Secundaria	PFS4	0.068
	FS5	Superior	PFS5	0.035

Cuadro 20. Cuenta con Seguro Integral de Salud (SIS) o Seguro Social de Salud (ESSALUD)

PARÁMETRO		AFILIACIÓN A UN SEGURO DE SALUD	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Ningún tipo de seguro	PFS1	0.503
	FS2	Sí, pero no utiliza el servicio.	PFS2	0.260
	FS3	Sí, pero utiliza el servicio esporádicamente.	PFS3	0.134
	FS4	Sí, utiliza el servicio permanentemente	PFS4	0.068
	FS5	Posee seguro de salud privado y utiliza el servicio permanentemente	PFS5	0.035


Cuadro 21. Crecimiento poblacional

PARÁMETRO		PORCENTAJE ANUAL	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	> 5 %.	PFS1	0.503
	FS2	De < 5 % al > 4 %	PFS2	0.260
	FS3	De < 4 % a > 3%.	PFS3	0.134
	FS4	De < 3 a > 2%	PFS4	0.068
	FS5	< 2%	PFS5	0.035

El proceso de urbanización aumenta de manera especial la vulnerabilidad, cuando la concentración de población y vivienda se ubica en zonas susceptibles a impacto.





CENEPRED

Cuadro 22. Nivel de pobreza

PARÁMETRO		POBLACIÓN DEBAJO DEL NIVEL DE POBREZA (PP)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	PP \geq 40 %.	PFS1	0.503
	FS2	30 % \leq PP < 40 %	PFS2	0.260
	FS3	20 % \leq PP < 30 %	PFS3	0.134
	FS4	10 % \leq PP < 20 %	PFS4	0.068
	FS5	PP < 10 %	PFS5	0.035

Resiliencia social

Está referida a la capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse frente al impacto de un peligro (Cuadros 23 al 27).

Se analiza la resiliencia social mediante las variables y/o parámetros, los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

Los valores considerados en este manual son solo referenciales ya que deben ser determinados por el evaluador de riesgos, luego de hacer la ponderación de Saaty.

Cuadro 23. Analfabetismo

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE POBLACIÓN ADULTA QUE NO SABE LEER NI ESCRIBIR (A)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	A > 70 %.	PFS1	0.503
	FS2	50 < A \leq 70%	PFS2	0.260
	FS3	30 < A \leq 50%	PFS3	0.134
	FS4	20 < A \leq 30%	PFS4	0.068
	FS5	A \leq 20%	PFS5	0.035



D



Cuadro 24. Percepción del riesgo

PARÁMETRO		PERCEPCIÓN DEL RIESGO	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	La totalidad de la población desconoce los peligros y no percibe el riesgo de su localidad.	PFS1	0.503
	FS2	La mayoría de población conoce los peligros pero no percibe el riesgo existente de su localidad.	PFS2	0.260
	FS3	La población conoce los peligros de su localidad, y percibe el riesgo existente.	PFS3	0.134
	FS4	La población conoce los peligros de su localidad y se siente segura ante el impacto de los riesgos existentes.	PFS4	0.068
	FS5	La población está protegida y responde al impacto de los peligros que se presenta en su localidad.	PFS5	0.035

Cuadro 25. Actitud frente al riesgo

PARÁMETRO		ACTITUD DE LA POBLACIÓN	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	RS16	La mayoría de la población es fatalista, conformista y con desidia	PRS16	0.503
	RS17	La mayoría de la población es escasamente previsor	PRS17	0.260
	RS18	Una parte de la población es previsor en asumir el riesgo, no implementan medidas para prevenir el riesgo.	PRS18	0.134
	RS19	Una parte de la población es previsor en asumir el riesgo, asumen el riesgo, implementan escasas medidas para prevenir el riesgo.	PRS19	0.068
	RS20	Toda la población es previsor, implementan diversas medidas para prevenir el riesgo.	PRS20	0.035

Cuadro 26. Capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres (GRD)

PARÁMETRO		CAPACITACIÓN DE LA POBLACIÓN EN GRD	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	La totalidad no recibe ningún tipo de programa de capacitación en temas de GRD.	PFS1	0.503
	FS2	Escasa capacitación en temas de GRD.	PFS2	0.260
	FS3	Capacitación con regular frecuencia en temas concernientes a GRD, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	PFS3	0.134
	FS4	Capacitación constante en temas concernientes a GRD, siendo su difusión y cobertura total	PFS4	0.068
	FS5	Capacitación constante en temas concernientes a GRD, actualizándose y participando en simulacros, siendo su difusión y cobertura total.	PFS5	0.035



Cuadro 27. Campaña de difusión

PARÁMETRO		CAMPAÑA DE DIFUSIÓN	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	RS21	Los diversos medios de comunicación no difunden información sobre temas relacionados a Gestión del Riesgo de Desastres	PRS21	0.503
	RS22	Los medios de comunicación difunden escasa información sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, existe desconocimiento del tema en la mayoría de la población.	PRS22	0.260
	RS23	Los medios de comunicación difunden periódicamente información sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, un gran sector de la población tiene conocimiento del tema.	PRS23	0.134
	RS24	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, el total de la población tiene conocimiento del tema.	PRS24	0.068
	RS25	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres, existiendo el conocimiento y participación total de la población y autoridades.	PRS25	0.035



5.2.3 Dimensión Económica

Exposición económica

Está relacionada a la localización de la actividad laboral dentro del área de influencia.

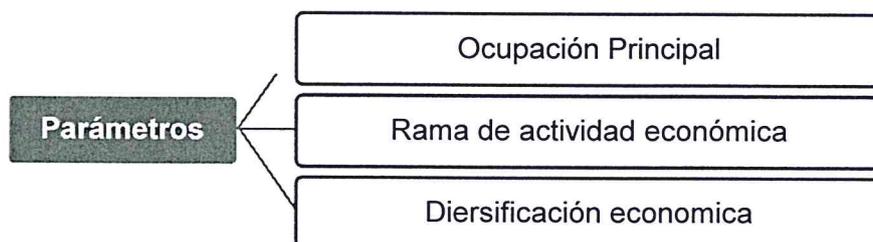
Fragilidad económica

Está referida a las condiciones de desventaja que tiene el ser humano sobre sus ingresos económicos frente al impacto de un peligro (Cuadros 28 y 29).

Se analiza la fragilidad económica mediante las variables y/o parámetros, los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

Los sectores económicos a considerar son: (1) agricultura, (2) comercio, (3) industria, (4) recursos naturales, y (5) turismo. Una economía basada en una única industria o un único tipo de cultivo, es siempre más vulnerable que una economía que comprende varios sectores.




Cuadro 28. Ocupación principal

PARÁMETRO		EMPLEO	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Obrero	PFS1	0.503
	FS2	Trabajador familiar no remunerado	PFS2	0.260
	FS3	Empleado	PFS3	0.134
	FS4	Trabajador Independiente	PFS4	0.068
	FS5	Empleador	PFS5	0.035

Cuadro 29. Diversificación de la actividad económica

PARÁMETRO		POR NÚMERO DE SECTORES	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	Más del 80% en un sector	PFS1	0.503
	FS2	Del 79 al 70 % en un sector	PFS2	0.260
	FS3	En 2 sectores	PFS3	0.134
	FS4	Más de 3 sectores	PFS4	0.068
	FS5	Más de 4 sectores	PFS5	0.035



**CENEPRED****Resiliencia económica**

Está referida a la capacidad de recursos económicos que tienen las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro (Cuadro 30).

Se analiza la resiliencia económica mediante las variables y/o parámetros, los pesos ponderados deben ser analizados utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 30. Empresas con pocos empleados

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE EMPRESAS CON POCOS EMPLEADOS	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	>80%	PFS1	0.503
	FS2	De 50 A 80%	PFS2	0.260
	FS3	De 79 A 60%	PFS3	0.134
	FS4	De 59 A 49%	PFS4	0.068
	FS5	<49 %	PFS5	0.035

*Las empresas con menos de 20 empleados, son particularmente vulnerables a los impactos y pérdidas, porque tienen relativamente bajos niveles de preparación en caso de desastres.

5.2.4 Dimensión Ambiental**Exposición ambiental**

Está relacionada a la localización de los ecosistemas dentro del área de influencia.

Fragilidad ambiental

Está referida a las condiciones de deterioro o debilidad que tienen los elementos de un ecosistema, frente al impacto de un peligro (Cuadros 31 y 32).

Cuadro 31. Tierra degradada

PARÁMETRO		PORCENTAJE DE TIERRA DEGRADADA (TD)	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	FS1	td >15 %	PFS1	0.503
	FS2	10% < td ≤15 %	PFS2	0.260
	FS3	8% < td ≤10 %	PFS3	0.134
	FS4	6% < td ≤8 %	PFS4	0.068
	FS5	td ≤6 %	PFS5	0.035

Tierra degradada hace referencia al territorio total que está degradado, erosionado y desertificado. Asimismo, es un indicador emergente de una falta de políticas ambientales que reflejan áreas de vulnerabilidad ambiental.





Cuadro 32. Tierra agrícola sobre utilizada

PARÁMETRO	PORCENTAJE DE TIERRA SOBRE UTILIZADA	PESO PONDERADO:		
DESCRIPTORES	FS1	tsu >15 %	PFS1	0.503
	FS2	10% < tsu ≤15 %	PFS2	0.260
	FS3	8% < tsu ≤10 %	PFS3	0.134
	FS4	6% < tsu ≤8 %	PFS4	0.068
	FS5	tsu ≤6 %	PFS5	0.035

La tierra agrícola está siendo sobre utilizada; las prácticas de cultivos no apropiados, tales como el uso de corte y quemas agrícolas, periodos muy cortos sin cultivos o el cultivo de cosechas no adecuado, pueden provocar una degradación irreversible del suelo.

Resiliencia Ambiental:

Está referida a la capacidad que tienen los ecosistemas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse frente al impacto de un peligro.

5.3 ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

En esta parte de la evaluación, se establecen los niveles de importancia para cada parámetro y descriptor, mediante el proceso del análisis jerárquico, para establecer los niveles de vulnerabilidad (bajo, medio, alto y muy alto). Asimismo, se elabora la matriz de niveles de vulnerabilidad con sus respectivas descripciones y rangos establecidos, tal como se muestra en el ejemplo del Cuadro 33.

En el Cuadro 33, el texto de la descripción corresponde a cada uno de los descriptores analizados en la vulnerabilidad, de la misma manera los valores del rango son el resultado del análisis que realizó el evaluador en la ponderación de la vulnerabilidad.

5.4 MAPA DE VULNERABILIDAD

5.4.1 Flujograma general para obtener el mapa de vulnerabilidad

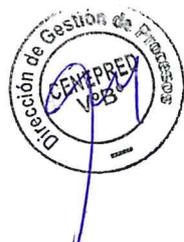
En la Figura 19 se muestra el procedimiento para la generación del mapa de niveles de vulnerabilidad, el cual muestra sus componentes (fragilidad y resiliencia).

Fases:

- Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles.
- Análisis de exposición (física, social, económica y ambiental).
- Análisis de elementos expuestos susceptibles y desestimados.
- Análisis de fragilidad y resiliencia.
- Análisis de vulnerabilidad (física, social, económica y ambiental).
- Elaboración del mapa de niveles de vulnerabilidad.



[Handwritten signature]



**CENEPRED**

5.4.2 Elaboración del mapa de vulnerabilidad

Los resultados obtenidos servirán de insumo para elaborar el mapa de vulnerabilidad, para ello se debe integrar la información en un sistema de información geográfica. Es necesario que en el mapa se considere los siguientes elementos: coordenadas (UTM y geográficas), norte, leyenda (simbología de ser el caso), membrete, escala numérica, escala gráfica, mapa de ubicación (departamento, provincia, distrito, centros poblados expuestos) y matriz de niveles de vulnerabilidad (Mapa 4).



Cuadro 33. Estratificación de la vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	<p>Grupo etario: de 0 a 3 años y mayor a 65 años. Servicios educativos expuestos: mayor a 75% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: mayor a 60% del servicio de salud expuesto.</p> <p>Material de construcción: estera/cartón. Estado de conservación de la edificación: Muy malo. Topografía del terreno: $50\% \leq P \leq 80\%$. Configuración de elevación de la edificación: 5 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: Muy cerca 0 a 0.20km.</p> <p>Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: mayor a 75%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: mayor a 75%. Servicio de empresas de transporte expuesto: mayor a 75%.</p> <p>Área agrícola: mayor a 75%. Servicios de telecomunicación: mayor a 75%. Antigüedad de construcción: de 40 a 50 años.</p> <p>Población económicamente activa desocupada: escaso acceso y no permanencia en un puesto de trabajo. Organización y capacitación institucional: presentan poca efectividad en su gestión, desprestigio y poca aprobación popular. Deforestación: áreas sin vegetación, terrenos eriazos. Flora y fauna: 76 a 100% expuesta. Pérdida de suelo: erosión provocada por lluvias. Pérdida de agua: demanda agrícola y pérdida por contaminación.</p>	$0.260 \leq R < 0.503$
VULNERABILIDAD ALTA	<p>Grupo etario: de 4 a 12 años y de 60 a 64 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 60% y mayor a 35% del servicio de salud expuesto.</p> <p>Material de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: Malo. Topografía del terreno: $30\% \leq P \leq 50\%$. Configuración de elevación de la edificación: 4.pisos. Actitud frente al riesgo: la mayoría de la población escasamente provisoria. Localización de la edificación: cercana 0.20 a 1km.</p> <p>Servicios de agua y desagüe: menor o igual 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual 75% y mayor a 50%.</p> <p>Área agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%.</p>	$0.134 \leq R < 0.260$
VULNERABILIDAD MEDIA	<p>Grupo etario: de 13 a 15 años y de 50 a 59 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 35% y mayor a 20% del servicio de salud expuesto.</p> <p>Material de construcción: quincha (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: Regular. Topografía del terreno: $20\% \leq P \leq 30\%$. Actitud frente al riesgo: la mayoría de la población es parcialmente provisoria, asumen el riesgo sin implementar medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km.</p> <p>Servicios de agua y desagüe: menor o igual 50% y mayor a 25% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 50% y mayor a 25% . Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual a 50% y mayor a 25% Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual a 50% y mayor a 25%.</p>	$0.068 \leq R < 0.134$
VULNERABILIDAD BAJA	<p>Grupo etario: de 16 a 29 años y de 30 a 49 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto.</p> <p>Material de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: Bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $P \leq 10\%$. Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%.</p> <p>Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada a muy alejada mayor a 3km.</p>	$0.035 \leq R < 0.068$



9



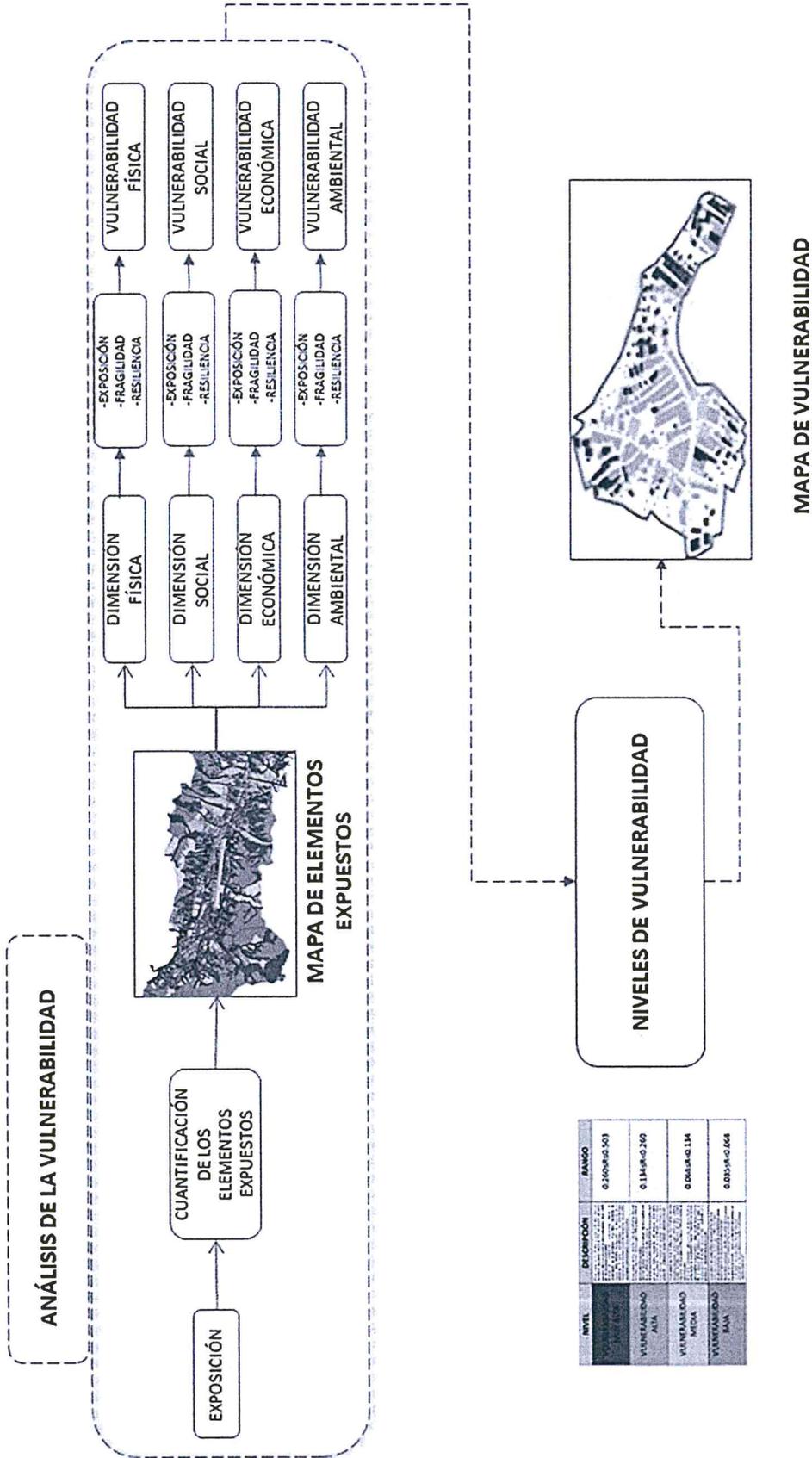
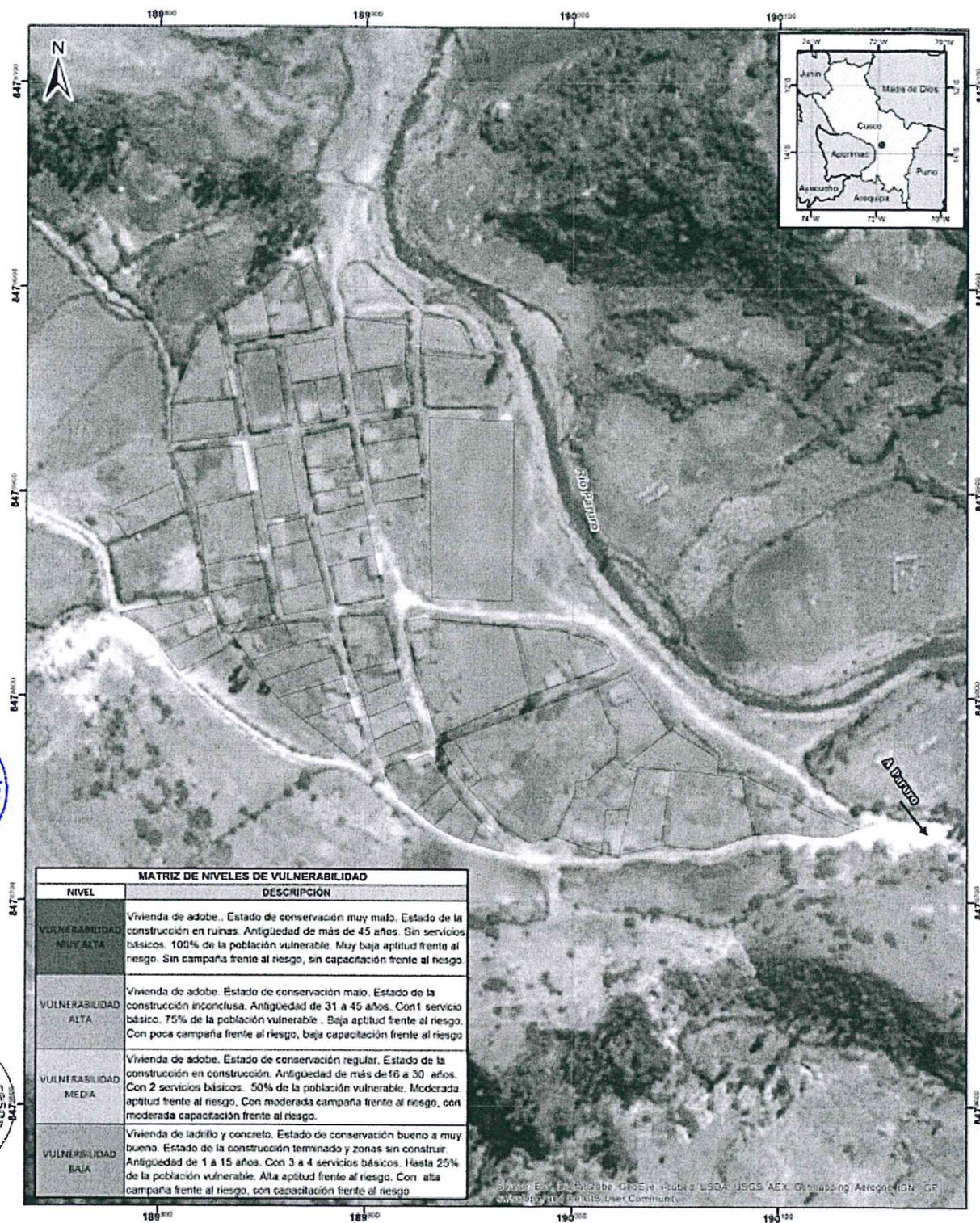


Figura 20. Flujoograma general para la generación del mapa de niveles de vulnerabilidad



Mapa 3. Ejemplo de mapa de vulnerabilidad, centro poblado Limaccpata – Región Cusco³. La escala de colores muestra el nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos, en este ejemplo han sido evaluados ante la ocurrencia de un sismo.

³ CENEPRED-GRC, 2015



CENEPRED

6 CALCULO DEL RIESGO

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesto el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. (Carreño et. al., 2005).

El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985) y Coburn y Spence (2002), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad.

$$R_{ie} \Big|_t = f(P_i, V_e) \Big|_t$$

Dónde:

R= Riesgo.

f = En función

P_i =Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto.

Para el análisis de peligros se identifican y caracterizan los fenómenos de origen natural mediante el análisis de la intensidad, magnitud, frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad. Asimismo, deberán analizar los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por tres componentes: exposición, fragilidad y resiliencia; la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar.

A fin de estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada (matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad); para tal efecto, se requiere determinar previamente los niveles de intensidad y posibilidad de ocurrencia del peligro; y, el análisis de vulnerabilidad. Se representaría como el valor (X, Y) en un plano cartesiano (Figura 21), donde en el eje Y están los niveles del peligro y en el eje X están las vulnerabilidades.

Con los valores obtenidos del grado de peligro y el nivel de vulnerabilidad total en la respectiva matriz, se interrelaciona en el eje vertical el grado de peligro, en el eje horizontal el grado de vulnerabilidad total. En la intersección de ambos valores, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el nivel de riesgo del área en estudio.



P



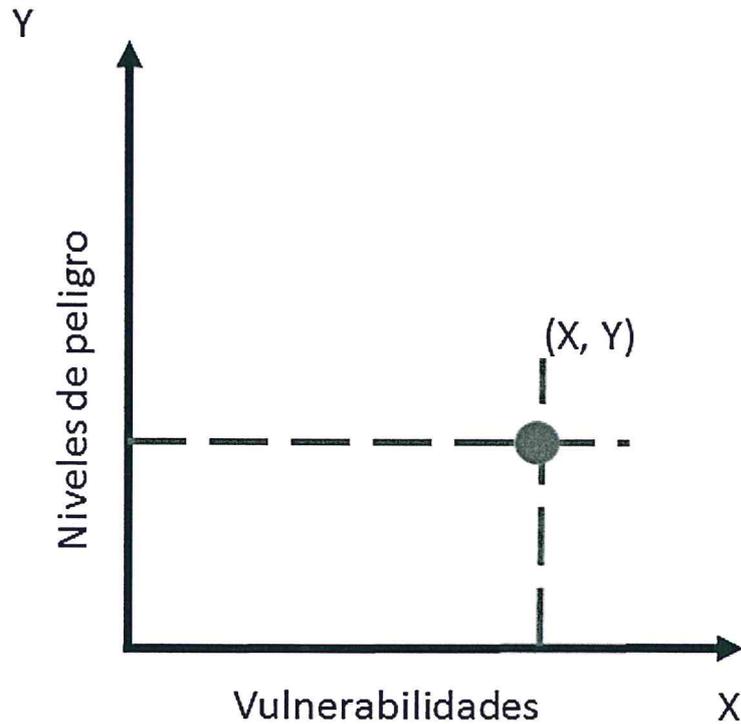
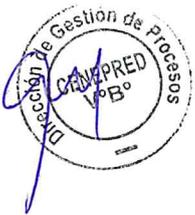


Figura 21. Plano cartesiano



6.1 ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO

El conocimiento de las zonas con diferentes niveles de riesgo (nivel de peligro y vulnerabilidad), es utilizado en los procesos de ordenamiento y planificación territorial por lo que, debe representar el uso que se puede dar y los daños potenciales que podría ocasionar dicho uso. Se debe indicar que la descripción y rangos que se muestran a continuación son referenciales pues, se desarrollan en función de la información obtenida, características sociales, económicas, ambientales y sobre todo del criterio del equipo técnico multidisciplinario (Cuadro 34).



Cuadro 34. Estratificación del riesgo

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO	<p>Grupo Etario: De 0 a 5 años y mayor a 65 años (hombres y mujeres). Escaso acceso y no permanencia a un puesto de trabajo. Organización poblacional nula. Ingreso familiar promedio mensual menor a 149 soles.</p> <p>Población en extrema pobreza. Muy alto porcentaje de deserción escolar. No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre Gestión del Riesgo de Desastres.</p> <p>Edificaciones en muy mal estado. Estructura de quincha, caña y otros de menor resistencia, en estado precario. Edificaciones con más de 31 años. Viviendas sin abastecimiento de agua ni desagüe. Sistema de producción basado en actividad primaria extractiva sin tecnificación.</p> <p>Ambiental: terrenos sin vegetación. Erosión provocada por lluvias con pendientes pronunciadas. Demanda agrícola y pérdida por contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Geología del suelo: zona muy fracturada, falla, etc. Localización de centros poblados muy cercana de 0 a 0.20km.</p> <p>Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Zonas de pendiente menor a 5°, Zona de playa, margen litoral, depósitos eólicos. Planicie aluvial</p>	0.068≤R≤0.253
RIESGO ALTO	<p>Grupo Etario: De 5 a 12 años y de 60 a 65 años (hombres y mujeres). Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo. Organización poblacional efímera. Ingreso familiar promedio mensual mayor a 149 y menor a 264 soles. Población en condición de pobreza. Alto porcentaje de deserción educativa.</p> <p>Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres. Edificaciones en mal estado. Estructuras de madera, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 21 a 30 años. Viviendas con abastecimiento solo de desagüe. Sistema de producción bajo con muy pocas posibilidades de insertarse a un mercado competitivo.</p> <p>Ambiental: áreas de cultivo. Deforestación agravada, uso indiscriminado de suelos. Prácticas de consumo poblacional, uso indiscriminado del riego. Geología del suelo: zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante. Localización de centros poblados cercana de 0.20 a 1km. Actitud escasamente previsora de la mayoría de la población.</p> <p>Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Pendiente 5° a 10°. Zonas de planicie aluvial o llanura aluvial. Laderas de colinas de poca altura.</p>	0.018≤R<0.068
RIESGO MEDIO	<p>Grupo Etario: De 12 a 15 años y de 50 a 60 años (hombres y mujeres). Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Organización social limitada. Ingreso familiar promedio mensual entre 264 y 1200 soles. Población de clase media baja. Mediano porcentaje de deserción educativa.</p> <p>Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres. Edificaciones en regular estado. Estructura de adobe y piedra, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 16 a 20 años. Vivienda con solo abastecimiento de agua. Sistema de producción con algunos puntos que presentan competitividad.</p> <p>Ambiental: tierras dedicadas al cultivo de pastos. Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua. Consumo industrial y minero, pérdidas de evaporación y otros. Geología del suelo: zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante. Localización de centros poblados medianamente cercana de 1 a 3km.</p> <p>Actitud parcialmente provisoria de la mayoría de la población. Existe un interés tenue en el desarrollo planificado del territorio.</p> <p>Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Pendiente 10° a 15°, Zonas de estabilidad marginal, colinas de rocas sedimentarias.</p>	0.005≤R<0.018






RIESGO BAJO	<p>Grupo Etario: De 15 a 50 años (hombres y mujeres). Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Organización social activa. Ingreso familiar promedio mensual mayor a 1200 soles. Población económicamente sostenible. Escaso porcentaje de desertión educativa.</p> <p>Difusión masiva y frecuente en medios de comunicación en temas de Gestión del Riesgo de Desastres. Edificaciones en buen estado. Estructura de concreto armado y acero, con adecuadas técnicas de construcción. Edificaciones menores a 15 años. Viviendas con abastecimiento de agua y desagüe. Sistema de producción del área en estudio presenta importante inserción a la competitividad. Ambiental: áreas de bosques.</p> <p>Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación. Geología del suelo: zona sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas. Localización de centros poblados muy alejada mayor a 5km. Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo. El desarrollo planificado del territorio, es un eje estratégico de desarrollo.</p> <p>Tsunami: Grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, Intensidad algo grandes y/o ligeras. Pendiente menor a 20°, montañas de rocas intrusivas.</p>	$0.001 \leq R < 0.005$
--------------------	--	------------------------



[Handwritten signature]





CENEPRED

6.2 MATRIZ DE RIESGO

Este cuadro de doble entrada nos permite determinar el nivel del riesgo, sobre la base del conocimiento del peligro y de las vulnerabilidades (Cuadro 35). Además, se han establecido rangos para cada uno de los niveles de riesgo como se muestra en el Cuadro 36. Los valores son referenciales, estos deben ser calculados mediante la ponderación de Saaty.

Cuadro 35. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.260	0.503
		VB	VM	VA	VMA

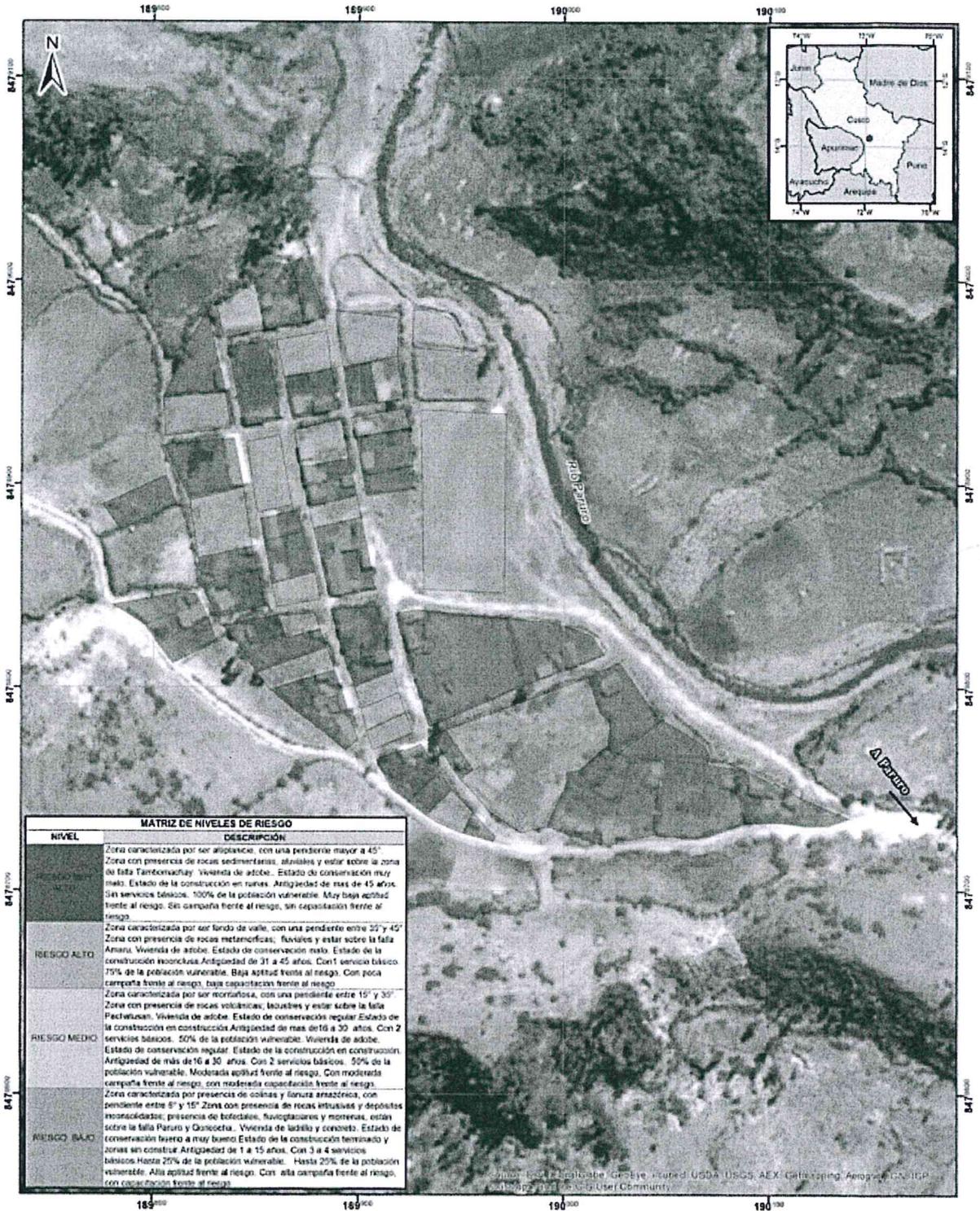
Cuadro 36. Niveles de riesgo

RIESGO MUY ALTO	0.068	$\leq R \leq$	0.253
RIESGO ALTO	0.018	$\leq R <$	0.068
RIESGO MEDIO	0.005	$\leq R <$	0.018
RIESGO BAJO	0.001	$\leq R <$	0.005

6.3 MAPA DE RIESGO

La elaboración del mapa de riesgos por tsunamis se desarrollará en función de los resultados obtenidos y utilizando para ello un sistema de información geográfica (Mapa 4).



Mapa 4. Ejemplo de un mapa de riesgos, este ejemplo es mapa de riesgos ante sismos. La escala de colores muestra el nivel del riesgo en este centro poblado



CENEPRED

7 CÁLCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES

El cálculo de los efectos probables, se refiere a la identificación y estimación monetaria de daños, pérdidas y costos adicionales que podrían originarse a consecuencia del impacto del peligro en las zonas de riesgo medio, riesgo alto y riesgo muy alto.

Los efectos probables permiten identificar y estimar daños probables sobre los acervos de capital frente al impacto de un peligro; las pérdidas probables sobre los flujos de producción de bienes y servicios que se dejarían de percibir frente al impacto de un peligro natural y los costos adicionales probables para la adquisición de bienes y servicios frente al impacto de un peligro natural.

Los efectos probables, se clasifican en:

- **Daño probable:** Es la probable destrucción total o parcial que sufrirían los activos físicos, edificaciones, equipamiento, maquinaria y existencias (tanto de bienes finales como de bienes en proceso, materias primas, materiales y repuestos), así como los medios de transporte y almacenaje, perjuicios en las tierras de cultivo, obras de riego, embalses, instalaciones férreas, etc.
- **Pérdida probable:** Se refiere a los bienes y servicios que se dejarían de producir o de prestar a consecuencia del impacto del peligro que se inicia después del impacto del evento y puede prolongarse hasta su recuperación final.
- **Costo adicional probable:** Son los gastos que se requerirían para la producción de bienes y prestación de servicios, a consecuencia del impacto de peligro.

7.1 ESTIMACIÓN DE EFECTOS PROBABLES

Para estimar el cálculo de los efectos probables se debe identificar los sectores y subsectores a evaluar (Cuadro 37).

Cuadro 37. Estimación Sectorial

Sector Social	Marcar (x)	Sector Económico	Marcar (x)	Sector Ambiental	Marcar (x)
Población		Agropecuaria		Medio Ambiente	
Educación		Pesca y acuicultura			
Salud		Minería		Enfoque de género	
Vivienda		Hidrocarburo y Gas			
Cultura		Silvicultura			
Asistencia y Previsión Social		Industria			
Defensa y Seguridad Nacional		Construcción			
		Transporte y Comunicaciones			
		Electricidad			
		Agua y Saneamiento			
		Finanzas y Seguros			
		Empresas de Servicios			
		Administración Pública			
		Comercio			
		Turismo			

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se aplicará el siguiente procedimiento:

a) Recopilar información de fuentes primarias y secundarias

Para iniciar el proceso de estimación se debe recopilar información documental de las instituciones involucradas en la evaluación.

- Número y características de los activos físicos existentes en la zona de riesgo, según su tipología.
- Inventario de mobiliario y equipamiento de las instituciones, según sectores.
- Información base sobre el comportamiento de la producción y de las ventas.
- Proyección más reciente de la economía desagregada por sectores.
- Una tipología de los activos físicos existentes.
- Precios unitarios por metro cuadrado de construcción de activos fijos.
- Calendario preliminar de recuperación de activos físicos.

b) Estimación de los efectos probables

Para calcular los efectos probables daños, pérdidas y costos adicionales de cada sector (Cuadro 38), se debe expresar:

- El valor del daño probable, en términos del valor de reposición que prevalece en la zona de riesgo.
- El valor de las pérdidas probables, en términos de los ingresos que se dejarían de percibir, debido a la cancelación temporal o total de las actividades productivas.
- El valor de los costos adicionales, en los gastos que necesitaría para la continuidad de las actividades.

c) Valor total de los efectos probables del sector

Posteriormente, se debe elaborar un cuadro resumen donde se determina la estimación de los efectos probables del sector correspondiente.

Cuadro 38. Estimación de los efectos probables para cada sector evaluado

Efectos probables	Total	Daños	Pérdidas	Costos adicionales
1. Daño probable				
2. Pérdida probable				
3. Costos adicionales probables				
Total (1 + 2 + 3)				

Fuente: Elaboración propia




**CENEPRED**

Finalmente, deberá elaborarse un cuadro resumen de los efectos probables que podrían generarse por el impacto del peligro, en el área de influencia, tal como se muestra en el ejemplo del Cuadro 39.

Cuadro 39. Efectos probables a consecuencia del impacto del peligro

Efectos probables	Total	Daños probables	Perdidas probables
Daños probables			
9403 Viviendas construidas con material de concreto	376,120,000	376,120,000	
4030 Viviendas construidas con material precario	60,450,000	60,450,000	
78 Instituciones Educativas	11,700,000	11,700,000	
02 Centros de Salud	240,000	240,000	
02 Postas de Salud	120,000	120,000	
01 Hospital	180,000	180,000	
Perdidas probables			
1,539,180 horas perdidas de clases lectivas			
Costos de adquisicion de carpas	1,000,000		1,000,000
Costos de adquisicion de modulos de viviendas	16,000,000		16,000,000
Gastos de atencion de emergencia	6,000,000		6,000,000
Total	471,810,000	448,810,000	23,000,000

Elaborado por CENEPRED



(Handwritten signature)





8 CONTROL DEL RIESGO

8.1 ACEPTABILIDAD O TOLERABILIDAD

El riesgo no puede eliminarse totalmente, su valor por pequeño que sea, nunca será nulo; por lo tanto siempre existe un límite hasta el cual se considera que el riesgo es controlable y a partir del cual no se justifica aplicar medidas preventivas.

A todo valor que supere dicho límite se le cataloga como un riesgo incontrolable, y su diferencia con el mismo se le considera como un riesgo admisible o aceptable. Por ejemplo, las obras de ingeniería que se realizan para impedir o controlar ciertos fenómenos, siempre han sido diseñadas para soportar como máximo un evento cuya probabilidad de ocurrencia se considera lo suficientemente baja, con el fin de que la obra pueda ser efectiva en la gran mayoría de los casos, es decir para los eventos más frecuentes. Esto significa que pueden presentarse eventos poco probables que no podrían ser controlados y para los cuales resultaría injustificado realizar inversiones mayores (Cardona, 1993).

Los niveles que describen las consecuencias del impacto, la frecuencia de ocurrencia de un fenómeno natural, las medidas cualitativas de consecuencia y daño, la aceptabilidad y tolerancia del riesgo y las correspondientes matrices, ayudaran al control de riesgos (Cuadros 40 a 45).

Cuadro 40. Niveles de consecuencias

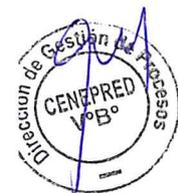
VALOR	NIVELES	DESCRIPCION
4	MUY ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	MEDIA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	BAJO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Cuadro 41. Niveles de frecuencia de ocurrencia

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCION
4	MUY ALTA	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	ALTA	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos segun las circunstancias
2	MEDIA	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos segun las circunstancias
1	BAJO	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales



[Handwritten signature]



Cuadro 42. Matriz de consecuencias y daños

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
MUY ALTA	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
ALTA	3	Medio	Alta	Alta	Muy Alta
MEDIA	2	Medio	Medio	Alta	Alta
BAJO	1	Bajo	Medio	Medio	Alta
	NIVEL	1	2	3	4
	FRECUENCIA	BAJO	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

Cuadro 43. Medidas cualitativas de consecuencias y daño

NIVEL	DESCRIPTOR	DESCRIPCION
4	MUY ALTA	Muerte de personas, enorme pérdida de bienes y financieros
3	ALTA	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes
2	MEDIA	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdidas de bienes y financieras altas.
1	BAJO	Tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas.


Cuadro 44. Aceptabilidad y/o Tolerancia del riesgo

NIVEL	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y realizar la transferencia de riesgos
3	INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	TOLERABLE	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgo
1	ACEPTABLE	El riesgo no representa un peligro significativo



Cuadro 45. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE
RIESGO ACEPTABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE

Para realizar la evaluación de la consecuencia y daño se debe tener en cuenta la posición del mismo en la matriz de medidas cualitativas de consecuencia y daño, para esto se aplican los siguientes criterios (Cuadro 46):

- ✓ Si las consecuencias se ubican en la zona de daño bajo, significa que su frecuencia es baja, en este caso los posibles daños que puedan ocurrir están considerados dentro del nivel **Aceptable**. Este resultado permite al Gobierno Regional, Gobierno Local o Institución, asumir el riesgo ya que se encuentra en un nivel que puede aceptarlo sin necesidad de tomar otras medidas de control diferentes a las que ya poseen.
- ✓ Si el daño se ubica en la zona muy alta, además tanto la consecuencia y su frecuencia son muy altas, entonces los posibles daños que puedan ocurrir están considerados dentro del nivel **Inadmisible**. En este caso es aconsejable reducir la actividad que genera el riesgo en la medida que sea posible, de lo contrario se debe implementar controles de prevención para evitar la probabilidad del riesgo y de protección para disminuir el impacto o compartir o transferir el riesgo si es posible a través de pólizas de seguros u otras opciones que estén disponibles.
- ✓ Si el daño se sitúa en cualquiera de las otras zonas (medio o alto) se deben tomar medidas para que los daños disminuyan y se ubiquen en la zona de menor nivel posible.

Las medidas a ejecutar dependen de la celda en la cual se ubica el daño, por ejemplo daños de frecuencia baja y consecuencia alta se previenen. Cuando se presentan daños con frecuencia media y consecuencia alta, se debe reducir o compartir el daño; en ambos casos estamos ante un nivel **Tolerable**.

- ✓ Cuando se presenta una consecuencia alta o media y la frecuencia es también media o alta, estaremos ante un nivel **Inaceptable**. En este caso, es viable combinar medidas de prevención y reducción con la finalidad de evitar el daño.
- ✓ Cuando la probabilidad del daño sea media y su frecuencia baja, se debe realizar un análisis del costo - beneficio o costo - efectividad con el que se podrá decidir entre reducir el riesgo, asumirlo o compartirlo.



- ✓ Cuando el daño tenga una consecuencia baja y frecuencia muy alta se debe tratar de compartir el riesgo y evitar la emergencia en caso que éste se presente. Siempre que el riesgo sea calificado con impacto frecuente el Gobierno Regional, Gobierno Local o Institución debe diseñar planes de operaciones o contingencia, para protegerse en caso de que ocurra.

Así pues, desarrollada la primera etapa de identificación se procede a estimar la frecuencia de ocurrencia del riesgo inherente y los daños, frente a cada uno de los eventos o escenarios de riesgo, lo mismo que el impacto en caso se materialice mediante los riesgos asociados.

Dicha etapa de medición, tiene como objetivo conceptuar sobre la racionalidad del riesgo o riesgos identificados, para proceder a ordenarlos con el criterio de mayor a menor puntaje, con lo cual se dispondrá de una base para decidir sobre la prioridad de tratamiento. Posteriormente, se hará un compendio con los riesgos identificados en la zona de estudio, el cual constituirá el soporte y priorización de las actividades, acciones y proyectos de inversión para el Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres.

Cuadro 46. Nivel de priorización

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACION
4	INADMISIBLE	I
3	INACEPTABLE	II
2	TOLERABLE	III
1	ACEPTABLE	IV



8.2 MEDIDAS DE CONTROL

El equipo multidisciplinario, se reúne con los actores involucrados para presentar la propuesta del Informe de evaluación del riesgo por Peligro Inminente, a efectos de recoger las apreciaciones, posibles compromisos y sugerencias que podrían ser considerados en el informe.

Asimismo, en coordinación conjunta con los involucrados, definen las acciones inmediatas y necesarias orientadas a reducir los efectos dañinos del potencial impacto del peligro inminente.

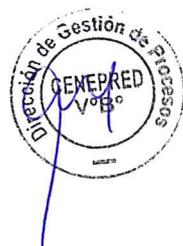
Las recomendaciones, están dirigidas a proporcionar sugerencias para mejorar las condiciones de habitabilidad, y reducir los niveles de vulnerabilidad de la zona de riesgo, estas recomendaciones deben ser claras, concisas y deben precisar las instituciones u organizaciones encargadas del cumplimiento de dicha acción adicionalmente a su plazo de ejecución.

El equipo técnico y/o especialista debe tomar en cuenta el análisis del peligro y vulnerabilidad, al momento de identificar las recomendaciones orientadas a la reducción del riesgo, que pueden ser de carácter estructural (reducción del riesgo) o no estructural (resiliencia).





- i. Las medidas estructurales son las obras de ingeniería para la reducción de los niveles de riesgo a los que una población está expuesta y deben incluir aspectos como metrados, volúmenes, cortes y costos estimados; asimismo, se debe señalar o indicar un cronograma de trabajo. Ejemplos incluyen estructuras de retención o contención, estructuras de protección, sistemas de drenaje y de canalización, entre otros.
- ii. Las medidas no estructurales pueden ser activas o pasivas.
 - Activas son aquellas que involucran a las personas directamente, por ejemplo en lo que se refiere a organizar la respuesta ante emergencias, fortalecer capacidades institucionales, campañas de difusión o la promoción de participación de la comunidad.
 - Pasivas son aquellas que se refieren a la legislación y la planificación, por ejemplo normas de construcción, reglamentos de uso de suelo a la promoción de seguros. De manera puntual y clara se deben señalar las acciones a realizar tendientes a reforzar la resiliencia de la población, autoridades a sociedad, para lo cual se debe señalar o dirigir quienes serían los responsables a ejecutar estas acciones.



**CENEPRED**

9 ELABORACIÓN DEL INFORME

Dadas las características de la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales es necesario establecer los parámetros mínimos y necesarios para la elaboración de un informe de carácter técnico, que represente un trabajo cabal sobre la labor realizada.

El equipo profesional debe realizar esta labor desde una concepción multidisciplinaria de manera que, los enfoques de los diversos profesionales enriquezcan el análisis y las conclusiones.

La priorización sobre la constitución del equipo multidisciplinario se realizará considerando fundamentalmente el tipo de peligro, las características de las vulnerabilidades y además la ubicación geográfica en la que se realiza dicho informe. Cumplir con estas condiciones mínimas asegura que la elaboración del informe técnico sea consistente y rigurosa.

9.1 FASES PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME

Siguiendo los procedimientos metodológicos, técnicos científicos, detallados en los respectivos capítulos de este manual, los profesionales responsables de realizar la Evaluación del Riesgo están en condiciones de elaborar el respectivo Informe, para tal efecto es necesario tener en cuenta las siguientes fases:

- ✓ Fase de Planeamiento y Organización
- ✓ Fase de Trabajo de Campo
- ✓ Fase de Gabinete

9.1.1 Fase de Planeamiento y Organización

Comprende:

- 1.- Programación de la evaluación de riesgos
- 2.- Equipo profesional.
- 3.- Información básica.
- 4.- Plazo y responsabilidad.

9.1.2 Fase de trabajo de campo

Comprende:

- 1.- Coordinación y reconocimiento.
- 2.- Identificación y caracterización de peligros.
- 3.- Análisis de las vulnerabilidades.
- 4.- Consolidado e informe preliminar.

9.1.3 Fase de gabinete

Comprende:

- 1.- Procesamiento y sistematización de la información de campo
- 2.- Redacción del informe final.




9.2 ESTRUCTURA DEL INFORME

A continuación se detallan las particularidades del informe.

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGO POR PELIGROS NATURALES

INTRODUCCIÓN

1. ASPECTOS GENERALES
 - 1.1 Objetivo
 - 1.2 Justificación
 - 1.3 Antecedentes
 - 1.4 Marco Legal

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO
 - 2.1 Ubicación geográfica
 - 2.2 Accesibilidad
 - 2.3 Aspectos sociales y económicas
 - 2.4 Características Climatológicas
 - 2.5 Características Geológicas
 - 2.6 Características Geomorfológicas (otros de ser el caso)

3. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO
 - 3.1 Identificación del peligro
 - 3.2 Descripción del peligro
 - 3.3 Análisis de la susceptibilidad
 - 3.3.1 Factores desencadenantes
 - 3.3.2 Factores condicionantes
 - 3.4 Parámetros de evaluación
 - 3.5 Estratificación del peligro
 - 3.6 Mapa de peligro

4. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS
 - 4.1 Delimitación de elementos expuestos
 - 4.2 Cuantificación de los elementos expuestos
 - 4.3 Mapa de elementos expuestos

5. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD
 - 5.1 Análisis de los factores de la vulnerabilidad
 - 5.1.1 Dimensión física
 - a) Exposición
 - b) Fragilidad
 - c) Resiliencia
 - 5.1.2 Dimensión Social
 - a) Exposición
 - b) Fragilidad
 - c) Resiliencia
 - 5.1.3 Dimensión económica
 - a) Exposición
 - b) Fragilidad
 - c) Resiliencia
 - 5.1.4 Dimensión ambiental
 - a) Exposición



[Handwritten signature]



- b) Fragilidad
- c) Resiliencia
- 5.2 Estratificación de la vulnerabilidad
- 5.3 Mapa de vulnerabilidad
- 6. CÁLCULO DE RIESGO
 - 6.1 Estratificación de Riesgo
 - 6.2 Matriz de Riesgo
 - 6.3 Mapa de Riesgo
- 7. CÁLCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES
 - 7.1 Estimación de efectos probables
- 8. CONTROL DEL RIESGO
 - 8.1 Aceptabilidad o Tolerabilidad
 - 8.2 Medidas de control
 - 8.2.1 Medidas de prevención del riesgo
 - 8.2.1 Medidas de reducción del riesgo
- 9. CONCLUSIONES
- 10. RECOMENDACIONES
- 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
- 12. ANEXOS (Fotos, mapas, ensayos de laboratorio, entre otros)




CENEPRED

10 BIBLIOGRAFIA

- ADM-UNAL - Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. (2005). Gestión de Riesgos en Manizales. http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/
- Aguarón, J. and Moreno-Jiménez, J. M., (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operational Research* 147 (1), 137-145.
- Bryant, E. (2014). *Tsunami: The Underrated Hazard*, Springer, 3° edición, 222pp.
- Cardona O.D. (1985). "Hazard, Vulnerability and Risk Assessment", unedited working paper, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology IZIIS, Skopje, Yugoslavia.
- Carpio, J.; Zamudio, Y. y Salas, H. (2002). Características generales del tsunami asociado al terremoto de Arequipa del 23 de junio de 2001 (Mw=8,2). En *Terremoto de la Región Sur del Perú del 23 de junio de 2001*, Instituto Geofísico del Perú, Centro Nacional de Datos Geofísicos, pág. 121-128
- Carreño M.L., Cardona O.D. y Barbat A.H. (2005). Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. Colección de Monografías. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería – CIMNE, Barcelona, España.
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental (2013). *Glosario de tsunamis*. Colección Técnica de la COI N° 85 rev. París, UNESCO. (Español/francés/inglés/árabe)
- Coburn, A. and Spence, R. (1992). *Earthquake Protection*, John Wiley, ISBN: 0471918334.
- Douglas, M. (1986). *How Institutions think*. New York: University of Syracuse.
- Fournier d'Albe, M. (1985). The quantification of seismic hazard for the purposes of risk assessment. In: *International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas*, 5-9 November 1985. Skopje, Yugoslavia, pp. 77-84.
- Garfi, M., y Ferrer-Marti, L. (2011). Decision-making criteria and indicators for water and sanitation projects in developing countries. *Water Science and Technology*, 64(1), 83-101.
- Milutinovic, Z. y Petrovsky, J. (1985). Earthquake vulnerability and loss assessment for physical and urban planning. *Proceedings of the International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas*, IZIIS. Skopje, Yugoslavia.
- Moggiano, N. J. (2013). *Modelado numérico del maremoto de pisco 2007*. Tesis de Licenciatura en Física. UNMSM
- Pellini Claudio (s/f). Modelos de la estructura de geósfera. <https://historiaybiografias.com/tierra/>






CENEPRED

Perú21 (2015). "Fenómeno El Niño: Tres millones de limeños corren peligro por habitar en zonas vulnerables" (edición de 20 de setiembre de 2015). <https://peru21.pe/lima/fenomeno-nino-tres-millones-limenos-corren-peligro-habitar-zonas-vulnerables-197171>

Profesor en línea (2015). La teoría de las Placas Tectónicas. Teoría de Wegener (Gráfico). http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Placas_tectonicas_Teoria.htm.

Saaty T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill Book Co., N.Y.

Silgado, E. (1978) "Historia de los Sismos más Notables Ocurridos en el Perú (1513-1974)", Instituto de Geología y Minería, Boletín No. 3, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú.

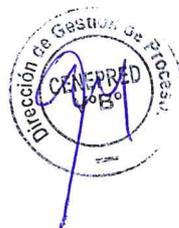
Soloviev, S. L. (1970). "Recurrence of earthquakes and tsunamis in the Pacific Ocean", in Tsunamis in the Pacific Ocean, edited by W. M. Adams, Honolulu: East West Center Press, 149-164.

Tavera, H.; Buforn, E.; Bernal, I. ; Antayhua, Y. y Vilcapoma, L. (2002) The Arequipa (Perú) earthquake of June 23, 2001. Journal of seismology 6, 279-283. 2002, Kluwer Academic Publishers, Printed in Netherlands.

Toskano G. B. (2005). El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Facultad de Ciencias Matemáticas. UNMSM – Perú.

Yauri, S. (2008). Detección, localización y análisis de sismos Tsunamigénicos: sistema de alerta de tsunamis tremors. Tesis Profesional. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú.

Yauri, S; Tavera, H.; Moncca, G. y Herrera B.. (2008). Características generales del tsunami 15 de agosto del 2007. En "El terremoto de Pisco (Perú) del 15 de agosto de 2007 (7.9 Mw)" pág. 371-379., Instituto Geofísico del Perú, Centro Nacional de Datos Geofísicos.





GENEPRD

11 ANEXOS

11.1 ANEXO N° 01: BASE LEGAL

- A1. Constitución Política del Perú. Fecha de promulgación: 29/12/1993. (Fecha de inicio de vigencia: 01/01/1994)
- A2. Acuerdo Nacional (Política 32°: Gestión del Riesgo de Desastres). (Fecha: Marzo 2011)
- A3. Ley N° 29664 Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Fecha: 19 de Febrero de 2011)
- A4. Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Decreto Supremo N° 048-2011-PCM (Fecha: 27 de Mayo de 2011)
- A5. Ley Orgánica de Gobiernos Regionales. Ley N° 27867 (Fecha: 18 de Noviembre de 2002)
- A6. Ley Orgánica de Municipalidades. Ley N° 27972 (Fecha: 27 Mayo de 2003)
- A7. Ley Orgánica del Poder Ejecutivo. Ley N° 29158
- A8. Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable, Ley N° 29869
- A9. Decreto Supremo N°111-2012-PCM, que incorpora la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como Política Nacional de obligatorio cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional. 01 de Noviembre de 2012.
- A10. Resolución Ministerial 334-2012-PCM. Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- A11. Resolución Ministerial N° 220-2012-PCM, Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- A12. Resolución Ministerial N° 222-2012-PCM, Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.
- A13. Decreto Supremo N° 115-2013-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para las Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable.
- A14. Resolución Directoral N 005-2012-EF/63.01 Pautas metodológicas para la incorporación del análisis de riesgos en los proyectos de inversión pública. Ministerio de Economía y Finanzas.
- A15. Anexos N°05, N°06 y N°07 de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública (2004, pp. 76-88), Ministerio de Economía y Finanzas.
- A16. Resolución Jefatural N°112-2006-IGN/OAJ/DGC/J



[Handwritten mark]



**CENEPRED****11.2 ANEXO N° 02: TERMINOLOGÍA BÁSICA**

ACTORES LOCALES: Son todos aquellos agentes, en el campo político, económico social y cultural, portadores y fomentadores de las potencialidades locales. Los actores locales pasan a tener un rol principal en los procesos de desarrollo, tanto en sus roles particulares, como también en sus acciones de coordinación entre ellos.

ANÁLISIS DE RIESGOS: Procedimiento técnico que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligro determinada, se evalúa el nivel de vulnerabilidad y se elabora el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada.

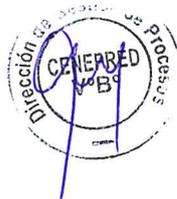
CÁLCULO DE RIESGOS: Etapa de la evaluación de riesgos en la que, se determina los niveles de riesgos; se estima (cualitativa y cuantitativamente) los daños o afectaciones; se elabora el mapa de zonificación del nivel de riesgos; y, se recomiendan medidas de control preventivo y de reducción de orden estructural y no estructural.

COMUNICACIÓN DE RIESGOS: Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, mediante el cual se intercambia información y opiniones a lo largo de todo el procedimiento. Dicho intercambio de información es sobre los riesgos, los factores relacionados con los riesgos y las percepciones de los mismos; entre las personas encargadas de la evaluación de los riesgos, los responsables de la prevención o reducción del riesgo de desastres, la población, las autoridades, la comunidad académica y otras partes interesadas, explicando y comprendiendo los resultados de la evaluación de riesgos y de los criterios de las decisiones relacionadas con el manejo de los riesgos.

CONTROL DE RIESGOS: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se evalúan las medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres, se determina la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo y finalmente se dan las recomendaciones de las medidas de control más idóneas.

DESASTRE: Conjunto de daños y pérdidas en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza, cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta regional y local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Proceso de transformación natural, económico social, cultural e institucional, que tiene por objeto asegurar el mejoramiento de las condiciones de vida del ser humano, la producción de bienes y prestación de servicios, sin deteriorar el ambiente natural ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones.



CENEPRED

DETERMINACIÓN DE PELIGROS: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se identifica y caracteriza los peligros, se evalúa la susceptibilidad de los peligros, se define los escenarios, se determina el nivel de peligro y se elabora el mapa del nivel de peligro.

DIRECTRICES DE EVALUACIÓN DE RIESGOS: Normas sobre la selección de las opciones y los dictámenes conexos para la aplicación del procedimiento técnico, a fin de que se mantenga la integridad científica del procedimiento.

ELEMENTOS EN RIESGO O EXPUESTOS: Es el contexto social, económico y ambiental presentado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno.

EVALUACIÓN DE RIESGOS: Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación de los peligros y análisis de las vulnerabilidades, recomendando medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres y valoración de riesgos.

FENÓMENO DE ORIGEN NATURAL: Es toda manifestación de la naturaleza que puede ser percibido por los sentidos o por instrumentos científicos de detección. Se refiere a cualquier evento natural como resultado de su funcionamiento interno.

FENÓMENOS INDUCIDOS POR LA ACCIÓN HUMANA: Es toda manifestación que se origina en el desarrollo cotidiano de las actividades, tareas productivas (pesquería, minería, agricultura, ganadería, etc.) o industriales (comerciales y/o de fabricación industrial, etc.) realizadas por el ser humano, en la que se encuentran presentes sustancias y/o residuos (biológicos, físicos y químicos) que al ser liberados pueden ser percibidos por los sentidos o por instrumentos científicos de detección.

GRANIZO.- Se conoce como granizo a los granos o corpúsculos de hielo más o menos duros que caen de las nubes. El tamaño de estas partículas oscila, normalmente, entre unos milímetros y dos o más centímetros. El mecanismo de esta precipitación violenta de gránulos de hielo está relacionado con las tormentas en las que intervienen la convección como elemento esencial en su formación, y con los fenómenos eléctricos.

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO: Es una deliberada y sistemática coordinación de la población, la tecnología, los procesos y la estructura de una organización, para añadir valor a través del uso e innovación del conocimiento.

GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.- Es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible.

GESTIÓN CORRECTIVA.- Es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el objeto de corregir o mitigar el riesgo existente.

GESTIÓN PROSPECTIVA.- Es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el fin de evitar y prevenir la conformación del riesgo futuro que podría originarse con el desarrollo de nuevas inversiones y proyectos en el territorio.



(Handwritten mark)





CENEPRED

GESTIÓN REACTIVA.- Es el conjunto de acciones y medidas destinadas a enfrentar los desastres ya sea por un peligro inminente o por la materialización del riesgo.

INDICADOR: Expresión cuantitativa y/o cualitativa que permite observar, describir y evaluar los diferentes aspectos de una situación actual, formular situaciones deseadas o comparar una situación común con relación a una situación deseada, ayudando en la toma de decisiones.

INFORME PRELIMINAR DE RIESGOS: Es el documento elaborado por los órganos competentes del Gobierno Regional o Gobierno Local (Municipalidad Provincial o Distrital), el cual de manera preliminar y rápida permite determinar de manera cualitativa los niveles de riesgos en un área geográfica específica, y establece si hubiera lugar, la condición de Peligro Inminente y la emisión de medidas de prevención y reducción de riesgos de carácter estructural y no estructural de cumplimiento obligatorio e inmediato por parte de la autoridad local para prevenir o reducir los efectos de un desastre en salvaguarda de la vida humana.

Además, permite al órgano competente elaborar un Programa Anual de Evaluaciones de Riesgos en el ámbito de su jurisdicción, priorizando los recursos presupuestales y la ejecución de los mismos.

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS: Documento que sustenta y consigna de manera fehaciente el resultado de la ejecución de una evaluación de riesgos, mediante el cual se determina, calcula y se controla el nivel de riesgos de las áreas geográficas expuesta a determinados fenómenos de origen natural o inducidos por la acción humana, en un período de tiempo.

INFRAESTRUCTURA: Es el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones, con su correspondiente vida útil de diseño, que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales.

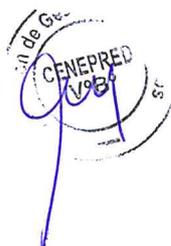
LINEAMIENTOS TÉCNICOS: Son aquellos documentos que describen las etapas, fases, pautas y formatos necesarios para desarrollar actividades o tareas técnicas específicas. Se emiten para particularizar o detallar acciones que derivan de un ordenamiento de mayor jerarquía como una ley, un código, un reglamento, un decreto, entre otros. Los lineamientos técnicos se desarrollan en base al campo de acción sobre el cual tendrán injerencia. Así mismo, muestran los límites de aplicación, responsabilidades y funciones de las instituciones involucradas.

MANEJO DE RIESGOS: Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, que consiste en ponderar y priorizar las distintas opciones para prevenir o reducir los riesgos, en consulta con todas las partes interesadas y teniendo en cuenta la evaluación del riesgo y otros factores relacionados a la protección de la vida de la población y del patrimonio de las personas y del Estado. Seleccionando las medidas de prevención y reducción del riesgos de desastres más apropiadas.

MAPA TEMÁTICO: Son representaciones sobre el papel de las características de algún tema en particular, apoyado sobre una base topográfica en donde se resalta, mediante la utilización de diversos colores y recursos de las técnicas cartográficas, correlaciones, valoraciones o estructuras de distribución de por ejemplo: viviendas, obras de infraestructura, caminos, áreas seguras, etc.



[Handwritten signature]





MEDIDAS ESTRUCTURALES: Cualquier construcción física para reducir o evitar los riesgos o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las peligros.

MEDIDAS NO ESTRUCTURALES: Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para prevenir o reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación.

MONITOREO: Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.

ORDENAMIENTO TERRITORIAL: Es una política de Estado, un proceso político y técnico administrativo de toma decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, la regulación y promoción de la localización y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos; de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de la identificación de potencialidades y limitaciones, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos. Asimismo, hace posible el desarrollo integral de la persona como garantía para una adecuada calidad de vida.

PELIGRO: Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

PELIGRO INMINENTE: Fenómeno natural o inducido por la acción humana, con alta probabilidad de ocurrir y de desencadenar un impacto de consecuencias significativas en la población y su entorno de tipo social, económico y ambiental debido al nivel de deterioro acumulado en el tiempo y que las condiciones de éstas no cambian.

PLAN: Instrumento diseñado para alcanzar determinados objetivos, en el que se definen en espacio y tiempo los medios utilizables para lograrlos. En él se contemplan en forma ordenada y coherente las metas, estrategias, políticas, directrices y tácticas, así como los instrumentos y acciones que se utilizarán para llegar a los fines deseados. Un plan es un instrumento dinámico sujeto a modificaciones en sus componentes, en función de la periódica evaluación de sus resultados.

PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO: Es la propuesta de desarrollo de largo plazo de una región, provincia, distrito o comunidad, que ha sido concertada entre todos los ciudadanos mediante mecanismos de participación ciudadana.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL: Instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio regional, constituido por un conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.

PLAN DE REASENTAMIENTO: Documento de gestión que establece las acciones, las entidades intervinientes y sus responsabilidades, el plazo de ejecución y los costos, así como la información relacionada a la zona declarada de muy alto riesgo no mitigable, la evaluación de la población a reasentar de los predios afectados, el saneamiento físico



[Handwritten signature]




CENEPRED

legal de los predios a desocupar, el uso inmediato de las zonas desocupadas, la evaluación de la zona de acogida, los instrumentos disponibles para su ocupación segura.

PREDIOS: Bienes inmuebles referidos al suelo, subsuelo y sobresuelo, que están delimitados y tienen un área determinada, que puede ser vivienda o unidad habitacional, terreno o unidad inmobiliaria y otros.

PRESUPUESTO PARTICIPATIVO: Es una herramienta clave en la planificación y gestión de los espacios locales. Elaborarlo participativamente constituye un proceso de concertación social que expresa una amplia apertura democrática en la toma de decisiones para el desarrollo local y permite usar los recursos públicos de acuerdo con las potencialidades locales, prioridades de la población y la necesidad de desarrollar economías, generar empleo, reducir sustancialmente los niveles de pobreza y exclusión social y mejorar así la calidad de vida de los pobladores.

PREVENCIÓN: Proceso de la gestión del riesgo de desastres, que comprende las acciones que se orientan a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible.

PROCESO DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO: Acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.

PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA: Toda intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar la capacidad productora de bienes o servicios, cuyos beneficios se generan durante la vida útil del proyecto y son independientes de los de otros proyectos.

REDUCCIÓN: Proceso de la gestión del riesgo de desastres, que comprende las acciones que se realizan para reducir las vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible.

RESILIENCIA: Capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro.

RIESGO DE DESASTRE: Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro.

VULNERABILIDAD: Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia. Se expresa en términos de 0 a 1.




**CENEPRED**

SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES: Sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos, y preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de la Gestión del Riesgo de Desastres



11.3 ANEXO N° 03: MÉTODO MULTICRITERIO

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

Para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

La notación matemática sería: $A = A_{ij}A = A_{ij}$

Para el cálculo de los pesos ponderados:

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

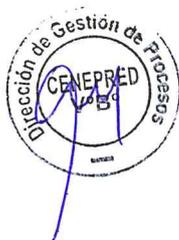
$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix}$$

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:



P



$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$p = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{c1i} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1$$

Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC).

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Segundo: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$VSP_{11} / p_{c11} = \lambda_1$$

$$VSP_{12} / p_{c12} = \lambda_2$$

.....

.....

.....

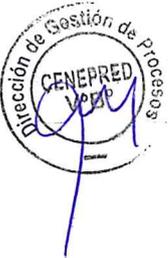
$$VSP_{1n} / p_{c1n} = \lambda_n$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max}

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$



Handwritten flourish





Esto nos permite hallar el índice de consistencia

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$$

Esto nos permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC);

$$RC = IC/IA$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10.

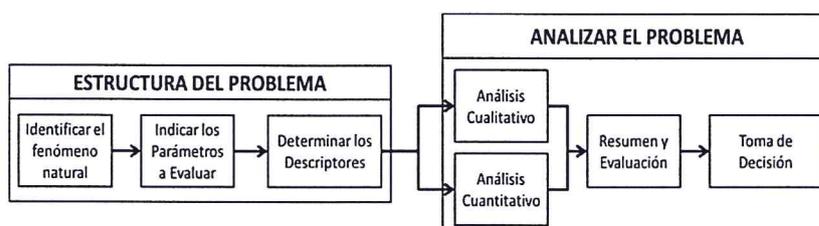


11.4 ANEXO N° 04: PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

1. Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

FLUJO METODOLÓGICO A SEGUIR PARA LA TOMA DE DECISIONES⁴



Según Moreno-Jiménez (2002) es necesario que la “metodología multicriterio seguida permita combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo”. El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi y Ferrer-Martí, 2011), la escala es la que se muestra a continuación:

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

⁴ Adaptado de Toskano (2005)

Para obtener estos ponderados es necesaria la comparación entre dos variables, determinando la importancia de una respecto a la otra utilizando la escala verbal, asignando luego el valor correspondiente de la escala numérica.

Toskano (2005) presenta algunas de las ventajas del PAJ frente a otros métodos de Decisión Multicriterio, estos son:

- Presenta un sustento matemático;
- Permite desglosar y analizar un problema por partes;
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común;
- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso;
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso;
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad;
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

APLICACIONES USUALES DEL PAJ

PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA	FORMULACIÓN DE POLÍTICAS
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	GESTIÓN AMBIENTAL
PLANIFICACIÓN POR ESCENARIOS	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO
EVALUACIÓN DE PLANES	FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MERCADO
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS	ASIGNACIÓN DE RECURSOS, ETC.

11.4.1 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 3x3 (03 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

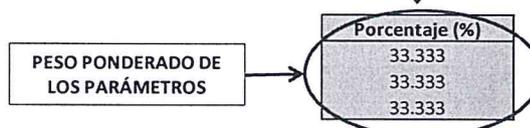
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARÁMETRO	A1	A2	A3
A1	1.00	1.00	1.00
A2	1.00	1.00	1.00
A3	1.00	1.00	1.00
SUMA	3.00	3.00	3.00
1/SUMA	0.33	0.33	0.33

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETRO	A1	A2	A3	Vector Priorización
A1	0.333	0.333	0.333	0.333
A2	0.333	0.333	0.333	0.333
A3	0.333	0.333	0.333	0.333
	1.000	1.000	1.000	1.000



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 4% (RC < 0.04), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL λ_{max}

	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
	3.000
	3.000
	3.000
SUMA	9.000
PROMEDIO	3.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
 RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)

IC	0.000
RC	0.000

↑

El valor del coeficiente debe ser menor a 0.04. Si el coeficiente es mayor a 0.04 se debe volver a analizar los criterios en la matriz de comparación de pares

(*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno-Jimenez (2003). Donde "n" es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

11.4.2 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 4x4 (04 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).



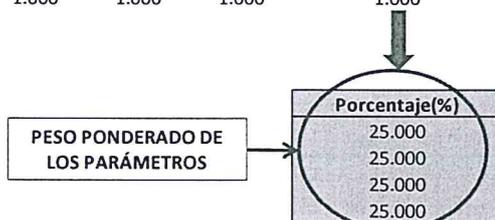
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	1.00	1.00	1.00
A2	1.00	1.00	1.00	1.00
A3	1.00	1.00	1.00	1.00
A4	1.00	1.00	1.00	1.00
SUMA	4.00	4.00	4.00	4.00
1/SUMA	0.25	0.25	0.25	0.25

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4	Vector Priorización
A1	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
A2	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
A3	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
A4	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 8% (RC < 0.08), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000
0.250	0.250	0.250	0.250	1.000

HALLANDO EL λmax

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	4.000
	4.000
	4.000
	4.000
SUMA	16.000
PROMEDIO	4.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08

IC	0.000
RC	0.000



11.4.3 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 5x5 (05 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

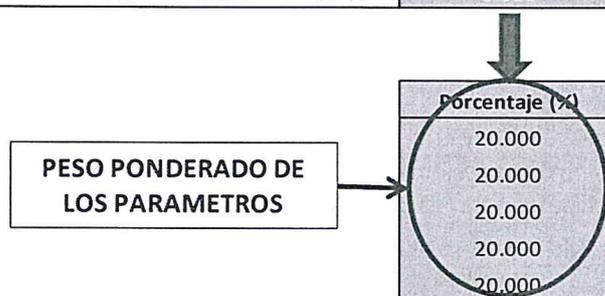
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SUMA	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1/SUMA	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

MATRIZ DE NORMALIZACION

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorizacion
A1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A3	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
A5	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% (RC < 0.1), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	1.000

HALLANDO EL λ_{max}

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
	5.000
	5.000
	5.000
	5.000
	5.000
SUMA	25.000
PROMEDIO	5.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.000
RC	0.000

11.4.4 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO-MATRIZ DE 6x6 (06 parámetros)

Paso 01: En la matriz de comparación de pares, se evalúa la importancia y/o participación de una variable con respecto a otra, en este caso específico sobre un




CENEPRED

fenómeno natural. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty (1980). Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna), esto se puede realizar utilizando una hoja de cálculo. La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
A6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SUMA	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
1/SUMA	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.



**MATRIZ DE NORMALIZACIÓN**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Vector Priorización
A1	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A2	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A3	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A4	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A5	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
A6	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PESO PONDERADO DE
LOS PARAMETROS

Porcentaje (%)
16.667
16.667
16.667
16.667
16.667
16.667

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% (RC < 0.1), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderado
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000
0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000

HALLANDO EL λ_{max}

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	6.000
	6.000
	6.000
	6.000
	6.000
	6.000
SUMA	36.000
PROMEDIO	6.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.000
RC	0.000

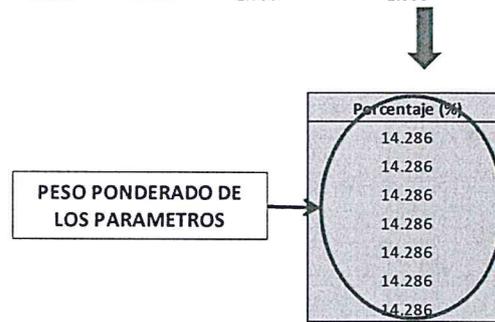




Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

MATRIZ DE NORMALIZACION

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Vector Priorizacion
A1	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A2	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A3	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A4	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A5	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A6	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
A7	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicará que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices							Vector Suma Ponderado
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	1.000

HALLANDO EL λ_{max}

Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion	
7.000	
7.000	
7.000	
7.000	
7.000	
7.000	
7.000	
7.000	
SUMA	49.000
PROMEDIO	7.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.000
RC	0.000

Nota: Se recomienda utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico para un máximo de 07 parámetros, con un número mayor de parámetros la incertidumbre aumenta (Saaty, 2008).

