



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS

TÍTULO:

EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL PROCESO DE
INUNDACION DEL SECTOR URBANO DE PEBAS UTILIZANDO
TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA CON DRONE, 2021.

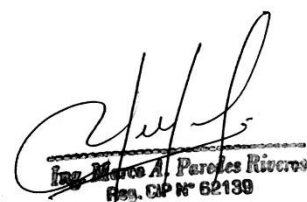
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

AUTORA: AMBAR JAMETH SAAVEDRA COLLANTES

ASESOR: ING. PAREDES RIVEROS, MARCO ANTONIO Mgr.

Loreto – Maynas – Perú

2021



Ing. Marco A. Paredes Riveros
Reg. CIP N° 62139

Dedicatoria.

Dedico este trabajo de investigación a mis hijos por ser el motivo principal para lograr mis metas y objetivos, mi familia quienes siempre están presentes de manera incondicional en la realización de mis sueños y de mi vida profesional.

El trabajo de igual manera lo dedico a mis maestros de la Universidad Científica del Perú, porque siempre están apoyándome en las diferentes etapas de este proceso universitario.

Agradecimiento.

Mi agradecimiento ante todo es para Dios por ser mi guía y acompañante en mi vida, y por siempre llenarme de fortaleza y energía para seguir adelante cada día.

De manera especial al asesor del proyecto profesional, Ing. Marco Antonio Paredes Riveros M. Sc. por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino en todo mi proceso de carrera universitaria y haber brindado apoyo profesional y seguir cultivando valores.

ÍNDICE

Capítulo I: Marco teórico	9
1.1. Antecedentes del estudio.....	9
1.2. Definición de términos básicos.....	13
Capítulo II: Planteamiento del problema.....	15
2.1. Descripción del problema.....	15
2.4. Hipótesis.....	17
2.5. Variables.....	17
2.5.1. Identificación de variables	17
2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables.....	17
2.5.3. Operacionalización de las variables.....	18
Capítulo III: Metodología.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2. Población y muestra	19
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	19
3.3.1. Técnica de recolección de datos	19
3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos	19
3.3.3. Procesamiento de Recolección de Datos	20
3.4. Procesamiento y análisis de datos	20
3.4.1. Procesamiento de Datos.....	20
3.4.2. Análisis de Datos.....	20
Capítulo IV. Resultados y Discusión	24
4.1. Ubicación del área de estudio	24
4.2. Identificación del Grado de Peligro.....	28
4.3. Determinación del grado de peligrosidad del evento.....	36
4.3.1. Determinación del grado de vulnerabilidad del área de estudio	50
4.4. Estratificación de la Vulnerabilidad	56
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	63
5.1. CONCLUSIONES:.....	63
5.2. RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFIA.....	64

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Operacionalización de las variables

Cuadro 2.-Criterios propuesto por Saaty para el análisis de factores

Cuadro 3.- Escalas propuesto por Saaty para el análisis de factores

Cuadro 4.- Ejemplos de escala de jerarquización de factores que aceleran el proceso de Inundación

Cuadro 5.- Ejemplos del proceso de jerarquización de factores que intervienen el proceso de Inundación

Cuadro 6.- Ejemplos del proceso de jerarquización de descriptores de factores que intervienen el proceso de Inundación

Cuadro 7.- Factores que intervienen en el proceso de Inundación

Cuadro 8.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor geomorfología

Cuadro 9.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor geomorfología

Cuadro 10.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor pendiente

Cuadro 11.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor suelo

Cuadro 12.- Proceso de Análisis Jerárquico de los factores desencadenantes del proceso de inundación

Cuadro 13.- Niveles de peligro obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico para determinar del grado de peligrosidad

Cuadro 14.- Niveles de peligro obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico para determinar del grado de peligrosidad a nivel de detalle.

Cuadro 15.- Población del distrito de Pebas

Cuadro 16.- Distribución por grupo etario de la población de Pebas

Cuadro 17.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Grupo Etario

Cuadro 18.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Nivel Educativo

Cuadro 19.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Programa Social

Cuadro 20.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Tipo de Seguro

Cuadro 21.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Tipo de Vivienda

Cuadro 22.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Tipo de Seguro

Cuadro 23.- Niveles de Vulnerabilidad obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico a nivel de detalle

Índice de Figuras

Figura 1.- Equipo Drone utilizado para la determinación de las curvas de nivel en el presente estudio

Figura 2.- Esquema representativo de la unión de imágenes provenientes del dron para la elaboración del Modelo Digital de Terreno.

Figura 3.- Clasificación de los peligros generados por eventos naturales (Cepal, 2014).

De Pebas

Figura 4.- Interacción de factores y descriptores según el proceso de Saaty para la determinación de los niveles de peligro

Figura 5.- Población del distrito de Pebas según sexo

Figura 6.- Población del distrito según grupo de edades

Figura 7.- Flujograma para estimar los niveles de riesgo

Figura 8.- Viviendas afectadas según niveles de riesgo

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL PROCESO DE INUNDACION DEL SECTOR URBANO DE PEBAS UTILIZANDO TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA CON DRONE, 2021

La evaluación del riesgo ante el proceso de inundación fue ejecutado en la ciudad de Pebas, ubicada al Este de Iquitos y a las orillas de la confluencia del río Amazonas con el Ampiyacu en la provincia de Mariscal Ramón Castilla, se utilizó el Análisis Jerárquico – AHP (Saady, 1980) para determinar la ponderación de los factores condicionantes y desencadenantes que inducen a la inundación, es decir el riesgo depende del grado de peligrosidad y vulnerabilidad, siendo la precipitación pluvial un factor condicionante y la fisiografía, pendiente y suelo fueron considerados como factores desencadenantes del evento en la determinación del grado de peligrosidad. Para la fisiografía actual se utilizó técnicas fotogramétricas con drone para determinar la topografía y ubicación de las viviendas actuales. Asimismo, para la vulnerabilidad se analizaron las dimensiones social y social-económica, dentro de ellos se aplicaron AHP para la “resiliencia” en base al grupo etario, para “análisis de la resiliencia” se analizaron: nivel educativo, programa social, tipo de seguro y tipo de vivienda con lo cual nos permitió obtener un rango de valores para categorizar la vulnerabilidad. Los resultados obtenidos con AHP de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo son categorizados en muy alto, alto moderado y bajo. Lo que nos permitió a través del SIG la confección de mapas de Riesgo ante inundación de la ciudad de Pebas. Dicha metodología es normada por el Centro de Prevención de Riesgos y Desastres (CENEPRED) como requisito para la Gestión de Riesgos. En la presente investigación se concluye que los trabajos de aerofotogrametría con drone ayuda a la Gestión del Riesgo hidrometeorológico extremo para una ciudad amazónica, dentro de los cuales la determinación de la peligrosidad y vulnerabilidad son los puntos claves. Asimismo, se ha estimado de que solo el 7% del territorio del sector urbano de la ciudad de Pebas se encuentra en riesgo “Muy Alto”, dicho territorio se ubica sobre el área de islas, playas y terrazas bajas. El nivel de aceptabilidad y tolerancia de riesgo identificado en la población es inaceptable, el cual indica que se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de los riesgos.

Palabras Claves:

Inundación, AHP, Riesgo, Vulnerabilidad, Peligro.

RISK EVALUATION OF FLOODING PROCESS IN PEBAS CITY USING PHOTOGRAMMETRIC TECHNIQUE WITH DRONE, 2021

The flood risk evaluation to flood process was carried out in Pebas City, located east of Iquitos and on confluence of Amazon with Ampiyacu River, Mariscal Ramón Castilla province, the Hierarchical Analysis Process - AHP was used (Saady, 1980) to determine the weighting of the conditioning and triggering factors that induce flooding, that is, the risk depends on the hazard and vulnerability degree, with rainfall being a conditioning factor and the physiography, slope and soil were considered as triggers factors of event in determining the hazard degree. For physiography, drone photogrammetric techniques were used to determine the topography and location of houses. Likewise, for vulnerability the social and social-economic dimensions were analyzed, within them AHP was applied for “resilience” based on age group, for “resilience analysis” were analyzed: educational level, social program, insurance and house, which allowed us to obtain a range of values to categorize vulnerability. Results obtained with AHP of hazard, vulnerability and risk are categorized as very high, high, moderate and low. Through the GIS, we were able to create Flood Risk maps for Pebas city. This methodology is regulated by the Center for Risk and Disaster Prevention (CENEPRED) as a requirement for Risk Management.

The present investigation, concluded that drone aerial photogrammetry work helps to manage extreme hydrometeorological risk for Amazonian cities, within which the determination of hazard and vulnerability are key points. Likewise, it

has been estimated that only 7% of the territory of the urban sector of Pebas city is at “Very High” risk, said territory is located on the area of islands, beaches and low terraces. The level of acceptability and tolerance of risk identified in the population is unacceptable, which indicates that immediate and priority activities should be developed for risk management

Keywords:

Flood, AHP, Risk, Vulnerability, Hazard.

Capítulo I: Marco teórico

1.1. Antecedentes del estudio.

[1] Dueñas (2016), realizó la Evaluación del Riesgo en el distrito y Provincia de Abancay para las realiza las Urbanizaciones Pueblo Joven Centenario, Urbanización San José I y II Etapa, Villa Ampay, La Granja-Américas, Urbanización Magisterial, Urbanización Micaela Bastidas II Etapa, Urbanización Villa Concepción, Urbanización Flor de Pisonay, Urbanización Nueva Granja del distrito de Abancay, las mismas que están asentadas a los laterales de la quebrada Ullpuhuayco, La zona de estudio tiene una extensión superficial de 6.073 Has, se encuentra ubicado al oeste del distrito de Abancay.

El trabajo se realizó en tres etapas, la primera consistió en la recopilación de información de las instituciones, la segunda etapa se basó en trabajos de campo, encuestas y la tercera en el procesamiento de la información.

El mapa del peligro fue determinado por el Programa de Ciudades Sostenibles PNUD-INDECI y de acuerdo a la ponderación de los factores condicionantes y desencadenantes el nivel es muy alto. El estudio siguió la metodología de CENEPRED para la determinación del Riesgo de Inundaciones por precipitaciones pluviales en el sector mencionado.

En el año 2010, PREDES realizó la Estimación del nivel de riesgo de las viviendas, pautas de mitigación de riesgo y recomendaciones técnicas en la zona de Quebrada Santa María (Distrito de Villa María Del Triunfo) y de Parque Metropolitano (Villa El Salvador) [2] Existen diversos estudios realizados por Instituciones y expertos reconocidos sobre el peligro y la vulnerabilidad de Lima Metropolitana ante un sismo severo seguido de tsunami [3], [4], [5], [6] y [7]. PREDES, ha realizado para el INDECI, con el financiamiento de la Agencia de Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) el diseño de un Escenario sobre el Impacto de un sismo de gran magnitud en la ciudad de Lima. Menciona,

además, que las características del suelo tendrán una importancia preponderante en el nivel de daños producidos por un terremoto de gran magnitud. Lima Metropolitana se asienta en su mayor parte sobre una suave llanura de material aluvial con pendiente de 4-5% en dirección NE-SO. Los depósitos aluviales proceden en su mayoría del delta del río Rímac o del río Chillón, los cuales por su pronunciada pendiente arrastran abundante material erosionado. El suelo de la zona central de Lima, conglomerado de canto rodado y grava en una matriz limo-arenosa y con una napa freática muy profunda, es sísmicamente adecuado por su compacidad y resistencia, mostrando capacidad de carga de 3 kg/cm². En la parte central del Callao, los estratos superficiales de capas de arena limosas arcillosas y una napa freática a 2 ó 3 metros, otorgan una presión admisible de 0,5 a 1 kg/cm²; en La Molina el suelo es de sedimentos de limo-arena-arcilla con gravas y lodos, y la napa freática está a unos 13 metros, la resistencia del terreno es de 0,5 a 1,5 kg/cm². Se reconocen como suelos sísmicamente desfavorables los de sedimentos aluviales arenosos en Chorrillos, los acantilados costeros y los depósitos de basura en las riberas del río Rímac y San Martín de Porres [8]

CENEPRED, 2017 [9], como ente Responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, utilizó el análisis Jerárquico para Evaluar el Riesgo por Inundación Pluvial en el área de Influencia del distrito 26 de octubre en la Provincia y departamento de Piura. Concluye con la identificación del nivel del riesgo por inundaciones pluviales del centro poblado y el mapa de riesgo como resultado de la evaluación del peligro y vulnerabilidad.

Asimismo, se evalúa el control del riesgo, para identificar la aceptabilidad o tolerancia del riesgo, en dicho manual concluye que la forma más fácil y versátil de explicar el riesgo es a través de un mapa de riesgos por niveles

Marquez, L. (2017) [10] utilizó el proceso analítico jerárquico (como menciona el Manual de Evaluación de Riesgos de CENEPRED) para establecer una metodología apropiada para seleccionar una revista para publicar en el área biotecnológica. La publicación de artículos en revistas indexadas es una de las

metas fundamentales del trabajo de investigación científica. Por eso es importante seleccionar la revista que mejor proyecte la información del artículo entre la comunidad técnico-científica; sin embargo, depender de criterios subjetivos puede derivar en la pérdida de tiempo y energía, costos innecesarios y una baja difusión de la productividad científica del investigador. Para establecer la metodología se evaluaron 11 parámetros cualitativos y cuantitativos de 20 revistas científicas, validadas por un grupo de expertos en el área, luego se usó un proceso de análisis jerárquico con lo que se estableció el criterio de selección. Se encontró que los elementos clave para considerar la selección de una revista son el factor de impacto, el tiempo de aceptación, el tipo de indización y la cantidad de artículos publicados por la revista. De esta forma, con una metodología para escoger la revista idónea, se puede aumentar las posibilidades de publicar el artículo, disminuir el tiempo de espera, gastos de publicación y lograr tener un mayor número de citas una vez publicado, usando una diversidad de criterios y no únicamente criterios bibliométricos como el factor de impacto.

Salas, J (2014) [11], como una ampliación de la utilización del análisis jerárquico en el campo industrial, realizó una investigación denominada: Modelo del proceso jerárquico analítico para optimizar la localización de una planta industrial, el cual se refiere a la ubicación de una nueva unidad productora, de tal manera que se logre la máxima rentabilidad del proyecto o el mínimo de los costos unitarios. La localización de las instalaciones de una empresa tiene impacto significativo en los costos de operación de la compañía, los precios que esta cobra por los productos y servicios y la capacidad que tiene para competir en el mercado y penetrar nuevos segmentos de clientes. Se consideran dos tipos de factores: a) Cuantitativos, que son fáciles de cuantificar, como por ejemplo el costo de mano de obra, costo de materiales, costo de transporte, demanda, etc. y b) Cualitativos, difíciles de cuantificar, por ejemplo: impacto ambiental, actitud de la comunidad, clima, vivienda, centros de capacitación, seguridad, etc. Existen modelos que permiten evaluar los factores locacionales, facilitando la evaluación de los factores cuantitativos por sus cantidades. La evaluación de los factores cualitativos lo hacen por su preferencia o asignándoles un puntaje de

acuerdo a la apreciación del analista, lo que hace que ningún modelo utilizado garantice que el lugar elegido sea el óptimo.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO

La Estimación del Riesgo en Defensa Civil, es el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan en un determinado centro poblado o área geográfica, a fin de levantar información sobre la identificación de los peligros naturales y/o tecnológicos y el análisis de las condiciones de vulnerabilidad, para determinar o calcular el riesgo esperado (probabilidades de daños: pérdidas de vida e infraestructura).

Complementariamente, como producto de dicho proceso, recomendar las medidas de prevención (de carácter estructural y no estructural) adecuadas, con la finalidad de mitigar o reducir los efectos de los desastres, ante la ocurrencia de un peligro o peligros previamente identificados. Se estima el riesgo antes de que ocurra el desastre. En este caso se plantea un peligro hipotético basado principalmente, en su periodo de recurrencia. En tal sentido, sólo se puede hablar de riesgo (R) cuando el correspondiente escenario se ha evaluado en función del peligro (P) y la vulnerabilidad (V), que puede expresarse en forma probabilística, a través de la fórmula siguiente: $R = (P \times V)$ Se considera la estimación del riesgo en aquellos casos relacionados con la elaboración de un proyecto de desarrollo y de esa manera se proporciona un factor de seguridad a la inversión de un proyecto. También se evalúa el riesgo, después de ocurrido un desastre. La evaluación de daños, pérdidas y víctimas, se realiza en forma directa sin emplear la ecuación indicada. Para cuantificar la gravedad y probabilidad del riesgo, es necesario realizar diversas pruebas, investigaciones y cálculos, alguna de las cuales se detallarán en los capítulos siguientes. [12]

Riesgo

La noción de “riesgo”, en su concepción más amplia, es consustancial con la existencia humana en esta tierra. Evocando ideas sobre pérdidas y daños

asociados con las distintas esferas de la actividad humana. También debe reconocerse que la noción de riesgo es inherente con la idea de empresa y la búsqueda de avance y ganancia, bajo determinadas condiciones de incertidumbre. [13]

En primera instancia están las definiciones que se derivan de las ciencias de la tierra y que tienden a definir el riesgo como “la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico dañino”. Esta definición pone énfasis en la amenaza o el evento físico detonador del desastre.

En segunda instancia, están las definiciones de riesgo de desastre que rescatan lo social y lo económico y tienden a plasmarse en definiciones del siguiente tipo: “el riesgo de desastre comprende la probabilidad de daños y pérdidas futuras asociadas con la ocurrencia de un evento físico dañino”. O sea, el énfasis se pone en los impactos probables y no en la probabilidad de ocurrencia del evento físico como tal [13].

1.2. Definición de términos básicos.

- **Evaluación**

La evaluación supone un análisis de la medida en que las actividades han alcanzado objetivos específicos. La evaluación es examinar, describir el valor de algo. [Gibbons, 1984, citado por Van Raan, 1990].

- **Vulnerabilidad**

Según la organización mundial de la salud (OMS) la vulnerabilidad es la disposición interna a ser afectado por una amenaza. Si no existe vulnerabilidad no se produce la destrucción. Depende del grado de exposición, de la protección, de la reacción inmediata, de la recuperación básica y de la reconstrucción [14].

- **DEM**

Un modelo digital de terreno es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua [15].

Capítulo II: Planteamiento del problema.

2.1. Descripción del problema.

Los impactos socio económico y ambiental ocasionado por fenómenos de origen natural se han incrementado, entre otros factores debido al inadecuado crecimiento y/o localización de las actividades humanas en ámbitos geográficos inseguros, reduciendo la eficiencia productiva, así como las capacidades de desarrollo sostenible [1].

Para mantener el incremento de la productividad y lograr un desarrollo sostenible es conveniente la incorporación y uso del procedimiento técnico del Análisis y/o Evaluación de Riesgos 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 desastres en lo concerniente a lo social, económico y ambiental en las ciudades amazónicas.

Asimismo, la nueva normatividad en el Perú a través del CENTRO NACIONAL DE ESTIMACION, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (CENEPRED), obliga a que los nuevos proyectos de pequeña, mediana o gran envergadura presenten la evaluación del riesgo donde utilizan el análisis jerárquico de los factores que influyen la vulnerabilidad y el peligro en un área determinada.

2.2. Formulación del Problema

Problema General

¿Cuál es el nivel del riesgo de que un evento hidrometeorológico extremo impacte sobre la ciudad de Pebas, provincia Mariscal Ramón Castilla, departamento de Loreto?

Problemas Específicos

¿Se tiene elaborado el análisis de la peligrosidad de las lluvias para el sector de la ciudad de Pebas?

¿Se ha cuantificado la Vulnerabilidad ante un evento de lluvias extremas para la ciudad de Pebas?

¿Se tiene determinado el Riesgo de lluvia extrema para la ciudad de Pebas?

¿Se puede determinar el límite de inundación utilizando técnica fotogramétrica con Drone?

¿Cuál es el área crítica ante el proceso de inundación del sector urbano de la ciudad de Pebas, provincia Mariscal Ramón Castilla?

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad ambiental ante el proceso de inundación del sector urbano de la ciudad de Pebas, provincia Mariscal Ramón Castilla?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo General

Evaluar el riesgo por un evento hidrometeorológico extremo para la ciudad de Pebas, departamento de Loreto.

2.3.2. Objetivos Específicos

Determinar el grado de peligrosidad de inundación por un evento extremo de lluvia utilizando drone para la ciudad de Pebas.

Determinar el grado de vulnerabilidad de un evento de lluvia extrema para la ciudad de Pebas.

Estimación del Riesgo de Inundación por lluvia extrema para la ciudad de Pebas, siguiendo la normatividad legal vigente.

2.4. Hipótesis

Utilizando técnica fotogramétrica con dron podemos evaluar el Riesgo ante el proceso de inundación del sector urbano de la ciudad de Pebas, provincia Mariscal Ramón Castilla.

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de variables

Independiente

Riesgo por evento hidrometeorológico

Dependiente

Grado de Vulnerabilidad y Amenaza por medio de fotogrametría con dron ante el proceso de inundación del sector urbano de la ciudad de Pebas.

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables.

- **Según la sociedad americana de fotogrametría**, la fotogrametría es la ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno a través de grabación, medidas e interpretación de Imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos [16].
- **El modelo de elevación**; Es un modelo digital o representación 3D de la superficie de un terreno creado a partir de los datos de elevación del mismo, que representa la información de altura sin ninguna definición adicional sobre la superficie. Asimismo, en la mayoría de los casos, el término Modelo Digital de Superficie se refiere a la superficie del terreno e incluye todos los objetos que esta contiene [17].
- **Proceso de Inundación**; Es un fenómeno natural que se da por el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubre

temporalmente los terrenos bajos adyacentes. Suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunamis. En la Amazonia este proceso se da de forma lenta alcanzando a cubrir comunidades enteras [18].

▪ **Vulnerabilidad**

La evaluación de vulnerabilidad implica una clasificación de los sistemas expuestos, en función de las consecuencias y la intensidad de un fenómeno determinado. Por ejemplo, en el caso de sismo, tanto los tipos de daños que pueden causar los movimientos del terreno en una construcción, en un sistema urbano o en una formación natural, como la selección de las variables del movimiento sísmico y de las propiedades del sistema o de la obra en cuestión que conduzcan a las estimaciones más confiables de las funciones de vulnerabilidad, dependen del tipo de sistema considerado [19].

2.5.3. Operacionalización de las variables.

Cuadro 1. Operacionalización de las variables

Variables	Operacionalización	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
X Técnica Fotogramétrica con Drone.	Instalación de nueva tecnología amigable con las diferentes disciplinas (Ingenierías y afines).	-Puntos de control (geodésicos)	- Ubicación, numeración y tomar coordenadas de los puntos de control	GPS navegador, estación RTK Y Nivel automático
	Preservación total del medio ambiente.	-Plan de vuelo y cámara fotográfica	Cámara de 20 MP Máxima resolución	Cámara DJI de 20 MP
Y Riesgo de Inundación de la ciudad de Pebas.	Nuevas Técnicas de Obtención de datos de campo: Ingeniería. Nuevas tendencias de determinación de vulnerabilidad.	Software para procesar la información del área de captación de agua potable	Relieve de terrazas, Planicie estructural baja	Drone y Fotogrametría. Agisoft Metashape

Fuente; Elaboración Propia

Capítulo III: Metodología

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación será de del tipo de investigación no experimental y el Diseño es Descriptivo demostrativo.

No Experimental, porque se realiza el estudio sin la manipulación de las variables, observándolas en su ambiente natural.

Descriptiva porque el objetivo es indagar y evaluar el nivel de riesgo de forma descriptiva mediante la observación y análisis.

3.2. Población y muestra **Población**

La población está constituida por toda la Zona del sector urbano de la ciudad de Pebas.

Muestra

La muestra se representa por el sector urbano afectado como consecuencia del proceso de inundación en la ciudad de Pebas.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Técnica de recolección de datos

Para este caso en la técnica de recolección de datos se empleó fue la observación y análisis utilizándose fichas de observación y fotos.

3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

En cuanto a los instrumentos para la recolección de datos se utilizó el drone como instrumento principal, GPS, cámara de 20 Mpixel, datos hidrometeorológicos diarios, ficha de observación, puntos geodésicos,

fotos, softwares libres de origen educativo los cuales se sometieron a la prueba de validez y confiabilidad antes de su procesamiento.

3.3.3. Procesamiento de Recolección de Datos

- Levantamiento de información en campo con drone.
- Amarre de los puntos geodésicos a la información del drone.
- Procesamiento de la información con softwares libres, elaboración de las curvas de nivel.
- Análisis y procesamiento de la Información Hidrometeorológica
- Determinación del grado de peligrosidad - amenaza.
- Determinación del grado de vulnerabilidad del área de estudio.
- Evaluación del Riesgo
- Elaboración de los mapas de riesgo.
- Presentación del informe.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

3.4.1. Procesamiento de Datos

El procesamiento de los datos se realizó de forma computarizada ya que se utilizó sobre el plan de tabulación en el software de ingeniería Agisoft Metashape Profesional versión libre (30 días con fines educativos) de las tomas obtenidas con el drone.

Para los datos hidrometeorológicos se utilizará los percentiles.

Para los factores desencadenantes del evento, se utilizará el Análisis Jerárquico, metodología propuesta por el CENEPRED a través del Manual de Evaluación de Riesgos, 2ª edición.

3.4.2. Análisis de Datos

El análisis e interpretación de los datos se efectuará empleando el análisis estadístico descriptivo de los datos hidrometeorológicos. Se utilizará el percentil 50 de los niveles máximos del nivel de río. Asimismo, se utilizarán los percentiles 10, 30, 40, 50, 70, 90, 95 y 99 de los datos de precipitación máxima que recae en la ciudad de Pebas

GEOLOGIA

La Formación Pebas, de origen continental corresponde a la unidad más antigua que aflora en el área, está constituida por una secuencia masiva de lodolitas de estratificación media a gruesa, de fases lagunares, representan la base de la columna litoestratigráfica sobre la cual reposan en discordancia erosional las unidades de la Formación Nauta que se divide en dos miembros, el inferior conformado por una secuencia lodolítica que grada a arenas masivas, y el miembro superior que corresponde una secuencia de arenas de tonos claros. Esta formación es de ambiente continental, donde el miembro inferior, representa fases de tipo llanura aluvial, y el superior, fases del tipo terrazas fluviales. El Cuaternario reciente se manifiesta por los diferentes depósitos que fueron transportados y depositados por los ríos, como terrazas bajas, depósitos de playas, islas, entre otros. Entre los elementos estructurales definidos en el estudio, se hallan: la Cuenca Intracratónica del Amazonas, que se encuentra entre los escudos Guyano y Brasileño y el Alto de Iquitos, que es una elevación del basamento cristalino reiniciada durante el Cuaternario. Asimismo, se presentan alineamientos estructurales interpretados mediante el uso de imágenes de satélite y de radar, con dos sistemas principales, uno de dirección NO-SE y el otro de rumbo NE-SO, los cuales influyen en el modelado del relieve y del curso que sigue el río Amazonas. En el área existe un gran potencial de sustancias metálicas y no metálicas. Se ha observado la presencia de varias dragas que explotan oro aluvial en los ríos Putumayo y Yaguas, existe una manifestación de fierro en la Localidad de San Pablo de Loreto, en forma de venillas a manera concéntrica. Es muy probable que exista la posibilidad de encontrar uranio debido a que el ambiente de formación fue muy favorable para su depositación. Dentro de las sustancias no metálicas destacan las arcillas, arenas, gravilla y el carbón. Es necesario profundizar las investigaciones para poder determinar el potencial de sustancias metálicas y no metálicas que encierra la zona. Las posibilidades petrolíferas, son favorables por contar con estructuras en bloques del tipo graben y horst; la presencia de rocas cretáceas, paleógenas y neógenas según estudios geológicos brasileños llegaría más al NE de la cuenca del Solimoes en

territorio peruano, y la prolongación de la cuenca del Amazonas en Colombia hacia el lado peruano, registra según el INGEOMINAS, profundidades de hasta -3 000 m. Todos estos argumentos dan indicios de ambientes favorables para la presencia de hidrocarburos. En el estudio efectuado se incluye un capítulo de Geología Ambiental, el que constituye un aporte inicial para poder determinar los principales fenómenos naturales y antrópicos que la afectan [21].

2.4.1 Suelo Según su génesis los suelos se dividen en:

a) Suelos aluviales actuales: Son suelos de existencia temporal, ocupan el lecho mayor de los ríos principales, distinguiéndose playas que se desarrollan principalmente en las zonas convexas de los meandros. Están compuestos por arenas finas a medias, drenaje algo excesivo, fertilidad natural moderadamente baja, aptas para cultivos de corto período vegetativo como frijol, sandía, etc.

b) Suelos aluviales recientes: Son aquellos suelos ubicados a lo largo de las márgenes de los ríos Amazonas, Yavarí y Putumayo, abarcando zonas de terrazas, bajas islas, complejos de orillares, hasta aguajales, que soportan inundaciones severas; son de naturaleza limosa, arenosa y arcillo-limosa con perfiles estratificados, desarrollándose una vegetación de bosque bajo, ribereño. Presentan reacción muy fuerte, extremadamente ácida. Son utilizados para producción de cultivos de arroz, yuca, plátano, frijol, maíz, etc.

c) Suelos aluviales antiguos: Son suelos originados a partir de sedimentos antiguos pleistocénicos (Formación Nauta), que debido a procesos tectónicos alcanzan alturas mayores a 15 m ó 30 m, conformando terrazas altas, muchas de las cuales por erosión hídrica intensa han sido disectadas formando colinas o lomas altas. Son suelos poco profundos, moderadamente evolucionados, presentan reacción fuertemente ácida, drenaje regular, y baja fertilidad natural con aptitudes agrícolas para cultivos de maíz, yuca, plátano, frijol, frutales, etc. d) Suelos residuales: Son derivados de arcillas rojas y grises del Neógeno (Formación Pebas), extendidos a manera de lomadas y/o colinas bajas, de laderas cortas, con

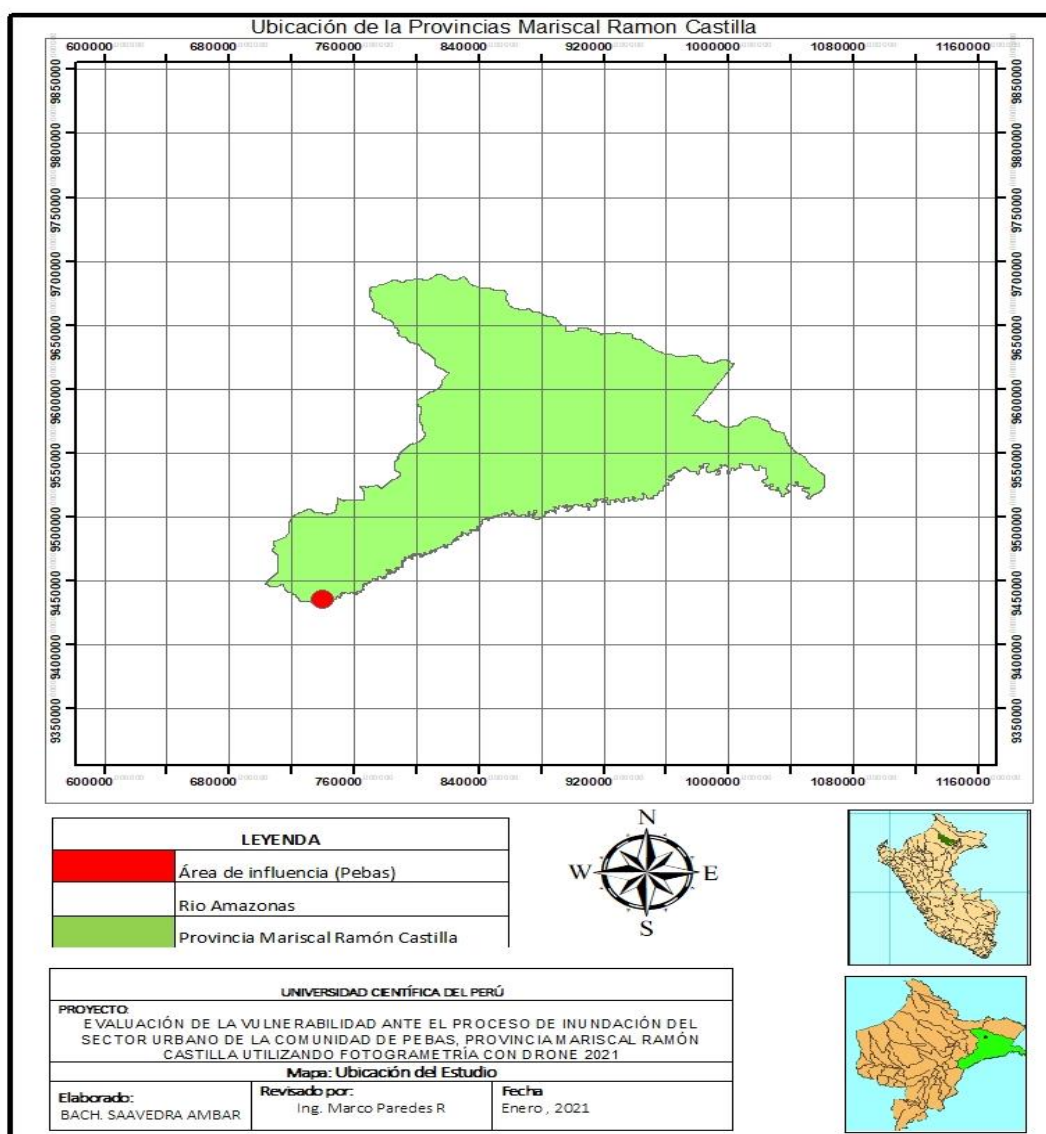
pendientes entre 8% y 30%, susceptibles a la erosión hídrica, muestran una vegetación de monte alto. Son suelos profundos, de textura fina, tonalidades rojizas, buen drenaje y reacción extremadamente ácida, con altos porcentajes de saturación de aluminio y deficitarios en nutrientes minerales.

Los suelos más representativos edafológicamente, pertenecen a los grupos acrisoles órticos (horizonte B corto), cambisoles dístricos (poco fértiles) y eútricos (fértiles; donde existe predominio de materiales calcáreos) [21].

Capítulo IV. Resultados y Discusión

4.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el sector urbano afectado por el proceso de inundación en la localidad de Pebas capital del distrito, ver en la figura 2, en la ciudad de Iquitos, distritos de Iquitos, provincia Mariscal Ramón Castilla, departamento de Loreto.



Para determinar las condiciones topográficas del terreno en el ámbito de la zona de estudio se utilizó el drone, que realizó 05 vuelos sucesivos con las siguientes características:

Altura de vuelo : 80 m

Traslape entre foto y foto : 60%

Resolución de las fotos : 20 Mpixel



Figura 1.- Equipo Drone utilizado para la determinación de las curvas de nivel en el presente estudio.

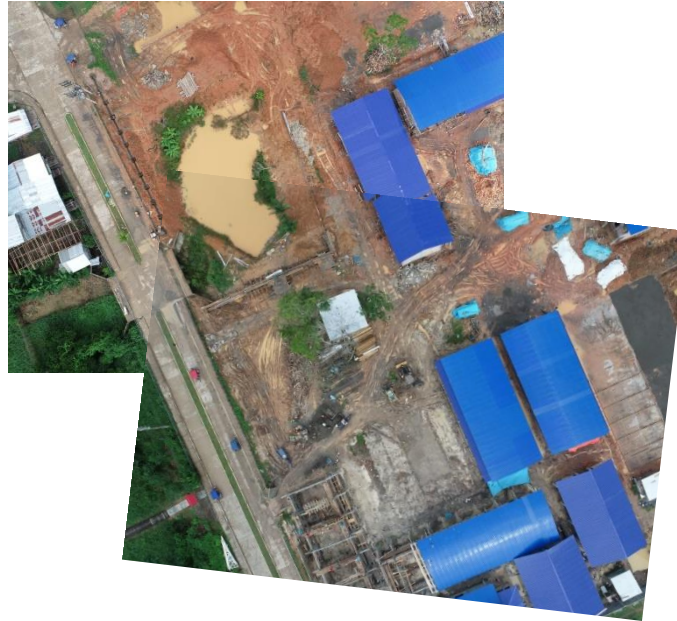


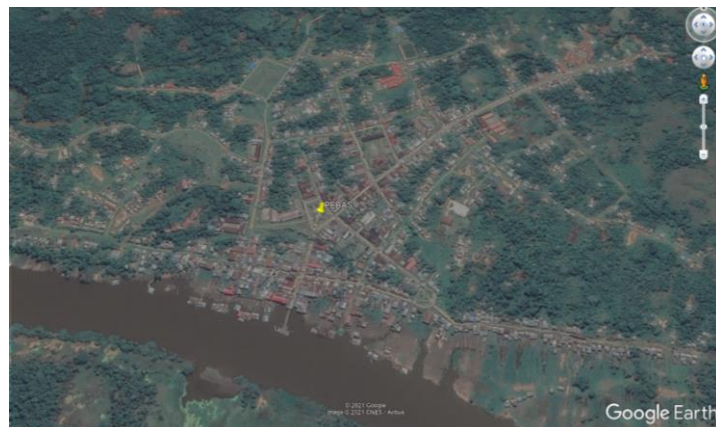
Figura 2.- Esquema representativo de la unión de imágenes provenientes del drone para la elaboración del Modelo Digital de Terreno

Con las vistas obtenidas con el drone se confecciono el ortomosaico y posteriormente las curvas de nivel que representan las características geográficas de la zona de estudio.

Esta información, sirve como elemento desencadenante del peligro que se presenta en la zona de estudio.

Este procedimiento coordina con lo ejecutado por Carmen [22], quien en su investigación, utilizo la fotogrametría con drone para Evaluar la Vulnerabilidad que tiene la planta de bombeo de la ciudad de Iquitos, en especial, para determinar la topografía de la ribera del río Nanay con detalle de 4cm/pixel, la fotogrametría permitió ahorra tiempo, no exponer al peligro al personal y sobretodo obtener la topografía a gran detalle, lo que concuerda con lo realizado en la presente investigación, que se utilizó un drone DJI marca phamton 4 para

obtener la topografía de la zona urbana de Pebas con curvas de nivel cada 1 m y con una precisión de 4 cm/pixel, esto nos permite estimar con GIS la pendiente del terreno que se considera como un factor condicionante del evento para determinar el grado de peligrosidad [23] [24] [25] [26] al momento de aplicar el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), en el estudio mencionado realizado en el distrito de El Porvenir, provincia de Trujillo en el departamento de La libertad se trabajó como factores condicionante a la fisiografía, pendiente y suelo, de la misma manera que fue utilizado en el estudio de Evaluación de Riesgos del distrito de 26 de octubre, en la provincia y departamento de Piura en el 2017, realizado por CENEPRED.



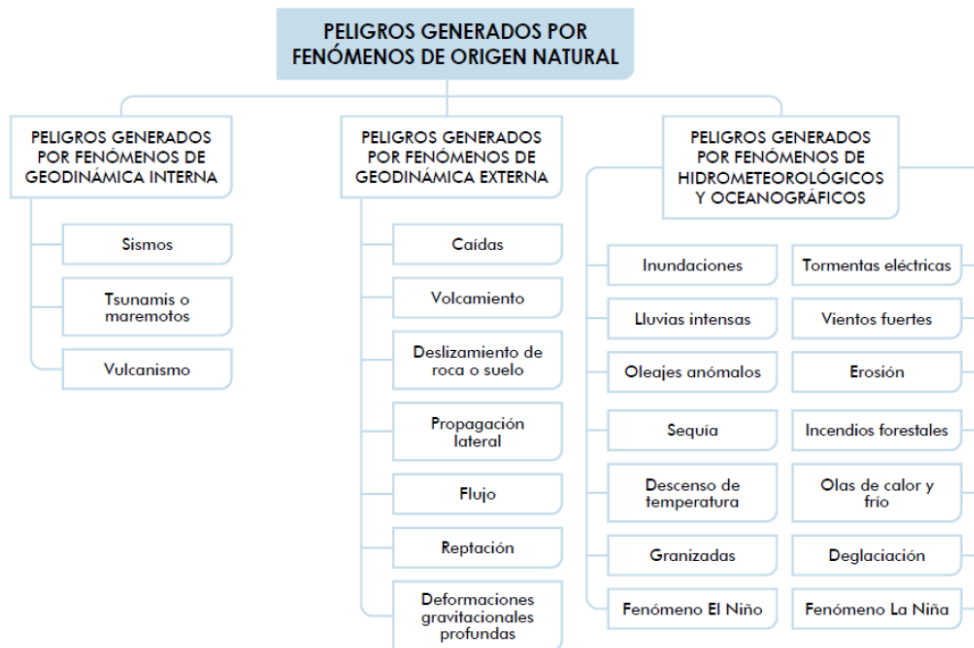
Los factores condicionantes, son características propias del ámbito geográfico, los cuales contribuyan de manera favorable o no al desarrollo del peligro natural [32], en nuestro caso fisiografía, pendiente y el suelo del sector urbano de Pebas. Estos factores pueden permanecer latentes a lo largo del tiempo hasta que un factor active e inicie la generación del desastre, este factor es conocido como “factor desencadenante”, como por ejemplo las precipitaciones en exceso es el factor desencadenante de los huaycos o desplazamientos de masas ó lodos [25] [29] [26] [29] [31] que coinciden en el mismo criterio y añaden que tiene que ser las precipitaciones superiores al percentil 95 que son catalogadas como lluvias Extraordinarias que caen en un lugar determinado [33]

En cuanto a los factores condicionantes, estos varían según la ubicación del área a evaluar, la ciudad de Pebas se ubica en la Selva Baja del departamento de Loreto, provincia de Mariscal Ramón Castilla, sector donde las precipitaciones son abundantes por estar cercano a la línea ecuatorial, sin embargo, si se analizan que “factores condicionan” un desastre hidrometeorológico en Pebas se ha determinado que son la fisiografía, pendiente y suelo como los principales causantes de la inundación, en comparación a otros lugares de selva alta que toman la pendiente, la geomorfología y la geología como los predominantes [29]. Se ha descartado el factor geológico por pertenecer a la Formación Pebas litológicamente está constituida por una sucesión monótona de arcillitas, grises y rojiza, y arenas que se encuentran poco consolidados. En niveles inferiores se encuentran lentes de areniscas con cantos de buena permeabilidad. Sobre esta formación se encuentra la Formación Nauta definida como depósitos aluviales horizontales [34], constituida de arcillas con capas de arena y en algunos lugares lentes de gravas con matriz areno arcillosa. Los depósitos aluviales están asociados a procesos de inundación, constituidos mayormente de arenas y limos grises con que presentan características fluvio lacustres [35], es decir, geológicamente no representa un factor condicionante para generar el proceso de inundación.

4.2. Identificación del Grado de Peligro

Para identificar el grado de peligro, lo primero es identificar el peligro a analizar, para ello, se ha hecho uso del Manual de Evaluación de Riesgo originados por fenómenos Naturales 2da Versión del CENEPRED, el cual cataloga a las inundaciones y las lluvias intensas como peligro generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos, ver esquema siguiente:

Figura N° 24: Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales



Fuente: Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenomenos Naturales 2da Versión - CENEPRED.

En base a ello, se determinó:

Peligro: Inundaciones

Tipo: Peligros generados por fenómenos de origen natural

Origen: hidrometeorológicos

Desencadenante: Lluvias intensas

Se denomina lluvia si es continua, regular y el diámetro de sus gotas es superior a 0,5 milímetros. Si la lluvia es tan violenta y abundante que provoca riadas e inundaciones se denomina tromba o manga de agua. Las lluvias intensas son precipitaciones de agua líquida en el cual la gota tiene al menos un milímetro de diámetro, lo que aproximadamente representa que su volumen sea un millón de veces mayor que el de una gotita primitiva de nube. [36]

Tipo: Peligros generados por fenómenos de origen natural

Origen: hidrometeorológicos

Una vez obtenido determinado el peligro a analizar, se procede a determinar el grado de peligrosidad del evento, para ello, se ha seguido la norma técnica del ente rector de la prevención de desastres CENEPRED a través de su manual y directiva vigente, donde indica la utilización del **proceso de análisis jerárquico** que intervienen en el desarrollo de un riesgo, dentro de ellas, evaluar el peligro y la vulnerabilidad.

El Proceso de Análisis Jerárquico, denominado AHP por sus siglas en inglés, es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980). Esta metodología se utiliza para resolver problemas en los cuales existe la necesidad de priorizar distintas opciones y posteriormente decidir cuál es la opción más conveniente. Las decisiones a ser tomadas con el uso de esta técnica, pueden variar desde simple decisiones personales y cualitativas hasta escenarios de decisiones muy complejas y totalmente cuantitativas. En el presente estudio se utilizará para determinar qué factores tienen mayor influencia en el desencadenamiento del evento hidrometeorológico extremo.

Fundamentos teóricos del AHP:

La metodología AHP (Saaty, 1980,1990) es una poderosa y flexible herramienta de toma de decisiones multicriterio, utilizada en problemas en los cuales necesitan evaluarse aspectos tanto cualitativos como cuantitativos. La técnica AHP ayuda a los analistas a organizar los aspectos críticos de un problema en una estructura jerárquica similar a la estructura de un árbol familiar, reduciendo las decisiones complejas a una serie de comparaciones que permiten la jerarquización de los diferentes aspectos (criterios) evaluados.

Cuadro 2.-Criterios propuesto por Saaty para el análisis de factores

Escala numérica	Escala verbal	Descripción
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	El elemento es fuertemente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.	Un elemento domina fuertemente.
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	
Incrementos 0,1	Valores intermedios entre incrementos (utilice esta escala si cree que su valoración necesita un alto grado de precisión).	
Inversos $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$	Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar.	

Cuadro 3.- Escalas propuesto por Saaty para el análisis de factores

Jerarquización de variables		
Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente preferida	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo
2		Valor intermedio
3	Moderadamente preferida	La experiencia y juicio favorecen levemente a un elemento sobre otro
4		Valor intermedio
5	Fuertemente preferida	La experiencia y juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre otro
6		Valor intermedio
7	Preferencia muy fuerte o demostrada	Un elemento es mucho más favorecido que el otro, predominancia demostrada en la práctica
8		Valor intermedio
9	Extremadamente preferida	La evidencia que favorece una sobre la otra es la más alta posible
Valores recíprocos	Cuando se asigna uno de los valores anteriores al elemento i respecto de j , el elemento j tendrá el valor recíproco.	

Pacheco y Contreras (2008) explican que la finalidad de la matriz dentro del proceso analítico jerárquico es establecer qué tanto importa una alternativa respecto a otra.

Para ello, se tiene que definir cuáles son los factores desencadenantes y condicionantes del evento, tanto para la determinación del peligro, vulnerabilidad y riesgo.

El parámetro de evaluación (factores desencadenantes y condicionantes) permite definir y caracterizar el peligro. Este parámetro es cartografiado como la manifestación del peligro sobre el área en evaluación, el cual representa la intensidad de este para un determinado periodo de retorno y/o frecuencia. La intensidad del evento estará determinada por la magnitud del factor desencadenante, por lo tanto, es necesario identificar la característica del factor que genera la ocurrencia de este peligro. CENEPRED, 2019.

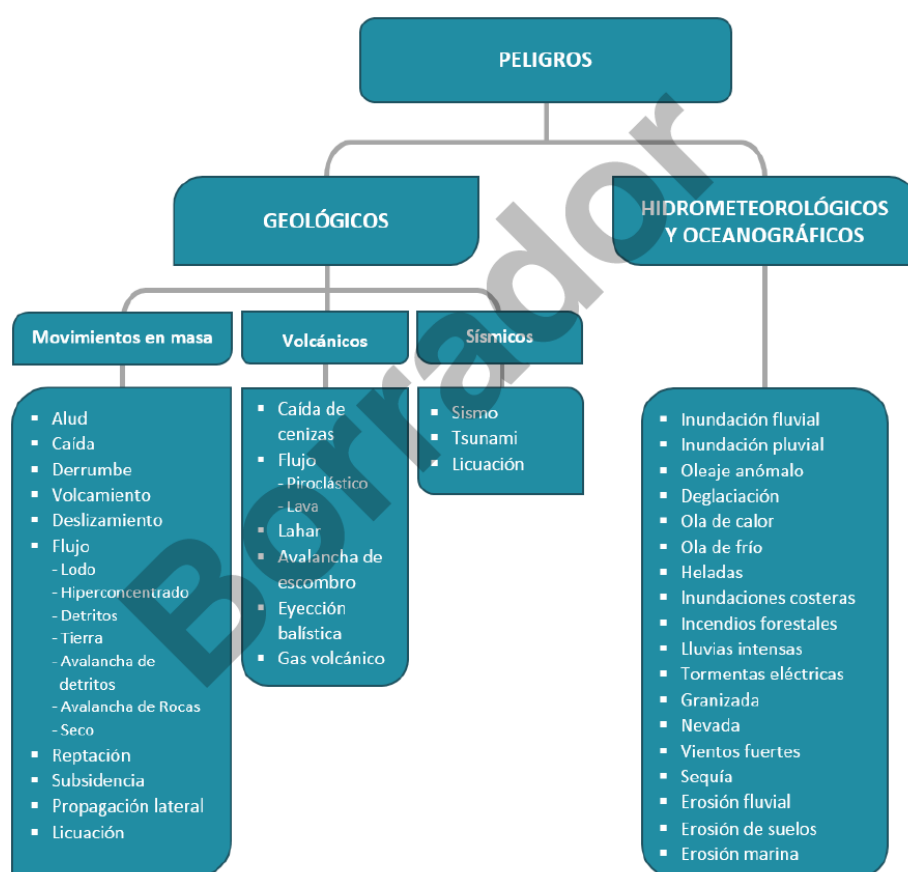


Figura 1: Clasificación de los peligros generados por eventos naturales. (Cepal, 2014)


Figura 3.- Clasificación de los peligros generados por eventos naturales (CEPAL, 2014).

En nuestro caso, para la determinación del riesgo de inundación de la ciudad de Pebas, se ha determinado como factor condicionante las precipitaciones extremas superiores al percentil 95 que ocasionan que el río crezca rápidamente, y como factores desencadenantes la fisiografía, estos mismos factores han sido utilizados en diferentes investigaciones de evaluación de riesgo como la pendiente y suelo [23], [24], [25], [26], [27], [29] y [31] a todos ellos se les aplica el Proceso de Análisis Jerárquico a cada uno de los descriptores que tienen, por ejemplo:

Cuadro 4.- Ejemplos de escala de jerarquización de factores que aceleran el proceso de Inundación

Parámetro: Fisiografía

Descriptores



PARÁMETRO	Isla, Playones y Bancos de Arena	Terrazas Bajas	Terazas Medias	Colinas Bajas
Isla, Playones y Bancos de Arena	1.0	2.0	2.5	3.0
Terrazas Bajas	0.5	1.0	2.0	3.0
Terazas Medias	0.4	0.5	1.0	2.0
Colinas Bajas	0.3	0.3	0.5	1.0

La asignación 2 indica que las Islas, Playas y bancos de arena es moderadamente mas importante, que las terrazas bajas, es lógico, porque para un proceso de inundación, lo primero que se inunda es playas, seguido de terrazas bajas posteriormente las terrazas medias y así sucesivamente.

Donde el factor es la fisiografía del área de estudio, el cual tiene características internas que son denominados “descriptores” en el ambiente de la gestión de riesgo (en otros campos son denominados sub grupo, sub criterios, etc.). Los descriptores tienen diferente injerencia dentro del factor, algunos son más resaltantes que los otros, ello se denominado ponderado, herramienta que utiliza Saaty para jeraquizar los descriptores.

Cuadro 5.- Ejemplos del proceso de jerarquización de factores que intervienen el proceso de Inundación

PARÁMETRO	Isla, Playones y Bancos de Arena	Terrazas Bajas	Terazas Medias	Colinas Bajas	
Isla, Playones y Bancos de Arena	1.0	2.0	2.5	3.0	
Terrazas Bajas	0.5	1.0	2.0	3.0	
Terazas Medias	0.4	0.5	1.0	2.0	
Colinas Bajas	0.3	0.3	0.5	1.0	
SUMA	2.2	3.8	6.0	9.0	
1/SUMA	0.4	0.3	0.2	0.1	
MATRIZ DE NORMALIZACION					
PARÁMETRO	Isla, Playones y Bancos de Arena	Terrazas Bajas	Terazas Medias	Colinas Bajas	Vector Priorización
Isla, Playones y Bancos de Arena	0.448	0.522	0.417	0.333	0.430
Terrazas Bajas	0.224	0.261	0.333	0.333	0.288
Terazas Medias	0.179	0.130	0.167	0.222	0.175
Colinas Bajas	0.149	0.087	0.083	0.111	0.108
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	4				
IC=	0.03				
CA =	0.99				
CR =	0.03	ACEPTABLE			

$1/suma=1/2.2=0.448$

$1/suma=1/3=0.333$

Posteriormente, en una matriz de juicios, un vector de prioridad es calculado y usado para pesar (comparar) los elementos de la matriz. Saaty (1980,1990), demuestra matemáticamente que el autovector normalizado calculado a partir de la matriz es la mejor aproximación de evaluación de los criterios analizados.

Del ejemplo, los resultados nos dan una jeraquización porcentual de los descriptores que intervienen en el factor Fisiografía en el proceso de inundación.

Cuadro 6.- Ejemplos del proceso de jerarquización de descriptores de factores que intervienen el proceso de Inundación

PARÁMETRO	Vector Priorización
Isla, Playones y Bancos de Arena	0.430
Terrazas Bajas	0.288
Terazas Medias	0.175
Colinas Bajas	0.108

Del ejemplo, se concluye que el descriptor Isla, playones y bancos de arena tiene 43% de injerencia en la fisiografía ante el proceso de inundación, mientras que las terrazas bajas tienen un 28%, seguida de las terrazas medias con 17.5% y en el último orden de importancia las colinas bajas con 10.8%.

Como los criterios son relativos a cada persona, la metodología plantea que los resultados tengan una consistencia estadística, por ello propone determinar el índice de consistencia (CI) de una n x n matriz de juicios, donde CI viene definido por:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Donde λ_{\max} es el máximo autovalor de la matriz. De esta forma IR es definido por:

$$I_R = \frac{CI}{RI}$$

Donde RI es el valor aleatorio promedio de CI para una n x n matriz. Los valores de RI son mostrados en la siguiente tabla:

N	1	2	3	4	5	6	7
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35

Los juicios pueden ser considerados aceptables si IR es inferior o igual 0,1. En casos de inconsistencia, el proceso de evaluación para la matriz evaluada es inmediatamente repetido. Inconsistencias superiores a 0,1 o más justifican una mayor investigación de los criterios evaluados.

4.3. Determinación del grado de peligrosidad del evento

4.3.1 Análisis de la Susceptibilidad del territorio

El análisis de Susceptibilidad del territorio para este tipo de estudio, está referido a la mayor o menor predisposición de que un peligro afecte u ocurra sobre un determinado ámbito geográfico.

La Susceptibilidad del territorio ante un peligro natural se obtiene relacionando los factores condicionantes del área en evaluación (XX).

Cuadro 7.- Parámetros a considerar en la evaluación de la susceptibilidad

Factor desencadenante	Factor Condicionante
Precipitación Pluvial	Fisiografía
	Pendiente
	Suelo

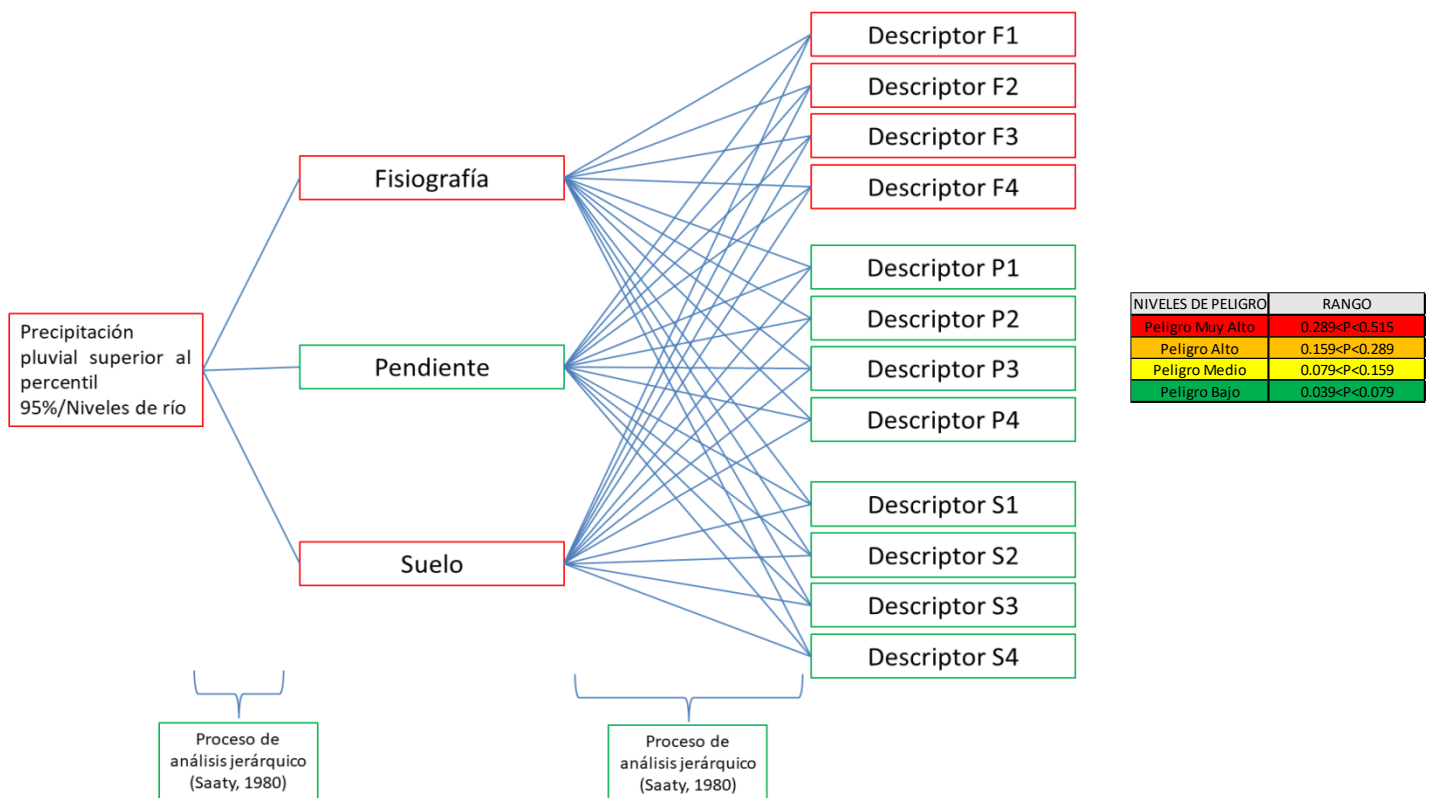


Figura 4.- Interacción de factores y descriptores según el proceso de Saaty para la determinación de los niveles de peligro

4.3.2 Análisis de los Factores Desencadenantes

Se realizó para la variable precipitación, tomando en cuenta que es el desencadenante del proceso de inundación, procedimiento recomendado por CENEPRED [37] y utilizado por diferentes instituciones estatales [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31]. Considerando, que las precipitaciones extremas son las causantes de las inundaciones, para ello, se ha utilizado la siguiente categorización (SENAMHI, 2014):

Precipitación mayor a P99 – Extremadamente lluviosa

Entre P99 a P95 – Muy lluvioso

Entre P95 a P90 – Lluvioso

Entre P90 a P75 – Moderadamente lluvioso

Menor a P75 – Ligeramente lluvioso

Categorización que fue utilizada en el Informe de Evaluación de Riesgos realizado por la Municipalidad Distrital de Sillapata, provincia de dos de mayo, departamento de Huánuco [29]

Cuadro 8.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Precipitación

Matriz de comparación de pares del parámetro Niveles del Río						
NIVELES	Mayor a P99	P95-P99	P90-P95	P75-P90	Menor a P75	
Mayor a P99	1	3	5	7	9	
P95-P99	0.33	1	3	5	7	
P90-P95	0.20	0.33	1	3	5	
P75-P90	0.14	0.20	0.33	1	3	
Menor a P75	0.11	0.14	0.20	0.33	1	
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25	
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040	
Matriz de Normalización						
NIVELES	Mayor a P99	P95-P99	P90-P95	P75-P90	Menor a P75	Vector Priorización
Mayor a P99	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
P95-P99	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
P90-P95	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
P75-P90	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a P75	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1	1	1	1	
m=	5					
IC=	0.09					
CA =	1.19					
CR =	0.08	ACEPTABLE				

Estos primeros resultados están categorizando las diferentes cantidades de precipitación que caen en la ciudad de Pebas, se concluye que las precipitaciones superiores al percentil 99 consideradas como extremadamente lluviosa tiene un 50% injerencia en el proceso de inundación en la ciudad, seguido de lluvias en el rango del percentiles entre 95 a 99% considerada como muy lluviosa, y así sucesivamente, mayores cantidades de lluvia tienen mayor probabilidad de causar inundaciones en un determinado lugar dependiendo de los factores condicionantes (que son propios para cada lugar), por ejemplo, si se tiene una lluvia extraordinaria y se tiene un buen drenaje en el suelo, disminuye

la posibilidad de que ocurriera una inundación y caso contrario, si el suelo tiene un drenaje pobre, incrementa la probabilidad que se inunde el área estudiada. El **exceso de lluvias**, sobre todo cuando se trata de lluvias ininterrumpidas a lo largo de días que superan rápidamente la capacidad de absorción de los suelos y se convierte en escorrentía superficial.

4.3.3 Análisis de los Factores Condicionantes

Para la obtención de los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 9.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor geomorfología

Matriz de comparación de pares - Geomorfología					
PARÁMETRO	Isla, Playones y Bancos de Arena	Terrazas Bajas	Terazas Medias	Colinas Bajas	
Isla, Playones y Bancos de Arena	1.0	2.0	2.5	3.0	
Terrazas Bajas	0.5	1.0	2.0	3.0	
Terazas Medias	0.4	0.5	1.0	2.0	
Colinas Bajas	0.3	0.3	0.5	1.0	
SUMA	2.2	3.8	6.0	9.0	
1/SUMA	0.4	0.3	0.2	0.1	
MATRIZ DE NORMALIZACION					
PARÁMETRO	Isla, Playones y Bancos de Arena	Terrazas Bajas	Terazas Medias	Colinas Bajas	Vector Priorización
Isla, Playones y Bancos de Arena	0.448	0.522	0.417	0.333	0.430
Terrazas Bajas	0.224	0.261	0.333	0.333	0.288
Terazas Medias	0.179	0.130	0.167	0.222	0.175
Colinas Bajas	0.149	0.087	0.083	0.111	0.108
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	4				
IC=	0.03				
CA =	0.99				
CR =	0.03	ACEPTABLE			
convertido a 5 unidades					
PARÁMETRO	Priorización		Priorización		
Isla, Playones y Bancos de Arena	0.430		0.334		
Terrazas Bajas	0.288		0.223		
Terrazas Bajas	0.288		0.223		
Terazas Medias	0.175		0.136		
Colinas Bajas	0.108		0.084		
SUMA	1.288		1.000		

Cuadro 10.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor pendiente

Matriz de comparación de pares - Pendiente				
PARÁMETRO	Menor a 3%	de 3% a 5%	mayor a 5%	
Menor a 3%	1.0	2.0	3.0	
de 3% a 5%	0.5	1.0	3.0	
mayor a 5%	0.3	0.3	1.0	
SUMA	1.8	3.3	7.0	
1/SUMA	0.5	0.3	0.1	
MATRIZ DE NORMALIZACION				
PARÁMETRO	Menor a 3%	de 3% a 5%	mayor a 5%	Vector Priorización
Menor a 3%	0.545	0.600	0.429	0.525
de 3% a 5%	0.273	0.300	0.429	0.334
mayor a 5%	0.182	0.100	0.143	0.142
SUMA	1.000	1.000	1.000	
m=	3			
IC=	0.03			
CA =	0.66			
CR =	0.05	ACEPTABLE		
PARÁMETRO	Priorizacion	Priorización		
Menor a 3%	0.525	0.282		
Menor a 3%	0.525	0.282		
de 3% a 5%	0.334	0.180		
de 3% a 5%	0.334	0.180		
mayor a 5%	0.142	0.076		
SUMA	1.858	1.000		

Cuadro 11.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor suelo

Matriz de comparación de pares - Suelo				
PARÁMETRO	Drenaje pobre	Drenaje Regular	Drenaje Bueno	
Drenaje pobre	1.0	3.0	4.0	
Drenaje Regular	0.3	1.0	3.0	
Drenaje Bueno	0.3	0.3	1.0	
SUMA	1.6	4.3	8.0	
1/SUMA	0.6	0.2	0.1	
MATRIZ DE NORMALIZACION				
PARÁMETRO	Drenaje pobre	Drenaje Regular	Drenaje Bueno	Vector Priorización
Drenaje pobre	0.632	0.692	0.500	0.608
Drenaje Regular	0.211	0.231	0.375	0.272
Drenaje Bueno	0.158	0.077	0.125	0.120
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	3			
IC=	0.05			
CA =	0.66			
CR =	0.08	ACEPTABLE		
PARÁMETRO	Priorizacion		Priorización	
Drenaje pobre	0.608		0.323	
Drenaje pobre	0.608		0.323	
Drenaje Regular	0.272		0.145	
Drenaje Regular	0.272		0.145	
mayor a 5%	0.120		0.064	
SUMA	1.880		1.000	

e) Análisis de los parámetros del factor desencadenante

Cuadro 12.- Proceso de Análisis Jerárquico de los factores condicionantes del proceso de inundación

Matriz de comparación de pares utilizados en el factor condicionante				
PARÁMETRO	Fisiografía	Pendiente	Suelo	
Fisiografía	1.0	1.5	4.0	
Pendiente	0.7	1.0	3.0	
Suelo	0.3	0.3	1.0	
SUMA	1.9	2.8	8.0	
1/SUMA	0.5	0.4	0.1	
MATRIZ DE NORMALIZACION				
PARÁMETRO	Fisiografía	Pendiente	Suelo	Vector Priorización
Fisiografía	0.522	0.529	0.500	0.517
Pendiente	0.348	0.353	0.375	0.359
Suelo	0.130	0.118	0.125	0.124
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	3			
IC=	0.00			
CA =	0.66			
CR =	0.00	ACEPTABLE		

Definición de los escenarios

Se ha considerado el escenario más alto:

Con una precipitación superior al percentil 95, con una geomorfología de islas, playas y bancos de arena, con pendientes menores a 3% y un tipo de suelo impermeable.

Niveles de Peligro

Los niveles de peligro se muestran en el cuadro 13 con sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico

Cuadro 13.- Niveles de peligro obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico para determinar del grado de peligrosidad.

NIVELES DE PELIGRO	RANGO
Peligro Muy Alto	0.289<P<0.515
Peligro Alto	0.159<P<0.289
Peligro Medio	0.079<P<0.159
Peligro Bajo	0.039<P<0.079

4.4. Estratificación de Nivel de Peligro

En el cuadro 14. Matriz de peligros obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico para la peligrosidad del evento inundación.

Cuadro 14.- Niveles de peligro obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico para determinar del grado de peligrosidad a nivel de detalle.

Nivel de Peligro	Descripción	RANGO
Peligro Muy Alto	Precipitación superior al percentil 95, geomorfología de Terrazas bajas, Islas y Playas, pendiente menor a 3% y con suelo pobres en drenaje	0.289<P<0.515
Peligro Alto	Precipitación entre el percentil 90 al 95, geomorfología de Terrazas medias, pendiente entre 3% al 5% y con suelo pobres en drenaje	0.159<P<0.289
Peligro Medio	Precipitación entre el percentil 75 al 90, geomorfología de Terrazas medias, pendiente entre 3% al 5% y con suelo con drenaje regular	0.079<P<0.159
Peligro Bajo	Precipitación inferior al percentil 90, geomorfología de Terrazas altas, pendiente superior al 5% y con suelo con drenaje regular a bueno	0.039<P<0.079



Google Earth

Image © 2021 CNES / Airbus
© 2021 Google

Legenda

- Precipitación 90%
- Precipitación 95%

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU			
Proyecto: EVALUACION DEL RIESGO ANTE EL PROCESO DE INUNDACION DEL SECTOR URBANO DE PEBAS UTILIZANDO TECNICAS FOTOGAMETRICAS CON DRONE			
MAPA DE LLUVIAS DE CATEGORIA EXTREMADAMENTE LLUVIOSO			
Elaborado por:	Revisado por:	Fecha:	Código:
Ambar Saavedra Collantes	M. Paredes R.	Junio 2021	02

4.5. ANÁLISIS DE FACTORES SUSCEPTIBLES

a. Población

La población de la ciudad de Pebas es de 3,768 habitantes, son considerados como elementos expuestos susceptibles ante el impacto del peligro.

b. Viviendas

El área de influencia del distrito de Pebas cuenta con 885 viviendas (solo zona urbana), la mayoría son viviendas propias y construidas con material rustico. Se cuenta con una Comisaria de la PNP, dos colegios que imparten primaria y secundaria.

4.5.1. VIAS DE ACCESO

A nivel de vías, es distrito cuenta con una sola vía fluvial de importancia nacional, regional e internacional, el cual se realiza en un 08% a través del majestuoso río Amazonas, que conecta a las ciudades de Iquitos (ubicada agua arriba) y las ciudades de Santa rosa, Tabatinga (Brasil) y Leticia (Colombia) en la zona fronteriza.

4.5.2. POBLACION

El distrito de Pebas cuenta con una población de 12736 habitantes según el INEI, de los cuales el 53% son hombres y 47% son mujeres.

Cuadro 15.- Población del distrito de Pebas

Total	Sexo	
	Hombre	Mujer
12736	6759	5977

Fuente: INEI, 2017.

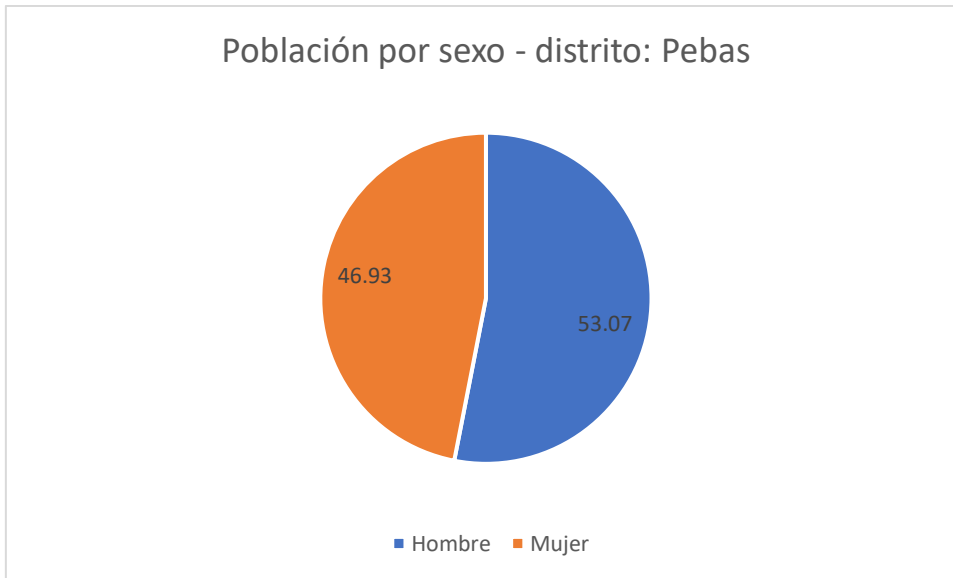


Figura 5.- Población del distrito de Pebas según sexo

Población según grupo de edades

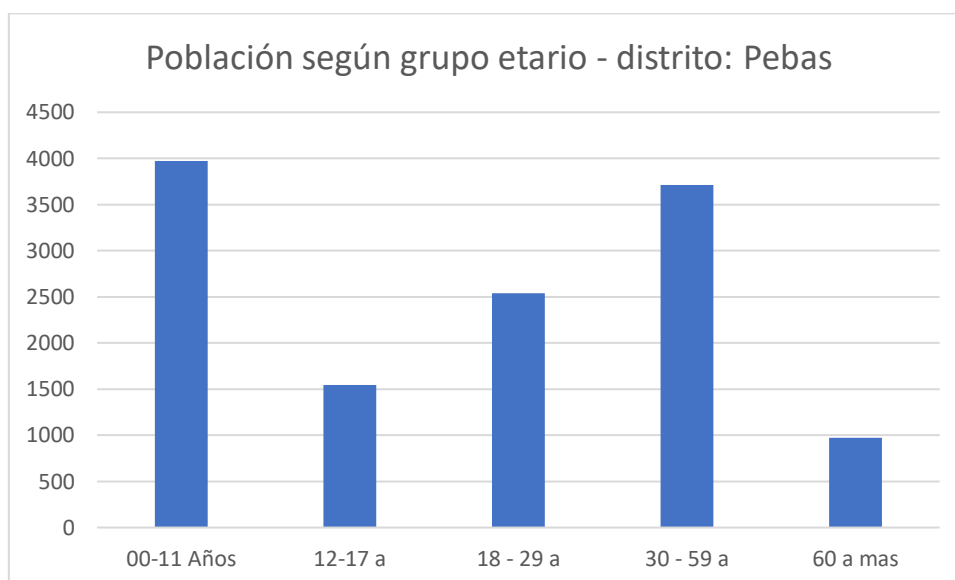
El cuadro siguiente presenta el número de personas por grupo etario, según esto distrito de Pebas se caracteriza por tener una población joven con un 63% menor a 29 años, lo que convierte en una ventaja de desarrollo para el distrito. Y el 31% se ubica por debajo de los 11 años

Cuadro 16.- Distribución por grupo etario de la población de Pebas

TOTAL	00-11 Años	12-17 a	18 - 29 a	30 - 59 a	60 a mas
12736	3973	1543	2537	3711	972

Fuente: INEI 2017.

Figura 6.- Población del distrito según grupo de edades



Fuente: INEI 2017.

4.6. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD

Según la Ley N° 29664, y su Reglamento, D.S. 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”.

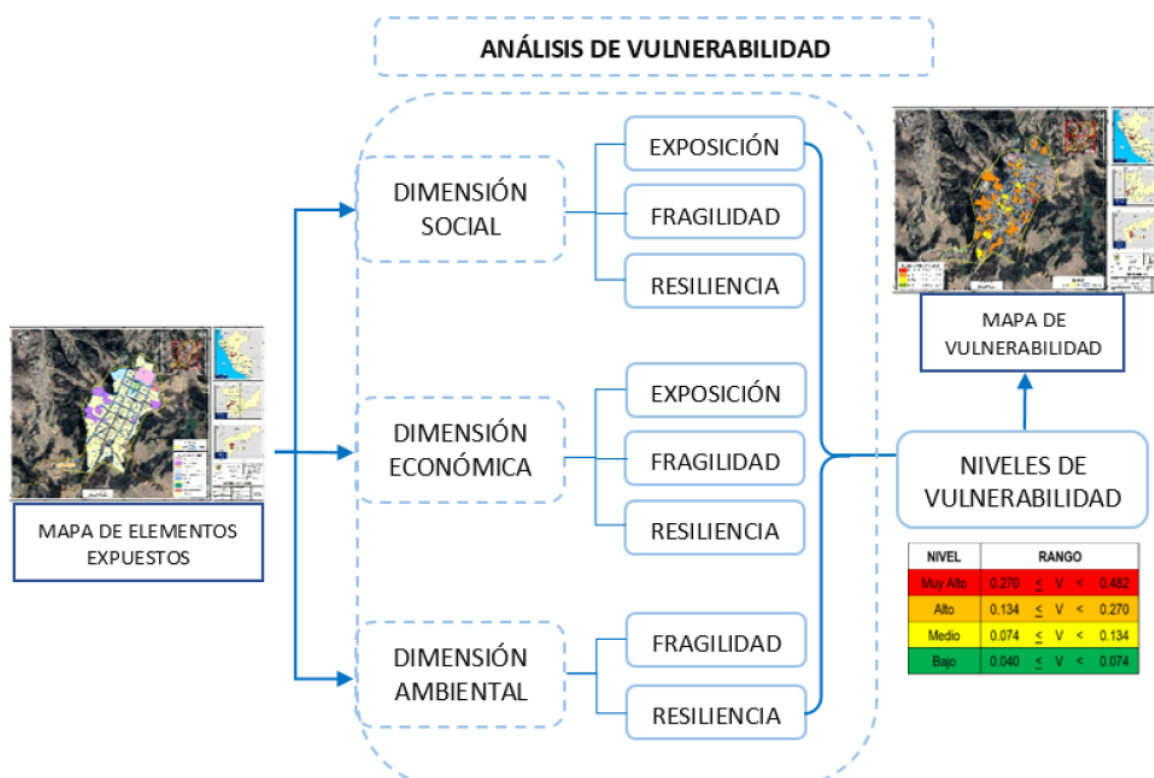
El análisis de la vulnerabilidad debe relacionar los factores de exposición, fragilidad y resiliencia de los elementos expuestos al peligro (Artículo 2° del Reglamento de la Ley N° 29664). Cada uno de estos factores contiene información del elemento expuesto, la cual se clasifica en 2 dimensiones: social y económica

Dimensión física: se refiere a las condiciones físicas en las infraestructuras o elementos ubicados en un ámbito geográfico específico que pueden ser afectados por la acción del peligro.

Dimensión social: está relacionada a las limitaciones, debilidades, comportamientos, formas de actuar y de organización de la población, de

las instituciones y/o empresas ubicadas en un ámbito geográfico específico ante la acción de un peligro.

Dimensión económica: se relaciona con la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos y financieros que tiene la población, instituciones y/o empresas que se encuentran ubicados en un ámbito geográfico específico por la acción de un peligro.



Fuente: Adaptado del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos naturales- 2da Versión.

4.3.1. Determinación del grado de vulnerabilidad del área de estudio.

Los elementos expuestos de la ciudad de Pebas, comprende a elementos expuestos susceptibles (Población, Viviendas, Nivel educativo, Seguros, entre otros) que se encuentren en la zona potencial del impacto al peligro por proceso de inundación, y que podrían ser impactados por los efectos ante la ocurrencia o manifestación del peligro.

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión social se evaluaron los siguientes parámetros:

DIMENSION SOCIAL	
Fragilidad	Resiliencia
Grupo etario	Nivel Educativo
	Programas sociales

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Análisis de la Dimensión Social

a) Parámetro: Grupo Etario

Cuadro 17.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Grupo Etario

Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo Etario					
NIVELES	De 0 a 5 años y Mayor a 60 años	de 5 a 9 años	de 10 a 14 años	de 15 a 19 años	De 20 a 59 años
De 0 a 5 años y Mayor a 60 años	1	2	3	5	7
de 5 a 9 años	0.50	1	2	3	5
de 10 a 14 años	0.33	0.50	1	3	2
de 15 a 19 años	0.20	0.33	0.33	1	3
De 20 a 59 años	0.14	0.20	0.50	0.33	1
SUMA	2.18	4.03	6.83	12.33	18.00
1/SUMA	0.460	0.248	0.146	0.081	0.056

Matriz de Normalización de pares del parámetro Grupo Etario						
NIVELES	De 0 a 5 años y Mayor a 60 años	de 5 a 9 años	de 10 a 14 años	de 15 a 19 años	De 20 a 59 años	Vector Priorización
De 0 a 5 años y Mayor a 60 años	0.460	0.496	0.439	0.405	0.389	0.438
de 5 a 9 años	0.230	0.248	0.293	0.243	0.278	0.258
de 10 a 14 años	0.153	0.124	0.146	0.243	0.111	0.156
de 15 a 19 años	0.092	0.083	0.049	0.081	0.167	0.094
De 20 a 59 años	0.066	0.050	0.073	0.027	0.056	0.054
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	5					
IC=	0.05					
CA =	1.19					
CR =	0.04	ACEPTABLE				

4.3.2.1. Análisis de la Resiliencia en la Dimensión Social

La resiliencia, según el CENEPRED es la capacidad del ser humano y de sus medios de vida para asimilar, adaptarse y resistir el impacto de un peligro, así como incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación ante estos peligros y/o desastres, en donde se cumple que a mayor es la resiliencia, menor será la vulnerabilidad. Esta condición puede ser analizada en sus 4 dimensiones Física, Social, Económica y/o Ambiental de acuerdo al tipo de elemento expuesto analizado.

El INDECI por su parte nos indica que la resiliencia es la capacidad de la población para resistir, adaptarse y recuperarse de los efectos de una emergencia o desastre. Una sociedad es resiliente, por ejemplo, cuando se organiza constantemente para saber cómo actuar ante la ocurrencia de un peligro.

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros de resiliencia de la dimensión social, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 18.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Nivel Educativo

Parámetro: Nivel Educativo

Matriz de comparación de pares del parámetro Nivel Educativo						
NIVELES	Nivel Inicial o ninguno	Primaria	Secundaria	Superior no universitario	Superior Universitario	
Nivel Inicial o ninguno	1	3	3	5	6	
Primaria	0.33	1	3	6	7	
Secundaria	0.33	0.33	1	2	5	
Superior no universitario	0.20	0.17	0.50	1	3	
Superior Universitario	0.17	0.14	0.20	0.33	1	
SUMA	2.03	4.64	7.70	14.33	22.00	
1/SUMA	0.492	0.215	0.130	0.070	0.045	
Matriz de Normalización de pares del parámetro Nivel Educativo						
NIVELES	Nivel Inicial o ninguno	Primaria	Secundaria	Superior no universitario	Superior Universitario	Vector Priorización
Nivel Inicial o ninguno	0.492	0.646	0.390	0.349	0.273	0.430
Primaria	0.164	0.215	0.390	0.419	0.318	0.301
Secundaria	0.164	0.072	0.130	0.140	0.227	0.146
Superior no universitario	0.098	0.036	0.065	0.070	0.136	0.081
Superior Universitario	0.082	0.031	0.026	0.023	0.045	0.041
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	5					
IC=	0.12					
CA =	1.19					
CR =	0.10	ACEPTABLE				

Dentro del análisis del nivel educativo en general, el nivel inicial, es el de mayor priorización con un 43% importancia debido a que es más vulnerable a que sea afectado por los impactos de una lluvia extraordinaria, desde el punto de vista de salud, una lluvia extrema causa un incremento de los niveles de inundación siendo una fuente de humedad atmosférica constante para la población menor a 10 años y que encima se esté cursando el nivel inicial, esta humedad atmosférica es una de las factores que incrementan las Infecciones Respiratorias Agudas -IRA's en un lugar, en la investigación realizada por Paredes en el 2012, sostiene que cuando los niveles del río se encuentra elevados y ocurren descensos de temperatura se incrementa los casos de IRA's en la ciudad de Iquitos, por el flujo constante de agua desde el río hacia la ciudad, siendo la población ubicada en las riberas, las que reciben el mayor impacto. Dentro de las IRA's más comunes son: bronquios, asma y bronco-espasmos.

b) Parámetro; Programas Sociales

Cuadro 19.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Programa Social

Matriz de comparación de pares del parámetro Programa Social					
NIVELES	CUNAMAS	JUNTOS, PENSION 65	VASO DE LECHE	COMEDOR POPULAR	NINGUNO
CUNAMAS	1	2	3	8	9
JUNTOS, PENSION 65	0.50	1	2	6	9
VASO DE LECHE	0.33	0.50	1	5	9
COMEDOR POPULAR	0.13	0.17	0.20	1	5
NINGUNO	0.11	0.11	0.11	0.2	1
SUMA	2.07	3.78	6.31	20.20	33.00
1/SUMA	0.483	0.265	0.158	0.050	0.030

Matriz de Normalización de pares del parámetro Programa Social						
NIVELES	CUNAMAS	JUNTOS, PENSION 65	VASO DE LECHE	COMEDOR POPULAR	NINGUNO	Vector Priorización
CUNAMAS	0.483	0.529	0.475	0.396	0.273	0.431
JUNTOS, PENSION 65	0.242	0.265	0.317	0.297	0.273	0.279
VASO DE LECHE	0.161	0.132	0.158	0.248	0.273	0.194
COMEDOR POPULAR	0.060	0.044	0.032	0.050	0.152	0.067
NINGUNO	0.054	0.029	0.018	0.010	0.030	0.028
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

m=	5					
IC=	0.12					
CA =	1.19					
CR =	0.10	ACEPTABLE				

Cuadro 20.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Tipo de Seguro

Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de Seguro					
NIVELES	No tiene	SIS	ESSALUD	FFAA - PNP	Privado
No tiene	1	2	5	6	7
SIS	0.50	1	3	5	8
ESSALUD	0.20	0.33	1	3	5
FFAA - PNP	0.17	0.20	0.33	1	3
Privado	0.14	0.13	0.20	0.33333333	1
SUMA	2.01	3.66	9.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.498	0.273	0.105	0.065	0.042

Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Seguro						
NIVELES	No tiene	SIS	ESSALUD	FFAA - PNP	Privado	Vector Priorización
No tiene	0.498	0.547	0.524	0.391	0.292	0.450
SIS	0.249	0.273	0.315	0.326	0.333	0.299
ESSALUD	0.100	0.091	0.105	0.196	0.208	0.140
FFAA - PNP	0.083	0.055	0.035	0.065	0.125	0.073
Privado	0.071	0.034	0.021	0.022	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

m=	5					
IC=	0.09					
CA =	1.19					
CR =	0.07	ACEPTABLE				

Cuadro 21.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Tipo de Vivienda

Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de Vivienda						
NIVELES	No destinado para habitación	Chozo o improvisada	Casa de Madera	Departamento en edificio	Independente	
No destinado para habitación	1	3	5	7	7	
Chozo o improvisada	0.33	1	3	6	8	
Casa de Madera	0.20	0.33	1	5	7	
Departamento en edificio	0.14	0.17	0.20	1	3	
Independente	0.14	0.13	0.14	0.3	1	
SUMA	1.82	4.63	9.34	19.33	26.00	
1/SUMA	0.550	0.216	0.107	0.052	0.038	
Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Vivienda						
NIVELES	No destinado para habitación	Chozo o improvisada	Casa de Madera	Departamento en edificio	Independente	Vector Priorización
No destinado para habitación	0.550	0.649	0.535	0.362	0.269	0.473
Chozo o improvisada	0.183	0.216	0.321	0.310	0.308	0.268
Casa de Madera	0.110	0.072	0.107	0.259	0.269	0.163
Departamento en edificio	0.079	0.036	0.021	0.052	0.115	0.061
Independente	0.079	0.027	0.015	0.017	0.038	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	5					
IC=	0.18					
CA =	1.80					
CR =	0.10	ACEPTABLE				

4.3.2.2. Análisis de los parámetros de la Resiliencia en la Dimensión Social-económica

En el siguiente cuadro se presentan los niveles de vulnerabilidad y sus rangos obtenidos a través del Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 22.- Proceso de Análisis Jerárquico para el factor Tenencia

Matriz de comparación de pares del parámetro Tenencia de la vivienda						
NIVELES	Otro	Propia por invasión	Alquilada	Cedida por el centro trabajo o institución	Propia a plazos o totalmente pagada	
Otro	1	3	4	5	8	
Propia por invasión	0.33	1	3	5	7	
Alquilada	0.25	0.33	1	3	5	
Cedida por el centro trabajo o institución	0.20	0.20	0.33	1	4	
Propia a plazos o totalmente pagada	0.13	0.14	0.20	0.3	1	
SUMA	1.91	4.68	8.53	14.25	25.00	
1/SUMA	0.524	0.214	0.117	0.070	0.040	
Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Vivienda						
NIVELES	Otro	Propia por invasión	Alquilada	Cedida por el centro trabajo o institución	Propia a plazos o totalmente pagada	Vector Priorización
Otro	0.524	0.642	0.469	0.351	0.320	0.461
Propia por invasión	0.175	0.214	0.352	0.351	0.280	0.274
Alquilada	0.131	0.071	0.117	0.211	0.200	0.146
Cedida por el centro trabajo o institución	0.105	0.043	0.039	0.070	0.160	0.083
Propia a plazos o totalmente pagada	0.066	0.031	0.023	0.018	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
m=	5					
IC=	-1.25					
CA =	1.19					
CR =	-1.05	ACEPTABLE				

4.4. Estratificación de la Vulnerabilidad

Cuadro 23.- Niveles de Vulnerabilidad obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico a nivel de detalle

Nivel de Peligro	Descripción	RANGO
Vulnerabilidad Muy Alto	Grupo Etario predominante de 0 a 11 años y Mayores a 60 años; con nivel educativo de primaria y/o inicial y/o ningún nivel; cuenta con seguro SIS y/o no tiene ningún seguro; cuenta con el beneficio del programa social Juntos y/o Pensión 65 y/u otros; el material predominante de la vivienda es la madera; cuenta con choiza o cabaña improvisada y/o no destinado para habitación; posee régimen de tenencia de vivienda propia por invasión	$0.290 < V < 0.439$
Vulnerabilidad Alto	Cuenta con seguro ESSALUD; cuenta con el beneficio del programa social Vaso de Lecha y/o comedor popular; el material predominante de la vivienda es la madera; cuenta con choiza o cabaña improvisada y/o no destinado para habitación; posee régimen de tenencia de vivienda por alquiler	$0.159 < V < 0.290$
Vulnerabilidad Medio	Grupo Etario predominante de 5 a 9 años y 45 a 59 años; con nivel educativo de secundaria; cuenta con seguro SIS y/o no tiene ningún seguro; cuenta con el beneficio del programa social Vaso de Lecha y/o comedor popular; el material predominante de la vivienda es la madera; posee régimen de tenencia de vivienda propia por invasión y/o alquiler.	$0.074 < V < 0.159$
Vulnerabilidad Bajo	Grupo Etario predominante de 18 a 44 años; con nivel educativo de secundaria a superior; cuenta con seguro ESSALUD; no cuenta con el beneficio de ningún programa social; el material predominante de la vivienda es de ladrillo o concreto; posee régimen de tenencia de vivienda propia	$0.037 < V < 0.074$

La escala determinada por el análisis jerárquico propuesto por Saady, sirve para catalogar el nivel de peligrosidad y nivel de vulnerabilidad del desastre, sin embargo, hay que determinar el riesgo de la ciudad y esto se realiza multiplicando la matriz de peligro con la matriz de vulnerabilidad, proceso matemático de multiplicación de matrices del mismo orden y que da como resultado una nueva matriz integradora cuyos valores nos permite catalogar si una unidad de la ciudad se encuentra en un determinado riesgo, el procedimiento ha sido aplicado más de 300 ocasiones (estudio de evaluación de riesgos) en el Perú y que se ha normalizado a través del CENEPRED.

4.5. ESTIMACION DEL RIESGO

Para la determinación de la estimación del riesgo, se utiliza el siguiente procedimiento:

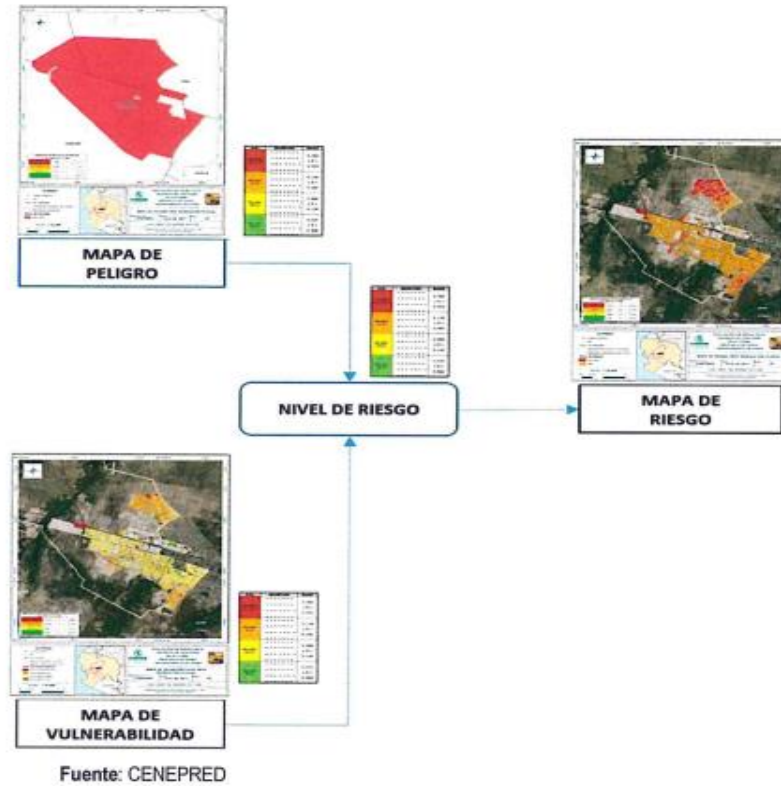


Figura 7.- Flujograma para estimar los niveles de riesgo

Calculando la multiplicación de la matriz de peligro con la matriz de vulnerabilidad, nos permite determinar los rangos de riesgo para la ciudad de Pebas, siendo estos los siguientes:

NIVELES DE RIESGO	RANGO
Riesgo Muy Alto	0.260<R<0.400
Riesgo Alto	0.168<R<0.260
Riesgo Media	0.113<R<0.168
Riesgo Baja	0.058<R<0.113

4.5.1. Elaboración de los mapas de riesgo.

Con la información de las escalas de riesgo por unidad de área y con la ayuda del ARCGIS (Sistema de Información Geográfica), se procede a la confección del mapa de riesgos, en el cual pondera los rangos obtenidos en el acápite anterior, ver mapa siguiente:



NIVEL DE RIESGO

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU

Proyecto:
EVALUACION DEL RIESGO ANTE EL PROCESO DE INUNDACION DEL SECTOR URBANO DE PEBAS UTILIZANDO TECNICAS FOTOGRAMETRICAS CON DRONE

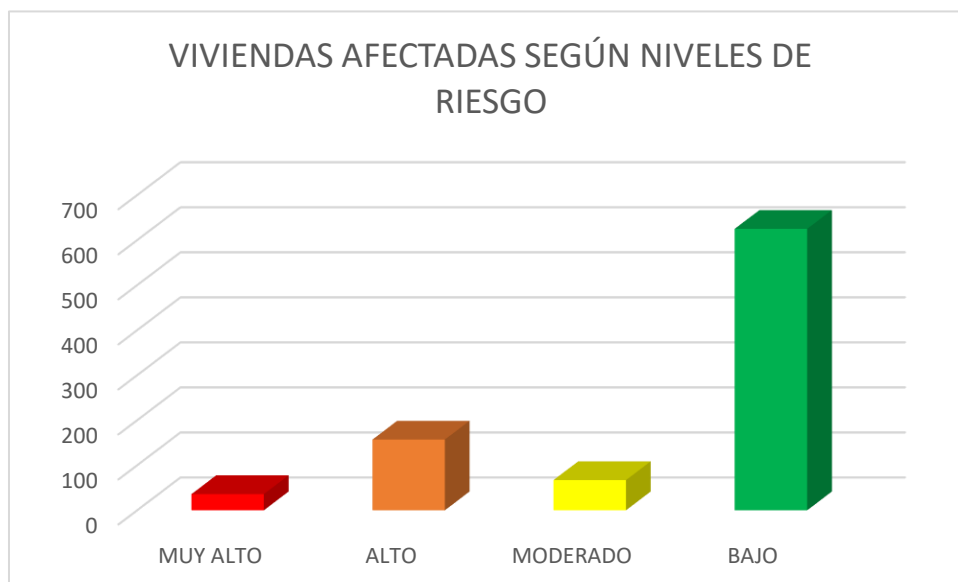
MAPA DE RIESGOS DE LA CIUDAD DE PEBAS

Elaborado por: Ambar Saavedra Coliantes	Revisado por: M. Paredes R.	Fecha: Junio 2021	Codigo: 05
--	--------------------------------	----------------------	----------------------

4.6. ESTIMACION DE VIVIENDAS AFECTADAS

En base a la delimitación de los umbrales de riesgo para la zona urbana de la ciudad de Pebas, se ha contabilizado el número de viviendas que pueda ser afectada cuando se presente una lluvia extraordinaria superior al percentil 95%.

Figura 8.- Viviendas afectadas según niveles de riesgo



NIVELES DE RIESGO	VIVIENDAS AFECTADAS
MUY ALTO	36
ALTO	157
MODERADO	67
BAJO	625

Para el sector urbano de la ciudad de Pebas, existen 36 viviendas ubicadas dentro de MUY ALTO riesgo, que se ubican en la zona colindante al río y que social – económicamente se encuentran en niveles de bajos ingresos, que ante un crecimiento del río producto de una lluvia extraordinaria serían los primeros en ser afectados.

Los resultados del mapa del peligro indican, que el percentil 95 de la precipitación anual abarca a toda la ciudad de PEBAS, en base a los datos recibidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú donde indica un valor de 3100 mm/año. Esta variable es considerada como desencadenante debido a que agrava otro factor de peligro.

En cuanto a la pendiente del terreno según el INGEMET nos indica que el 97% estando solo el 3% de la ciudad en lugares deslizables muy cercanos al río.

El factor fisiografía contrastados con el vuelo del dron indican que un 6% del territorio pertenece a islas y playas.

18 % a terrazas bajas ,11 % a terrazas medias y un 65 % a colinas bajas, del territorio de islas y playas se ubica un poco porcentaje de la población equivalente a 9% dedicados a la pesca como primera actividad económica. Así mismo sobre esta área se ubica el embarcadero de esta ciudad, el cual tiene un movimiento de embarcaciones de la frontera hasta la ciudad de Iquitos y viceversa la cual lleva a un comercio fluido por parte de la ciudad de Pebas.

En el sector de terrazas bajas y medias se ubican la población que se dedica 100% al comercio incluye la zona del mercado de la ciudad y algunos hoteles que se ven favorecidos por el alto tránsito de estas personas que vienen a esta ciudad.

En cuanto a las colinas bajas no representa territorio de peligro para la ciudad debido a que existe una diferencia de 30 m con respecto al nivel del río.

Las instituciones públicas y privadas de la ciudad de Pebas se han logrado ubicar en este último sector evitando de alguna forma el peligro hidrometeorológico, en cuanto al grado de vulnerabilidad se ha visto que el grupo etario menores a 5 años y mayores a 60 son los más propensos a sufrir un impacto hidrometeorológico lo cual es comprobado con el presente análisis, es decir, cerca de un 40% de la población. En anteriores estudios realizados por el CENEPRED menciona cosa similar en el cual certifica que la población vulnerable siempre se encuentra en el grupo etario mencionado y vendrían a ser el público objetivo de prevención ante cualquier evento hidrometeorológico.

Los vuelos de los drones con la cual se confeccionaron las curvas de nivel en la ciudad de Pebas es un indicador del alta pendiente que tiene la ciudad, nos da con gran precisión la gran parte de la ciudad se encuentra fuera del aérea de peligro.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1. CONCLUSIONES:

Se ha determinado por medio de la aerofotogrametría con dron el riesgo ante el proceso de un evento hidrometeorológico extremo para una ciudad amazónica.

Con la ayuda de la fotogrametría se determinó el nivel de peligrosidad ante un evento extremo en la ciudad de Pebas.

Se ha estimado de que solo el 7% del territorio del sector urbano de la ciudad de Pebas se encuentra en riesgo "Muy Alto", dicho territorio se ubica sobre el área de islas, playas y terrazas bajas.

El nivel de aceptabilidad y tolerancia de riesgo identificado es de inaceptable, el cual indica que se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de los riesgos.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda la evaluación de las siguientes medidas estructurales y no estructurales, entre otras:

A la autoridad que corresponda, utilizar el presente informe de evaluación de riesgo según lo estipulado en la normatividad vigente.

A la autoridad que corresponda, realizar la identificación de las medidas de prevención y/o reducción del riesgo a escala ingenieril con la finalidad de reducir el nivel de riesgo.

Mejorar la infraestructura del sistema de drenaje en la ciudad de PEBAS.

Desarrollar el sistema de alerta temprana ante eventos de inundaciones fluviales.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dueñas, Y. 2016. "Cálculo del Nivel de Riesgo ante Inundaciones en la Quebrada de Ullpuhuaycco; Urbanizaciones Pueblo Joven Centenario, San José Etapa I y II, Villa Ampay, La Granja - Américas, Urbanización Magisterial, Urbanización Micaela Bastidas, Urbanización Villa Concepción. Municipalidad Provincial de Abancay.
- [3] Kuroiwa J. Protección de Lima Metropolitana ante sismos destructivos: investigaciones efectuadas en el periodo 1973-1976. Lima. Defensa Civil; 1977.
- [4] Kuroiwa J. Protección de Lima Metropolitana ante sismos destructivos. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería; 1997.
- [5] Tavera H, Heras H. Localización de áreas probables a ser afectadas por grandes sismos en el borde oeste de Perú: Estimación a partir de periodos de retorno local basado en la distribución de valores de "b". Bol Soc Geol Peru. 2002; 93: 63-71.
- [6] Roque R, Trefogli, C. Actualización del plan de evacuación ante tsunamis en las costas del Callao y evaluación post-desastre (1995- 1996). [Tesis de Bachiller] Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 1996.
- [7] Instituto Nacional de Desarrollo Urbano. Diagnóstico sobre vulnerabilidad y riesgo de las áreas críticas de Lima Metropolitana. Lima: Ministerio de Vivienda; 1982
- [8] Nelson Morales-Soto, Carlos Zavala. Terremotos en el Litoral Central del Perú: ¿Podría ser Lima el escenario de un futuro desastre? Revista Peru Med Exp Salud Publica. 2008; 25(2): 217, 217-24
- [9] CENEPRED, 2017, Informe de Evaluación del Riesgo por Inundación Pluvial -en el área de Influencia del distrito de 26 de octubre, provincia y departamento de Piura.
- [10] Márquez Benavides, Liliana and Baltierra Trejo, Eduardo El proceso analítico jerárquico como metodología para seleccionar revistas científicas en el

área biotecnológica. *e-Ciencias de la Información*, 2017, vol. 7, n. 2, pp. 1-20.
[Journal article (Paginated)]

[11] Salas, J. 2017. Modelo del Proceso Jerárquico Análítico para optimizar la localización de una planta industrial. *Revista Industrial Data*, Vol. 17, Numero 2. Pp 112-119. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú

[12] Manual básico para la estimación del riesgo / Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil. Dirección Nacional de Prevención. Lima: INDECI, 2006. 73 p.; tab, ilustr.

[13] LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES: UN ENFOQUE BASADO EN PROCESOS Autores: Lizardo Narváez, Allan Lavell, Gustavo Pérez Ortega. 2009. PREDECAN.

[14] Salud, Organización Mundial de la. *AGUA POTABLE*. Internacional: OMS, 2020.

[15] INVESTIGACIÓN, DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFÍA MÉTODOS Y TÉCNICAS DE. *Guía para la aplicación de la Fotogrametría como alternativa a la Topografía tradicional*. Mérida - Venezuela : UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES ESCUELA DE GEOGRAFIA, 2016.

[16] RINCÓN VILLALBA, MARIO ARTURO , VARGAS VARGAS, WILSON ERNESTO y GONZÁLEZ VERGARA, CARLOS JAVIER . *TOPOGRAFÍA; Conceptos y Aplicación*. Madrid : ECOEedificaciones , 2010.

[17] Tacca Quelca, Hilario . *COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRIA CON DRONES AL METODO TRADICIONAL*. Lima, Perú : s.n., 2018.

[18] Municipalidad Distrital de Pebas, Provincia Mariscal Ramon Castilla. *Capital Pebas* . Iquitos, Perú : MDP, 2018.

[19] INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM. M, “*Guía metodológica para el análisis del peligro, vulnerabilidad, riesgo y pérdidas causadas por desastres naturales o antropogénicos y su reducción y prevención*”. Mexico : CENAPRED, 2003.

[20] Pacheco, J. y Contreras, E. (2008). *Manual metodológico para evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Santiago de Chile: ILPES-CEPAL.

[21] INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional; N° 133. 1999

[22] Carmen, J. 2020. Evaluación de la Vulnerabilidad de la Planta de Captación de Agua Potable de Iquitos, ante el Proceso de Inundación utilizando Técnica Fotogramétrica con Drone, 2020.

[23] INGEMMET [a], 2021. Informe Técnico N°7117 Evaluación de Peligros Geológicos en los Caseríos Alto San José y Shirumbache en el distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, Amazonas. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

[24] INGEMMET [b], 2021. Informe Técnico N°7101 Evaluación de Peligros Geológicos del Asentamiento Humano Arahua en el distrito de Santiago, provincia de Calca, Cusco. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

[25] INGEMMET [c], 2021. Informe Técnico N°7141 Evaluación de Peligros Geológicos por Deslizamiento en el Sector Curcuchaca, en el distrito de Vilcabamba, provincia de La Convención, Cusco. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

[26] INGEMMET [d], 2021. Informe Técnico N°7148 Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en los sectores Huancaluque, Llamani y cerro Ccatasuyo, distrito y provincia de Sandia, Puno. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

[27] INGEMMET [e], 2021. Opinión Técnica N°006-21 Informe de Peligros Geológicos en el sector de Chaquiorcco, distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, Cusco. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

[28] Municipalidad de Iguain. 2021. Informe de Evaluación de Riesgos Originados por Inundación Fluvial en la margen izquierda del río Chihua de la localidad de chigua, distrito de Iguain, Provincia de Huanta, Ayacucho.

[29] Municipalidad de Sillapata, 2021. Informe Técnico de Evaluación de Peligros Geológicos originados por Lluvias Intensas en el Centro Poblado de Sillapata, distrito de Sillapata, provincia de Dos de Mayo, Huánuco. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

[30] Municipalidad de San Martín de Porres. 2021. Informe de Evaluación de Riesgos por Erosión Fluvial en el Área de Influencia del río Rímac, sector comprendido entre la Av. Canadá y Av. Los Próceres, distrito San Martín de Porres, provincia de Lima, departamento de Lima. Sub Gerencia de gestión del Riesgo de Desastres y Defensa Civil.

[31] Municipalidad de Vilcanchos, 2021. Informe Técnico de Evaluación del Riesgo por Flujo de Detritos originado por lluvias intensas en el centro poblado de Cocas, distrito de Vilcanchos provincia de Víctor Fajardo, Ayacucho.

[32] Seminario Taller Macro regional "Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio Climático" Jueves 26 y viernes 27 de agosto de 2021. Jhon Elvis Chahua Janampa Ing. Mecánico de Fluidos Especialista en Evaluación de Impacto de Desastres

[33] SENAMHI, Umbrales para la clasificación de tipos de lluvia en la Selva Peruana. Informe Técnico de Evaluación del

[34] Kummel. Jr. B. 1948. Geological reconnaissance of the Contamana región, Peru. Geological Society of América Bulletin, 59: 1217-1266.

[35] MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAVARI. 2017. "Creación del Sistema de Saneamiento Básico en la Localidad de Santa Teresa I Zona, Distrito del Yavari - Mariscal Ramón Castilla – Loreto. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA ACREDITACION DE DISPONIBILIDAD HIDRICA SUBTERRANEA PARA POZO TUBULAR.

[36] SENAMHI, 2014. Estimación de Umbrales de Precipitaciones Extremas para la Emisión de Avisos meteorológicos, 11pp.

[37] Centro Nacional de Estimación, Prevención y reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2014. Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. 2da versión.

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

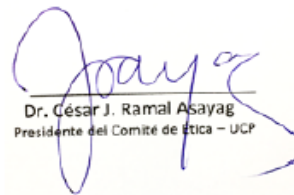
La Tesis titulada:

**"EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL PROCESO DE INUNDACION DEL SECTOR
URBANO DE PEBAS UTILIZANDO TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA CON DRONE,
2021."**

De los alumnos: **AMBAR JAMETH SAAVEDRA COLLANTES**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **3% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 20 de Octubre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

CIRA/ri-a
391-2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°108-2021-UCP-FCEI del 01 de marzo 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña Del Águila, Dra. | Presidente |
| • Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramírez, Mgr | Miembro |
| • Ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, M.Sc | Miembro |

Como Asesor: Ing. Marco Antonio Paredes Riveros, M.Sc.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 10:00 horas del día 17 de noviembre del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por la Secretaria Académica del programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: “EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL PROCESO DE INUNDACIÓN DEL SECTOR URBANO DE PEBAS UTILIZANDO TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA CON DRONE, 2021.”

Presentado por la sustentante: **AMBAR JEMITH SAAVEDRA COLLANTES**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

Contáctanos:

Iquitos – Perú
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú
42 - 58 5638 / 42 - 58 5640
Leoncio Prado 1070 / Martínez de Compañón 933

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe