

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES Y ZONAS DE RIESGOS

POR INUNDACIÓN EN EL CASERÍO SANTA ROSA DE

SHAPAJILLA

TESIS

Para optar al grado académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA,
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

MELISSA LUCERO MANRIQUE DE LARA SALINAS

Tingo María - Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 007- 2021-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 10:00 am, del día miércoles 31 de marzo del 2021, reunidos virtualmente vía Microsoft Team, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“DETERMINACION DE LOS NIVELES Y ZONAS DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL CASERIO DE SANTA ROSA DE SHAPAJILLA”

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, Mención: Gestión Ambiental, la Sra. Melissa Lucero Manrique De Lara Salinas.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 11:20 am., el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. SEGUNDO RODRIGUEZ DELGADO
Presidente del Jurado

.....
Ing. MSc VICTOR BETETA ALVARADO
Miembro del Jurado

.....
Ing. MSc. DAVID QUISPE JANAMPA
Miembro del Jurado

.....
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ.
Asesor



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO

ACADÉMICO DE MAESTRO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA

I. DATOS GENERALES DE POSGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Maestría : Ciencias en Agroecología

Mención : Gestión Ambiental

Título de Tesis : **DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES Y ZONAS DE RIESGOS POR INUNDACIÓN EN EL CASERÍO SANTA ROSA DE SHAPAJILLA.**

Autor : Melissa Lucero Manrique de Lara Salinas

Asesor : Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez

Programa de Investigación : Gestión Ambiental

Línea (s) de Investigación : Sistemas de Gestión

Eje temático de investigación : Gestión de riesgos naturales y ambientales.

Lugar de Ejecución : Caserío Santa Rosa de Shapajilla – Luyando

Duración : **Fecha de Inicio:** Julio 2019
Término : Diciembre 2019

Financiamiento : **Propio: S/. 2,500.00**

DEDICATORIA

A Dios, a Jesús y a la Virgen María por
su gran misericordia y amor.

Ofrecer este trabajo de investigación a la
memoria de mi madre Luz Patricia Salinas
Pinedo, quien es mi ángel de la guarda,
quien en vida siempre creyó en mí, y me
dio las armas oportunas para enfrentarme
a la vida de la manera más sutil e
inteligente.

A mi padre Miguel Manrique De Lara
Vásquez a Mamá Ida por sus sabios
consejos de no rendirme jamás en esta vida,
aun así, los obstáculos sean enormes.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme dado la oportunidad para forjarme como profesional.
- A mis profesores de la Escuela de Posgrado, quienes a través de sus enseñanzas contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez, en su condición de asesor de la tesis por su asistencia con valiosos aportes técnicos y científicos durante la ejecución y redacción de esta investigación.
- A los miembros del jurado de tesis, Dr. Segundo Rodríguez Delgado M.Sc. Víctor Beteta Alvarado, Ing. M. Sc. David Prudencio Quispe Janampa, por el aporte académico, científico y las revisiones de fondo y forma del texto.
- Asimismo, a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con la realización y culminación de la presente investigación.

INDICE DE TEMÁTICO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Caserío de Santa Rosa de Shapajilla.....	4
2.1.1. Ubicación geográfica	4
2.1.2. Superficie territorial	5
2.1.3. Aspectos socio demográficos	5
2.1.4. Aspectos económicos	5
2.1.5. Aspecto social.....	6
2.1.6. Reportes de riesgos de inundación.....	8
2.2. Antecedentes de estudio realizados en evaluación de riesgos.	9
2.2.1. Nacionales	9
2.2.2. Internacionales.....	11
2.3. Análisis jerárquico Saaty (AHP)	13
2.4. Cálculo del nivel de peligro.....	15
2.5. Análisis de vulnerabilidades	16
2.5.1. Exposición	17
2.5.2. Fragilidad	17
2.5.3. Resiliencia	18
2.6. Estimación y caracterización del nivel de riesgo	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21

3.1. Lugar de ejecución	21
3.1.1. Ubicación política	21
3.1.2. Ubicación geográfica	21
3.1.3. Clima.....	22
3.1.4. Elementos climáticos	24
3.1.5. Zona de vida	25
3.1.6. Relieve	26
3.1.7. Hidrografía	26
3.1.8. Geología	26
3.1.9. Geomorfología	27
3.1.10. Accesibilidad.....	27
3.2. Materiales y equipos.....	28
3.2.1. Materiales	28
3.2.2. Equipos.....	28
3.2.3. Herramientas	28
3.3. Metodología.....	28
3.3.1. Cálculo del peligro	28
3.3.2. Análisis de vulnerabilidades.....	30
3.3.3. Estimación de los niveles de riesgo	33
IV. RESULTADOS	36
4.1. Peligro de inundación	36
4.1.1. Modelo de elevación digital del Terreno	36
4.1.2. Caudal de inundación	36

4.1.3. Profundidades y velocidad de inundación en los lotes afectados	37
4.2. Vulnerabilidad.....	41
4.2.1. Exposición	41
4.2.2. Fragilidad	42
4.2.3. Resiliencia	43
4.3. Riesgos	45
V. DISCUSIÓN	46
VI. CONCLUSIÓN.....	50
VII. RECOMENDACIONES.....	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Escala numérica y explicación verbal para la asignación de importancias relativas en a la matriz de comparación de pares.....	15
2. Clasificación del peligro para inundaciones estáticas y dinámicas.....	16
3. Calificación de los niveles de riesgo a partir del rango de valores producto del peligro de inundación y vulnerabilidad de la zona.....	19
4. Descripción e implicancias en el Ordenamiento territorial de los niveles de riesgo.	19
5. Puntos del cuadrante del área de estudio	21
6. Valores promedios y absolutos de temperatura, valores de precipitación de las estaciones meteorológicas correspondientes a la región Selva - Rupa Rupa de Huánuco.	25
7. Clasificación de la intensidad del peligro y ponderación Saaty respectiva.	29
8. Ponderación Saaty del indicador de exposición.	30
9. Ponderación Saaty de los indicadores de fragilidad ante inundaciones	31
10. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.	31
11. Ponderación Saaty de los indicadores de resiliencia ante inundaciones.	32

12. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.	32
13. A partir del cálculo de riesgo, se caracteriza el mismo a partir de los rangos mostrados.	34
14. Descripción de los niveles de riesgo.....	34
15. Cálculo del caudal de inundación a partir de la ecuación de Manning, tomando como referencia las alturas de inundaciones pasadas	37
16. Conteo y porcentaje de lotes expuestos a diferentes profundidades de inundación.	38
17. Análisis de los lotes afectados por la inundación.....	40
18. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.	44
19. Niveles de riesgo en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación Geográfica del caserío de Santa Rosa de Shapajilla.	4
2. Factores de vulnerabilidad en la metodología CENEPRED.	17
3. Mapa de ubicación del lugar en estudio.	22
4. Índice de exposición función a la densidad poblacional.	30
5. Sección transversal para el cálculo del caudal de inundación a partir de alturas de referencia de inundaciones pasadas.	36
6. Sección de corte transversal.	37
7. Profundidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia	38
8. Velocidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia.	39
9. Niveles de peligro de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el Caserío Poblado Santa Rosa de Shapajilla.	40
10. Densidad poblacional de Kernel para el cálculo de la exposición.	41
11. Indicadores de fragilidad ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia en el caserío “Santa Rosa de Shapajilla”	42
12. Indicadores de resiliencia ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.	43
13. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla	44
14. Niveles de riesgos de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el caserío Santa Rosa de Shapajilla	45

RESUMEN

En la investigación se determinó los niveles y zonas de riesgos por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla, ubicada en el distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

Para ello se trabajó usando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) con una ligera modificación en el cálculo del peligro; donde se utilizó el método de INDECI para la clasificación del peligro en función a la profundidad e inundación.

Para el cálculo del peligro se trabajó con la modelación HEC – RAS para las inundaciones, donde se realizó el modelo de elevación digital (MED) mediante un vuelo de DRONE que cubrió toda el área de estudio, el caudal de inundación se calculó a partir del tiran de altura de inundaciones pasadas, y así mismo se analizaron los riesgos de inundación.

Para el análisis de vulnerabilidad se levantó información socioeconómica de la población y de infraestructura, se realizó un muestro aleatorio para una población finita (242 encuestas).

Los resultados obtenidos son los siguientes: para el peligro de inundación, la cantidad de lotes afectados asciende a 180, los cuales se encuentran en las categorías de peligro bajo, medio, alto y muy alto en un 18,9% (34), 18,3% (33), 48,3% (87) y 14,4% (26) respectivamente.

Para los niveles de vulnerabilidad en el caserío, se encontró que 58,7% (142) de los lotes tiene una vulnerabilidad alta, 41,3% (100) de los lotes tienen una vulnerabilidad media. Finalmente, para los niveles de riesgo, de los 180 lotes

construidos afectados por la inundación 107 (60,3%) presentan riesgo medio, 55 (30,5%) presentan riesgo alto y 18 (9,2%) presentan riesgos muy altos.

Se concluye que el caserío de Santa Rosa de Shapajilla no es segura, sobre todo en épocas de mayor precipitación en toda la provincia de Leoncio Prado.

Palabras clave: Vulnerabilidad, Peligro, Riesgo, CENEPRED, INDECI, SAATY.

ABSTRACT

In the present investigation, the levels and areas of flood risks were determined in the Santa Rosa de Shapajilla hamlet, located in the Luyando district, Leoncio Prado province, Huánuco department.

For this, we worked using the methodology of the National Center for the Estimation, Prevention and Reduction of Disaster Risk (CENEPRED) with a slight modification in the calculation of the danger; where the INDECI method was used to classify the hazard based on depth and flooding.

To calculate the danger, we worked with the HEC - RAS modeling for floods, where the digital elevation model (MED) was carried out through a DRONE flight that covered the entire study area, the flood flow was calculated from the They measure the height of past floods, and flood risks were also analyzed.

For the vulnerability analysis, socioeconomic information on the population and infrastructure was collected, a random sample was carried out for a finite population (242 surveys).

The results obtained are the following: for the flood hazard, the number of affected lots amounts to 180, which are in the low, medium, high and very high hazard categories by 18.9% (34), 18 , 3% (33), 48.3% (87) and 14.4% (26) respectively.

For the vulnerability levels in the hamlet, it was found that 58.7% (142) of the lots have a high vulnerability, 41.3% (100) of the lots have a medium vulnerability. Finally, for risk levels, of the 180 built lots affected by the flood, 107 (60.3%)

present medium risk, 55 (30.5%) present high risk and 18 (9.2%) present very high risks.

It is concluded that the hamlet of Santa Rosa de Shapajilla is not safe, especially in winter in the entire province of Leoncio Prado.

Keywords: Vulnerability, Danger, Risk, CENEPRED, INDECI, SAATY.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las inundaciones son los desastres naturales más comunes y de mayor impacto en pérdida de vidas humanas y materiales. Según un informe del Centro de Investigación en Epidemiología de Desastres, CRED, (2015). Para el periodo 1994 – 2013 las inundaciones fueron el tipo de desastre más frecuente y representaron el 43% de todos los eventos, también afectaron a más personas que todos los demás tipos de desastres naturales juntos, es decir, el 55% del total mundial (alrededor de 2500 millones de personas). Las inundaciones también se hicieron cada vez más frecuentes, pasando de una media anual de 123 entre 1994 y 2003 a una media anual de 171 en el período 2004-2013. En América del Sur, por ejemplo, 500.000 personas se vieron afectadas por las inundaciones en promedio entre 1994 y 2003. En el decenio siguiente (2004-2013), ese número se había elevado a dos millones de personas, es decir, cuatro veces más.

Por otra parte, según el Aquaduct Global Flood Analyzer, una herramienta interactiva en línea de seguimiento de inundaciones, se espera que hasta el 2030, las pérdidas económicas debido al daño urbano por las inundaciones en Perú asciendan a la suma de 2300 millones de dólares.

Los riesgos identificados en la provincia de Leoncio Prado (siguiendo la metodología del INDECI) tienen la categoría de alto a muy alto, alcanzando

las inundaciones un valor de 70%. Esta realidad se puede ver reflejada también en el Caserío de Santa Rosa de Shapajilla, que frecuentemente se ve afectada por el desborde de la quebrada “Alimonia”, causando pérdidas materiales y sociales. Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuáles serán los niveles y zonas de riesgo por inundación en el Caserío Santa Rosa de Shapajilla?

Las inundaciones pluviales poseen impactos diversos en función del nivel de peligrosidad del fenómeno y del nivel de vulnerabilidad de la población, en tal sentido este estudio nos permitirá establecer de una manera objetiva el nivel de riesgo por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

Esta investigación posee un alcance técnico aplicable por parte del gobierno regional quien debe *“Formular, coordinar y supervisar estrategias que permitan controlar el deterioro ambiental y de salud en las ciudades y a evitar el poblamiento en zonas de riesgo para la vida y la salud, en coordinación con los Gobiernos Locales, garantizando el pleno respeto de los derechos constitucionales de las personas”* (Artículo 50, inciso f de la Ley N° 27867 Ley Orgánica de gobiernos regionales).

El Perú participó activamente en las negociaciones internacionales (el acuerdo de Paris y la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) efectuadas para la adopción de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), y también se ha comprometido con su ejecución, la realización de su seguimiento y la evaluación de los progresos conseguidos. Uno de los ODS (Objetivo 11) tiene como fin *lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean*

inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, y tiene como una de sus metas evitar la ubicación de las viviendas en zonas de riesgo. Este estudio podrá identificar dichas zonas para la posterior toma de decisiones.

1.1. Objetivo general

- Determinar los niveles y zonas de riesgo por inundación en el Caserío Santa Rosa de Shapajilla.

1.2. Objetivos específicos

- Estimar el nivel de peligro por inundación en el Caserío Santa Rosa de Shapajilla.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad ante el peligro de inundación del Caserío Santa Rosa de Shapajilla.
- Estimar y caracterizar el nivel de riesgo por inundación el Caserío Santa Rosa de Shapajilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Caserío de Santa Rosa de Shapajilla.

2.1.1. Ubicación geográfica

Ubicada al margen derecho del Rio Huallaga a 6km de la ciudad de Tingo María, en el departamento y región de Huánuco se localiza en la parte central del país, provincia de Leoncio Prado, distrito de Luyando. C

Está ubicada de manera estratégica (central) que permite conectar con los otros distritos a través de la carretera central que recorre todo el tramo con dirección a la provincia de Tocache y Mariscal Cáceres en el departamento de San Martín.

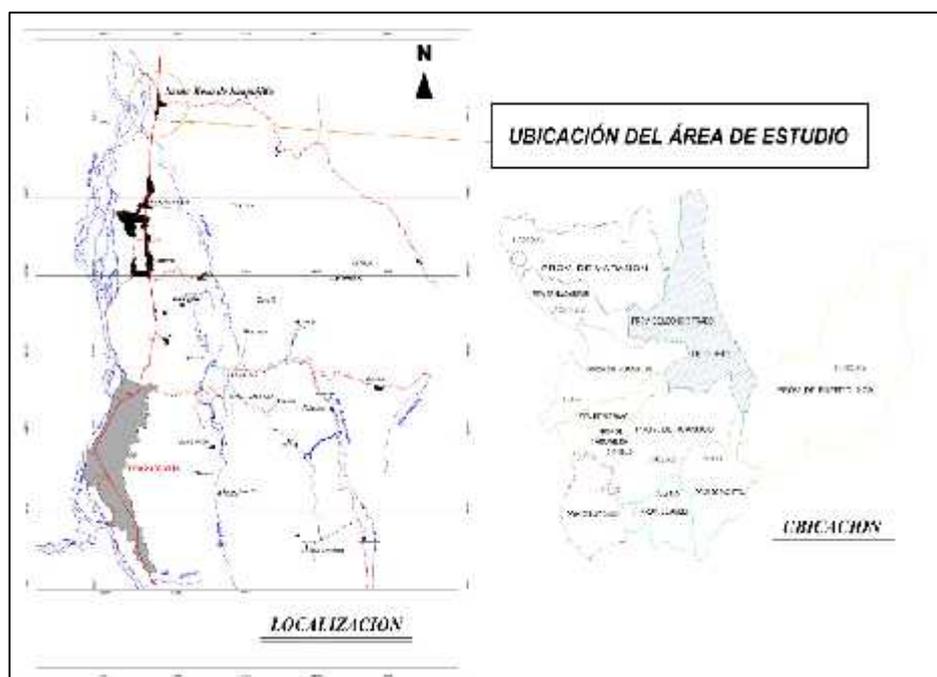


Figura 1. Ubicación Geográfica del caserío de Santa Rosa de Shapajilla.

2.1.2. Superficie territorial

Presenta una pendiente de 0% a 10% con abundantes depósitos fluviales y aluviales consolidados, compuestos por limos, arenas y gravas, por estar paralelo al Rio Huallaga y Tulumayo, zona baja del territorio, abarca aproximadamente el 35% del territorio y alberga los suelos agrícolas más productivos, el mismo que es atravesado por el eje de la carretera.

Asimismo, presenta un relieve de cerros medianamente pronunciados, con colinas medias y altas, caracterizadas por presentar climas subredondeadas y laderas largas con húmedo tropical – Selva alta.

Los vientos soplan de Este, Nor-Este y Sur, traen consigo nubes húmedas, que genera una alta frecuencia de lluvias, con una velocidad del viento que esta alrededor de 5.95 km/h y una temperatura media de 24.31 °C.

2.1.3. Aspectos socio demográficos

El distrito de Luyando representa el 7% de la población de la provincia de Leoncio Prado con 8951 de pobladores con una tasa de crecimiento de 1.35%, siendo así que el caserío de Santa Rosa de Shapajilla cuenta con 686 pobladores, perteneciendo a una localización rural; esto según el Censo Nacional y Vivienda. INEI (2017).

2.1.4. Aspectos económicos

La principal actividad económica de la provincia de Leoncio Prado es la agricultura, la misma que en promedio es el 65.72% de la Producción Económica Agrícola.

La estructura actual de la agricultura en la provincia de Leoncio Prado se basa en: tres grupos de cultivos: Cultivo permanente; cultivos semipermanentes y cultivos transitorios. Los cultivos permanentes representan el 70.57%, los semipermanentes 26.31% y los cultivos transitorios 2.70%.

El cacao y café son los productos de bandera a nivel de la provincia y distrito, también son los más promovidos dentro de la cantera de inversión, como se puede observar el precio por tonelada que tiene el cacao es la más rentable en comparación a los otros productos que se producen en el lugar.

También observamos que actualmente el cacao y café se encuentran en el mercado laboral a nivel internacional, nacional y local. (MINAGRI, 2012).

El distrito de Luyando, es uno de los mayores productores de cacao registrados en la temporada 2017-2018, y a la vez el cuarto productor de café en la provincia de Leoncio Prado, con 285.10 toneladas, siendo una de las fortalezas en la agricultura con una gran incidencia en el mercado (generación de empleo y la seguridad alimentaria) en el que cada año va creciendo con mayor área de cultivos en la provincia.

2.1.5. Aspecto social

- **Salud**

La provincia de Leoncio Prado cuenta con 32 establecimientos de salud, en donde el distrito de Luyando tiene 6 Puestos de Salud, una de ellas se ubica en el Caserío de Santa Rosa de Shapajilla que cuenta con categoría I-1, rural; todas ellas supervisadas por el Ministerio de Salud, a través de la Dirección

Regional de Salud y la Red de Salud de Leoncio Prado - Oficina de informática, telecomunicaciones y estadística (DIRESA - HUANUCO, 2018)

- **Educación**

La UGEL Leoncio Prado ha establecido un total de 689 instituciones educativas, entre estatales (90,5%) y privadas (9,5%). El 59,8% corresponde al nivel de educación primaria de menores, el 26,6% corresponde al nivel de educación primaria y el 10,8% corresponde a la educación secundaria de menores.

Asimismo, en el distrito de Luyando se cuenta con 60 centros educativos, donde el caserío de Santa Rosa de Shapajilla, tiene 4, entre ellas niveles de inicial-jardín, inicial no escolarizado, primaria y secundaria. (MINEDU, 2019)

- **Vías de comunicación**

Para el acceso del Caserío de Santa Rosa de Shapajilla en el distrito de Luyando existe la carretera central que conecta a la provincia con Huánuco, Cerro de Pasco, Junín y Lima. En cuanto a la red de camino de herradura existente en el área rural de la provincia de Leoncio Prado, que en total son 88, tiene una extensión de 705.7 km., distribuidos en los seis distritos, de los cuales el distrito de Luyando tiene 7 caminos con una longitud de 42.5 km.

- **Servicios Básicos**

Cuentan con sistemas de abastecimiento de agua que consiste en un sistema de bombeo, el cual extrae de un ojo de agua de ahí es suministrado a un reservorio del cual se distribuye el agua a lo largo de todo el centro caserío,

está completamente ausente, puesto que en las épocas de lluvias siguen teniendo problemas de drenaje de las aguas que encharcan las calles.

El servicio de energía eléctrica es brindado por Electrocentro, el cual abastece a todo el centro poblado durante 24 horas del día, en cuanto a la iluminación de las calles esta solo se da en la parte central y parte del casco urbano, asimismo se tiene acceso a los medios de comunicación telefónico, radial, escrito, internet y televisivo.

Actualmente el servicio de recojo de residuos sólidos es proporcionado por la Municipalidad Provincial de Luyando.

2.1.6. Reportes de riesgos de inundación

En la provincia de Leoncio Prado se reportaron por parte del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), 2 eventos de inundaciones productos de las precipitaciones pluviales intensas, tal el caso que se produjeron inundaciones por el desborde del río Huallaga, entre ellas la afectada el caserío de Santa Rosa de Shapajilla.

- **Primer evento**

En la madrugada del martes 26 de diciembre 2006, según Informe de Emergencia N° 057 23/01/2007 / COEN-SINADECI / 19:30 horas, donde se evaluaron los daños ocasionados siendo 568 familias damnificadas y 2602 afectadas, y se brindaron ayuda humanitaria entregando a la población materiales para techo, abrigo, enseres, atención de alimentos, herramientas u otros; por parte del Compendio Estadístico e Información de Prevención y Atención de Desastre – Leoncio Prado (CPDC-Leoncio Prado) y el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA).

- **Segundo evento**

El 13 de noviembre de 2017, a las 04:00 horas aproximadamente, según REPORTE COMPLEMENTARIO N° 534 - 12/12/2017 / COEN - INDECI /17:00 HORAS a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales se produjo el incremento del caudal y posterior desborde del río Supte afectando viviendas en los caserío de Río Negro y Santa Rosa Shapajilla en el distrito de Luyando, siendo en el distrito de Luyando 42 familias y viviendas afectadas, donde se brindaron ayuda humanitaria entregando a la población materiales para techo, abrigo, enseres, herramientas u otros, acciones tomadas, por parte del personal de la oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Luyando, así mismo el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) realizó el seguimiento de la emergencia.

2.2. Antecedentes de estudio realizados en evaluación de riesgos.

2.2.1. Nacionales

En el trabajo de "Análisis y Evaluación de Inundaciones en la margen izquierda del Río Huallaga en Castillo Grande como la herramienta más riesgosa" de TUESTA (2017), el nivel de riesgo encontrado es de nivel medio. Además, todos estos resultados no están georreferenciados espacialmente. En 2015, la población del área afectada por el estudio era de 13,450 residentes, que consta de 2,144 familias. La población en el área directamente afectada por el estudio es 262, incluidos 228 en la ciudad y 34 en el campo, lo que hace que un total de 1681 residentes sean vulnerables a las inundaciones. En este estudio, para determinar el alcance del impacto y el grado de peligro, no se realizó el análisis real de posibles escenarios de inundaciones mediante simulación

hidráulica dentro de un tiempo de retorno dado, sino que estos eventos regionales fueron restringidos en base a la experiencia pasada. Recurrir a su periodicidad o tamaño.

Otro trabajo de riesgo por inundación es el de TAPULLIMA (2018) titulado "Análisis de riesgo por inundación en la cuenca del río Supte Chico mediante modelamiento geoespacial". La investigación se realizó en la cuenca Supte San Jorge ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Húanuco, la finalidad fue evaluar el riesgo por inundación en la cuenca del río Supte Chico. La metodología consistió en la recopilación de datos de gabinete determinando los parámetros morfométricos, precipitación, curvas IDF y de campo para estimar los caudales máximos, los peligros con sus respectivos escenarios, análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental y riesgos por inundación de la localidad de Supte Chico; se analizó e interpretó los resultados para plasmarlos en los respectivos mapas temáticos. Los resultados obtenidos fueron: presenta un área aproximada de 15.38 km², perímetro 18.79 km, ancho medio 2.16 km, forma alargada, drenaje lento, precipitación de 3161 mm, correlación negativa entre precipitación y altitud fue de 0.94, es confiable el modelo para un Tr de 30, 50 y 140 años y los caudales máximos promedio para un periodo de retorno de 140 años es 134.18 m³/s. en 7 sectores presentan peligro alto y muy alto con 12.44% y 87.56%, vulnerabilidad social alta y muy alta con 83.98% y 16.02%, vulnerabilidad económica alta y muy alta con 90.88% y 9.12% y una vulnerabilidad ambiental muy alta al 100%, y posee un riesgo alto y muy alto en el 12.44% y 87.56% del área evaluada

respectivamente. Finalmente se calculó el costo de las probables pérdidas económicas en S/ 11,088,000.00.

En el informe técnico realizado por SOLÓRZANO (2017) sobre la evaluación de riesgo por inundación fluvial y flujo de detritos en el centro poblado de Ascope, distrito de Ascope, provincia de Ascope y departamento La Libertad; se utilizó la metodología CENEPRED para la estimación de riesgo, para la inundación fluvial, en el cálculo del peligro, se utilizó como factor desencadenante a las precipitaciones y como factor condicionante a la geología, geomorfología y pendiente, para el cálculo de la vulnerabilidad social se analizó los elementos expuestos de población, tipo de viviendas, centros educativos y de salud, por otra parte la fragilidad estuvo representada por los grupos etarios y la proporción de personas con alguna discapacidad, finalmente la resiliencia fue representada por el nivel educativo, tipo de seguro y proporción de personas beneficiarias de algún programa social. Los riesgos hallados por inundación fueron de altos a muy altos con pérdidas económicas estimadas en S/. 44' 415,668.53 soles.

2.2.2. Internacionales

En el trabajo de ROMALI, YUSOP, y ISMAIL, (2018) titulado "Application of HEC-RAS and Arc GIS for floodplain mapping in Segamat town, Malaysia" Se presenta la aplicación del modelo HEC-RAS al desarrollo de mapas de llanuras de inundación para un área urbana en la ciudad de Segamat en Malasia. El análisis utilizó el Radar de Apertura Sintética Interferométrica (IFSAR) como los principales datos de entrada del modelado. Cinco modelos de distribución: Pareto Generalizado, Valor Extremo Generalizado, Log-Pearson 3,

Log-Normal y Weibull fueron probados en análisis de frecuencia de crecidas para calcular caudales extremos con diferentes períodos de retorno. Usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS), se encontró que el Pareto Generalizado era la mejor distribución para el río Segamat. Las crecidas máximas derivadas del análisis de frecuencias para períodos de retorno seleccionados se introdujeron en el modelo HEC-RAS para encontrar los niveles de crecida correspondientes previstos. Los resultados obtenidos del modelo HEC-RAS se utilizaron en ArcGIS para preparar mapas de llanuras de inundación para diferentes períodos de retorno. Los resultados indicaron que la mayoría de las áreas inundadas en el período simulado de retorno de 100 años también se vieron afectadas por las inundaciones históricas de 2011. Para un tiempo de retorno de 100 años, el área inundada fue casi 5 veces más grande que el nivel del mar, más grande que la inundación para un tiempo de retorno de 10 años.

Otro estudio de QUIROGAA et al. (2016) para áreas de riesgo de inundaciones se titula "Aplicación de la simulación numérica bidimensional en el análisis de inundaciones del río Amazonas en Bolivia en febrero de 2014: Aplicación de la nueva versión 5 de HEC-RAS". Esta investigación aplicó el nuevo HEC-RAS-v5 para simular el evento de inundación que ocurrió en la Amazonía de Bolivia en febrero de 2014. En comparación con las imágenes de satélite de las inundaciones, las inundaciones simuladas muestran un buen rendimiento. Además, la simulación proporciona información como la profundidad del agua, la velocidad del flujo y los cambios en el tiempo de la inundación. Identificar la ubicación específica donde el agua comienza a desbordarse. En la mayoría de las áreas inundadas, la velocidad del agua es

inferior a $0,25 \text{ ms}^{-1}$. En los primeros diez días de la inundación, la extensión de la inundación aumentó rápidamente. La profundidad de la inundación puede determinar las áreas expuestas a diferentes niveles de peligro. Las llanuras occidentales del río Marmore son las más vulnerables a las inundaciones. Muestra mayor inundación, mayor duración de inundación y mayor profundidad del agua. La inundación que amenazó a Trinidad se originó en dos lugares. Uno se encuentra a 32 kilómetros al norte y el otro a 10 kilómetros al suroeste. La inundación en el norte se acercó a Trinidad doce días después de que comenzó a desbordarse, y la inundación en el sur se acercó a Trinidad después de siete días de desbordamiento. Aunque las inundaciones del norte son más profundas que las del sur, las del sur comienzan a inundarse antes que las del norte. Por lo tanto, las enfermedades transmitidas por el agua y por vectores pueden preceder al sur y al norte. Cinco días después de que el agua comenzara a inundarse, la ciudad de San Javier se inundó. La investigación muestra la aplicabilidad y el valor de la función bidimensional del nuevo HEC-RAS en la investigación de inundaciones.

2.3. Análisis jerárquico Saaty (AHP)

La programación multiestándar mediante el uso del proceso de jerarquía analítica (AHP) es una técnica que se utiliza para tomar decisiones en un entorno complejo en el que se consideran muchas variables o criterios al determinar la prioridad y selección de alternativas o proyectos.

El AHP fue desarrollado por Thomas L. Saaty en la década de 1970 y ha sido objeto de una extensa investigación. Actualmente se utiliza en la toma de decisiones en entornos complejos. Cuando las percepciones, los juicios y las

consecuencias humanas de las personas tienen efectos a largo plazo, las personas pueden tomar decisiones juntas (CENEPRED, 2015)

- Definir el problema y determinar el tipo de conocimiento buscado.
- De arriba abajo, el objetivo de la decisión es la jerarquía de decisiones, y luego, desde una perspectiva amplia, el objetivo se construye desde el nivel medio (el estándar en el que se basan los elementos posteriores) hasta el nivel más bajo (generalmente un conjunto de alternativas).
- Construya una matriz de comparación de pares. Cada elemento de un nivel superior se utiliza para comparar elementos del nivel inmediatamente inferior.
- Utilice la prioridad obtenida de la comparación para sopesar la siguiente prioridad más baja. Haga esto para cada elemento. Luego, agregue un gran valor a cada elemento en el siguiente nivel y obtenga prioridad global o global. Para este paso, es necesario utilizar los valores propuestos por Saaty que se muestran en la Tabla 1.
- Continúe el proceso de pesar y sumar hasta obtener la prioridad final de la alternativa en el nivel más bajo.

Cuadro 1. Escala numérica y explicación verbal para la asignación de importancias relativas en a la matriz de comparación de pares.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante preferido que ...	A comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.

2.4. Cálculo del nivel de peligro

Definido como "la posibilidad de un fenómeno potencialmente dañino de origen natural o causado por actividades humanas en un lugar específico con una intensidad específica, dentro de un rango de tiempo y frecuencia específico (CENEPRED, 2015)

La intensidad y el impacto potencial de la inundación dependen no solo de los aspectos meteorológicos, sino también de las características del terreno, como el tipo y uso del suelo, el tipo y distribución de la vegetación, la litología y la litología. Red de drenaje, tamaño del talud de la cuenca, obras realizadas en el río, etc. Otros aspectos importantes a considerar son los

meandros y áreas donde el río se estrecha o pierde profundidad por falta de áreas abiertas (limpieza de sedimentos en el cauce del río), especialmente en los esteros donde se acumulan limos y suelos.

Los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones varían según el tipo de inundación. Para inundaciones estáticas, se debe considerar la profundidad o altura del flujo de agua. Para inundaciones dinámicas, se recomienda utilizar el producto de la velocidad del flujo y la profundidad del flujo. (Siempre que esta fórmula produzca un valor de fuerza más alto que la fórmula anterior) (INDECI, 2011)

Cuadro 2. Clasificación del peligro para inundaciones estáticas y dinámicas.

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad, del flujo (m ² /s) (inundaciones dinámicas)
Muy alta	$H > 1.5 \text{ m}$	$H*V > 1.5 \text{ m}$
Alta	$0.5 \text{ m} < H < 1.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < H*V < 1.5 \text{ m}$
Media	$0.25 \text{ m} < H < 0.5 \text{ m}$	$0.25 \text{ m} < H*V < 0.5 \text{ m}$
Baja	$< 0.25 \text{ m}$	$H*V < 0.25 \text{ m}$

2.5. Análisis de vulnerabilidades

La vulnerabilidad presenta 3 factores, la exposición, que hace referencia a los elementos expuestos al peligro, la fragilidad, que está referido el nivel de debilidad del elemento expuesto y la resiliencia, que hace referencia al nivel de respuesta ante una amenaza (CENEPRED, 2015)



Figura 2. Factores de vulnerabilidad en la metodología CENEPRED.

2.5.1. Exposición

La exposición se refiere a la toma de decisiones y la práctica de colocar a los seres humanos y sus medios de vida en áreas peligrosamente afectadas. La exposición es causada por una relación inapropiada con el medio ambiente, que puede deberse al proceso no planificado de crecimiento de la población, proceso de migración desordenada, proceso de urbanización sin una adecuada gestión de la tierra y/o políticas de desarrollo económico insostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad (ISDR, 2011)

2.5.2. Fragilidad

La Fragilidad, se refiere a una situación en la que los seres humanos y sus medios de subsistencia están en desventaja o son relativamente débiles cuando se enfrentan a un peligro. Por lo general, se centra en las condiciones físicas de la comunidad o la sociedad y es de origen interno, como la forma del edificio, que no cumple con las regulaciones de construcción y/o materiales vigentes. Más frágil, más frágil (ISDR, 2011)

2.5.3. Resiliencia

La resiliencia se refiere al nivel de asimilación o capacidad de recuperación de los seres humanos y sus medios de vida cuando ocurre un peligro. Está relacionado con las condiciones sociales y organizativas de la población. Cuanto mayor sea la flexibilidad, menor será la vulnerabilidad (ISDR, 2011)

2.6. Estimación y caracterización del nivel de riesgo

El riesgo se define como "la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas debido al impacto de su vulnerabilidad y peligro" (CENEPRED, 2015)

Una vez realizada la evaluación de la intensidad, amplitud, frecuencia o período de recurrencia y el nivel de sensibilidad a los fenómenos naturales, se han determinado y analizado las amenazas que enfrenta el área geográfica de investigación y se ha realizado el análisis por separado por exposición, vulnerabilidad y adaptabilidad, vulnerabilidad potencial. La identificación de los elementos, el tipo y grado de daño que puede ocurrir, y otras razones para explicar los componentes que afectan la vulnerabilidad, y combinarlos para calcular el nivel de riesgo del área estudiada (CENEPRED, 2015).

A continuación, se presenta la fórmula para calcular el riesgo según la ley N°29664 mediante el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad.

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Se utilizó la raíz cuadrada para que el resultado de multiplicar peligro y vulnerabilidad se mantenga dentro de los rangos del CENEPRED

Cuadro 3. Calificación de los niveles de riesgo a partir del rango de valores producto del peligro de inundación y vulnerabilidad de la zona.

Calificación	Rango
Riesgo Muy Alto	0.068 R < 0.253
Riesgo Alto	0.018 R < 0.068
Riesgo Medio	0.005 R < 0.018
Riesgo Bajo	0.005 R < 0.018

FUENTE: CENEPRED (2015)

Cuadro 4. Descripción e implicancias en el Ordenamiento territorial de los niveles de riesgo.

Niveles de riesgo	Descripción	Implicancias de Ordenamiento Territorial
Riesgo Muy Alto	Las personas corren peligro tanto dentro como fuera de la casa. La posibilidad de daños repentinos en edificios y / o casas es alta. Estos eventos aparecen con una intensidad relativamente débil, pero aparecen con una frecuencia alta o una intensidad fuerte. En este caso, las personas que se encuentran fuera del edificio están en peligro.	Área restringida, no apta para instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. Las áreas construidas pueden protegerse mediante importantes trabajos de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal. Medidas estructurales para reducir el riesgo.
Riesgo Alto	Las personas corren peligro fuera del edificio, pero hay poco o ningún peligro dentro del edificio. Siempre que el método de construcción del edificio sea adecuado para las condiciones del sitio, el edificio debe destruirse, pero no puede destruirse repentinamente.	Zona de reglamentación, siempre que se sigan las regulaciones apropiadas de ocupación de tierras y estándares de construcción, se puede restringir la expansión del área y la densificación de la zona de control de asentamientos humanos. Los edificios existentes que no cumplan con la normativa deben ser reforzados,

		protegidos o desalojados y reubicados.
Riesgo Medio	El daño a las personas es regular. El edificio puede sufrir daños moderados o leves, pero el interior del edificio puede sufrir daños graves.	Zona de sensibilización, aplicable a los asentamientos humanos en la que las personas deben ser muy conscientes de la ocurrencia de tales peligros a un nivel moderado e improbable para comprender y aplicar las reglas de conducta adecuadas ante el peligro.
Riesgo Bajo	El peligro para las personas y sus intereses económicos son de baja magnitud, con probabilidades de ocurrencia mínimas.	Una zona de conciencia aplicable a los asentamientos humanos en la que los usuarios de la tierra deben ser conscientes de peligros extremadamente improbables para que puedan conocer y adoptar normas de conducta adecuadas para hacer frente a tales peligros.

FUENTE: CENEPRED (2015)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el caserío Santa Rosa de Shapajilla abarcando 3 km lineales aproximadamente de la ciudad de Naranjillo.

3.1.1. Ubicación política

Políticamente la zona donde se llevó a cabo la investigación pertenece:

- Departamento : Huánuco.
- Provincia : Leoncio Prado.
- Distrito : Luyando

3.1.2. Ubicación geográfica

La ubicación de la Quebrada Alimonia donde se realizó la investigación se presentan en coordenadas UTM, del Datum WSG84 de la zona 18S, del empalme 18k desde la cota más baja a la más alta respectivamente:

Cuadro 5. Puntos del cuadrante del área de estudio

Puntos	Este	Norte	Altitud
1	392793	8974170	661
2	393012	8972356	676.9
3	392793	8972356	664.2
4	393012	8974170	665.1

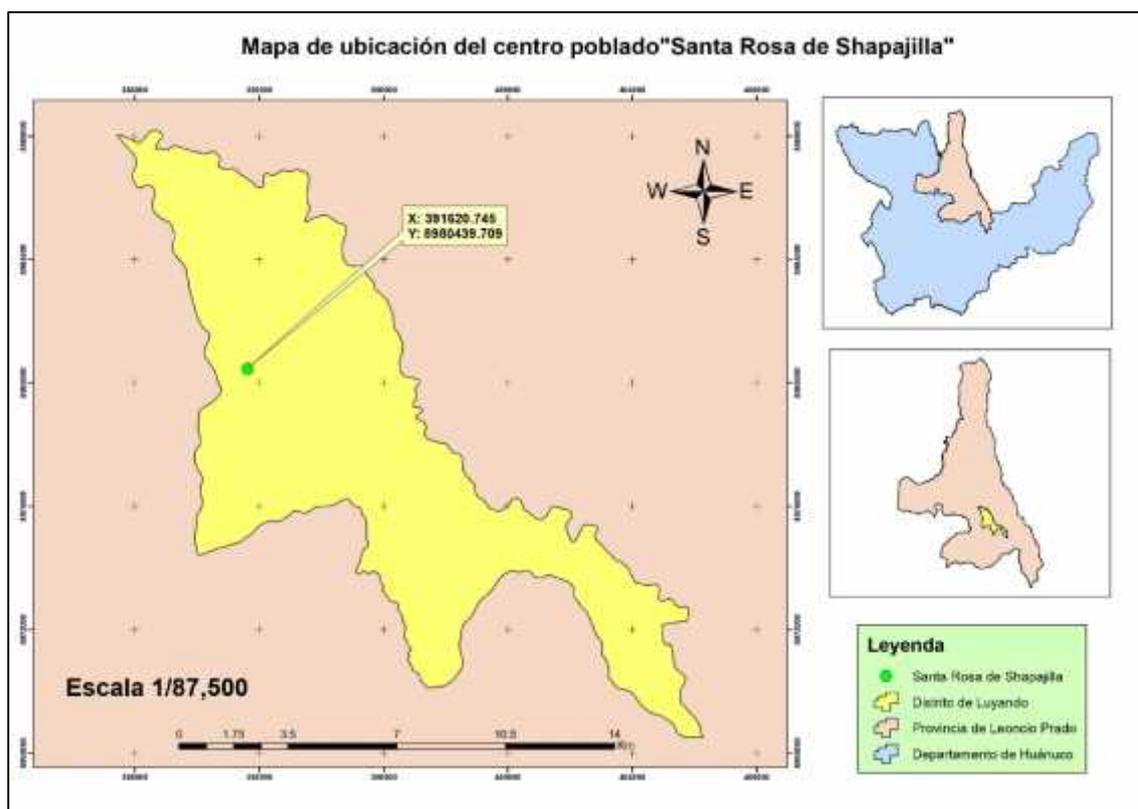


Figura 3. Mapa de ubicación del lugar en estudio.

3.1.3. Clima

Según el Dr. Javier Pulgar Vidal, el clima en la provincia de Huánuco es diferente debido a las diferentes altitudes. Se divide en dos áreas: La selva y la montaña. El clima en la selva es cálido y húmedo.

La provincia de Leoncio Prado tiene un clima tropical, cálido y húmedo caracterizado por cambios de temperatura y precipitaciones.

La precipitación media anual en Leoncio Prado es de 3.179 mm. En 34 años, su precipitación también superó los 3.860 mm.

En invierno los meses con mayor precipitación, son entre noviembre y marzo, pero esta fue interrumpida por una breve sequía entre fines de

diciembre y mediados de febrero. En verano, hay menos precipitaciones, incluso de mayo a octubre.

El territorio pertenece a Rupa Rupa o Área Natural de Bosque Avanzado, con área de vida de bosque tropical de montaña muy húmeda (bmh. Mt.), lo cual es propicio para el crecimiento de abundante vegetación arbórea y arbustiva, así como un clima cálido y húmedo y abundante precipitación en un año. Durante los cinco meses del año, la precipitación media anual fue de 2.905,7 mm.

La humedad relativa mensual promedio es de 85.67%, y su tasa de variación depende de la temporada de lluvias, por lo que la humedad registrada durante la temporada de lluvias es mayor.

La región se caracteriza por la estación seca de junio a julio, que parece ser el resultado del movimiento hacia el norte del viento en esta época del año, arrastrando el aire húmedo durante el día sin encontrar montañas como montañas, no llueve.

En el espacio llamado la selva compuesta por José Crespo y Castillo, Mariano D. Beraún, Rupa Rupa, Luyando, Daniel A. Robles y Hermilio Valdizán, el calor varía mucho y puede alcanzar fácilmente una diferencia de 20°C. Máximo 38 ° C. La temperatura más baja es de 17°C, lo que aumentará el ciclo climático.

El clima en el Alto Huallaga es semihúmedo y la combinación de temperaturas extremadamente altas y precipitaciones eleva el índice de humedad relativa. La humedad relativa promedio fluctúa entre el 80% y el 90%,

y la tasa de cambio corresponde al ciclo de lluvias. Durante la estación seca, se registra el promedio más bajo. (PAT MPLP, 2019)

3.1.4. Elementos climáticos

SENAMHI -DZ10 (2020) menciona en su boletín hidro climático mensual que la región selva – Rupa Rupa, presenta en el mes de setiembre:

- **Temperatura máxima**

Las condiciones de cielo con nubes dispersas y cielo nublado predominaron en cantidad de días iguales, estas condiciones características por condiciones de precipitaciones antes de un evento de friaje. Las temperaturas máximas en la región durante el mes de mayo, para las estaciones meteorológicas de Tingo María y Aucayacu presentaron el valor absoluto de 31 °C.

- **Temperatura mínima.**

Para los dos primeros decadales del presente mes las temperaturas mínimas en la región Selva no tuvieron descensos significativos (comportamiento sobre lo normal), pero a finales del mes se presentaron los descensos ligeramente significativos de la estación de otoño. La temperatura mínima en la región, la estación meteorológica Tingo María presentó el valor absoluto de 18.4 °C y la estación Aucayacu presentó el valor absoluto de 15 °C.

- **Precipitación acumulada.**

Se presentaron precipitaciones más frecuentes en los tres decadales del mes, las precipitaciones más intensas se presentaron en la estación meteorológicas Aucayacu que registró el acumulado mensual de 284.6 mm, esta estación también registró el mayor acumulado diario de 60.8 mm. En la estación de Tingo

María se registró un acumulado mensual de 136.8 mm. Cabe resaltar que en la estación de otoño es una estación de transición donde se van registrando las precipitaciones con acumulados importantes característicos de eventos de friaje. y también se empiezan a registrar la predominancia de días con buen tiempo.

Cuadro 6. Valores promedios y absolutos de temperatura, valores de precipitación de las estaciones meteorológicas correspondientes a la región Selva - Rupa Rupa de Huánuco.

Estación Meteorológica	Alt. (m.s.n.m)	Temperatura Máxima (°C)		Temperatura Mínima (°C)		Precipitación (mm)	
		Media	Absoluta	Media	Absoluta	Acumulado mensual	Máxima diaria
Tingo María	646	30.1	32.1	20.4	18.4	136.8	21.2
Aucayacu	586	30.1	33.0	16.5	15.0	284.6	60.8

3.1.5. Zona de vida

ZEE - HUANUCO (2016), menciona que en la provincia de Leoncio Prado se han determinado Once (11) zonas de vida de los cuales 3 zonas de vida abarcan gran parte de la provincia entre ellos tenemos: el Bosque muy Húmedo Premontano Tropical con un 37.4%, Bosque muy Húmedo Tropical con un 22.0% y el Bosque Húmedo Tropical con un 17.2%. En esta provincia no se encuentra Estepas como zona de vida.

Asimismo, tipifica al distrito de Luyando como una zona de vida de Bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PmT) con régimen climático cambiante.

3.1.6. Relieve

PAT MPLP (2019) nos dice que la provincia de Leoncio Prado por su altitud está ubicada en la Selva Alta o Rupa Rupa, caracterizada por estar ubicada entre los 500 y más de 3500 metros de altitud haciendo de esta una provincia muy variada con gran cantidad de pisos ecológicos que dan cuenta de su riqueza ecológica y su gran diversidad destinada a la productividad así como a la conservación, de esto podemos identificar la altitud de cada una de las capitales las cuales se caracterizan por encontrarse en el eje de la vía paralelo al río Huallaga.

3.1.7. Hidrografía

El distrito está delimitado por los Ríos Huallaga por el Oeste y el Río Tulumayo por el Este las que sirven como vías de transporte fluvial a través de balsas, canoas con motor fuera de borda y como fuente de recurso para la pesca. Otros de los ríos que atraviesan el Distrito, Supte y Shapajilla, los que son afluente del río Huallaga. En los periodos de lluvia las zonas pantanosas y aguajales aumentan sus dimensiones; dificultando el acceso a los caseríos.

3.1.8. Geología

La caracterización geológica comprende a las unidades lito estructurales que dominan el ambiente físico vinculado directamente por el Complejo Marañón del Neoproterozoico sobre el cual se han desplazado formaciones litológicas sedimentarias importantes, así como intrusivos como las dioritas, tonalitas y granodioritas por lo general. Específicamente, en el ámbito de la Provincia de Leoncio Prado, las principales unidades lito estratigráficas y

rocas metamórficas que la caracterizan en si están comprendidas areniscas, lutitas, calizas margas, esquistos y micaesquistos, así como granitos gneisificados y en pocas proporciones conglomerados con areniscas y lodolitas.

En la localidad de Caserío de Santa Rosa de Shapajilla predomina geologicamente depósitos aluviales y fluviales. (PAT MPLP, 2019)

3.1.9. Geomorfología

Para el caso de la provincia de Leoncio Prado, se evidencia unidades de gran paisaje como planicies, colinas y afloramientos rocosos en su mayor proporción y en el Caserío de Santa Rosa de Shapajilla terraza aluvial alta y fluvial baja inundable. La caracterización geomorfológica se basa en aspectos superficiales y el origen de las formas de relieve actual, así como los procesos morfodinámicos más importantes y frecuentes que actualmente modelan el paisaje del ámbito de estudio.

Asimismo, en el aspecto morfológico predomina el paisaje montañoso, con presencia de un valle muy variable en cuanto a longitud en los flancos del Huallaga. (PAT MPLP, 2019)

3.1.10. Accesibilidad

La accesibilidad a la zona es a través de una carretera de concreto desde la ciudad de Tingo María hasta el caserío en la carretera Belaunde.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Planos del caserío Santa Rosa de Shapajilla
- Unidades de encuestas para la población

3.2.2. Equipos

- GPS Garmin 64
- DRONE Phantom 4 Pro V2.0
- Cámara fotográfica LUMIX DMC-LX100P

3.2.3. Herramientas

- Software Arc GIS 10.3
- Software HEC – RAS 4.1

3.3. Metodología

3.3.1. Cálculo del peligro

- **Levantamiento topográfico del terreno**

Se realizó el modelo de elevación digital (MED) mediante un vuelo de DRONE que cubrió toda el área de estudio. La resolución del píxel del MED es de 10 cm, posteriormente se filtraron las alturas de los árboles y viviendas para trabajar la simulación a nivel del terreno.

- **Caudal de inundación**

Debido a la falta de información sobre caudales máximo a nivel de cuenca y por ser el distrito de Luyando un área de estudio pequeño, para el cálculo de inundación se utilizó este procedimiento por conveniencia.

El caudal de inundación se calculó a partir del tiran de altura de inundaciones pasadas, cuyas marcas de referencia se encontraron a base de visitas a viviendas accesibles, donde al momento de inundación fueron las más afectadas del cserio, donde la mayor altura promedio fue de 1.43 m. Las coordenadas de la sección de corte transversal son las siguientes: 391530.48 E y 8980142.49 N hasta 391725.06 E y 8980444.87 N. Se utilizó la ecuación de Manning, considerando un coeficiente de rugosidad de 0.047 para el cauce principal y 0.060 para la zona de desborde (zona con vegetación). Finalmente se sumaron ambos caudales y se introdujeron en el modelo HEC – RAS.

- **Clasificación del peligro en función a la profundidad e inundación**

El peligro se calculó a partir de las profundidades y velocidades de inundación, los rangos de clasificación son los propuestos por INDECI (2011) y se muestran a continuación en el Cuadro 07:

Cuadro 7. Clasificación de la intensidad del peligro y ponderación Saaty respectiva.

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad, del flujo (m ² /s) (inundaciones dinámicas)	Ponderación Saaty
Muy alta	$H > 1.5$ m	$H*V > 1.5$ m	0,503
Alta	0.5 m $< H < 1.5$ m	0.5 m $< H*V < 1.5$ m	0,260
Media	0.25 m $< H < 0.5$ m	0.25 m $< H*V < 0.5$ m	0,134
Baja	0.05 m $< H < 0.25$ m	$H*V < 0.25$ m	0,068
Muy baja	$<0,05$ m	$H*V < 0,25$	0,035

FUENTE: (INDECI, 2011).

3.3.2. Análisis de vulnerabilidades

- Evaluación de la exposición

Para evaluar el nivel de exposición se tomó en cuenta el estudio de Uzielli *et al.*, (2008) quien relaciona la densidad poblacional (Hab/Km²) con el nivel de exposición.

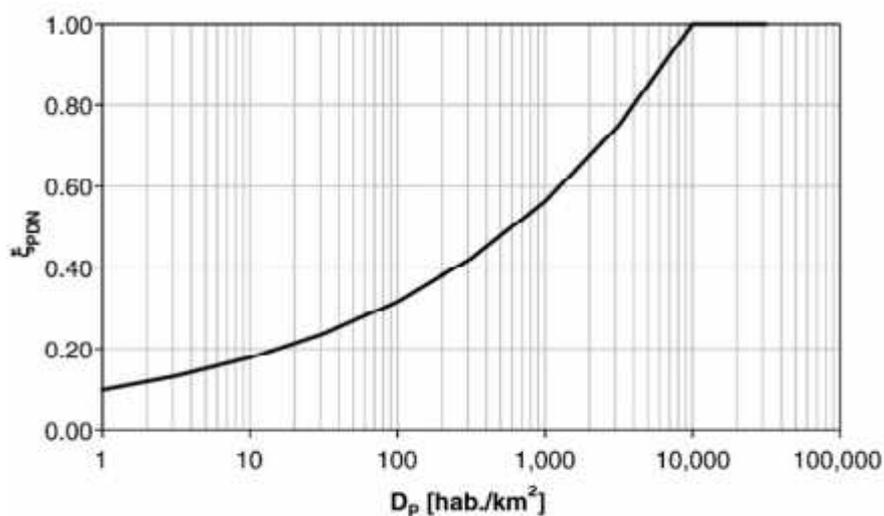


Figura 4. Índice de exposición función a la densidad poblacional.

Cuadro 8. Ponderación Saaty del indicador de exposición.

Densidad Poblacional (Hab/km ²) ¹	Peso
> 3952	0.503
1227 - 3952	0.26
221 - 1226	0.134
19 - 220	0.068
0 - 18	0.035

¹ Rangos adaptados del estudio de Uzielli *et al.*, (2008)

- Evaluación de la fragilidad

Para evaluar la fragilidad se consideraron indicadores que nos informen sobre el grado de “debilidad” que tiene la población en lo material y

personal. Los indicadores y sus pesos respectivos se muestran en el siguiente Cuadro 10.

Cuadro 9. Ponderación Saaty de los indicadores de fragilidad ante inundaciones

Dimensión	Código	Indicador	Peso Saaty
Grupo etario	GE	0 a 5 años y mayores de 65	0,503
		5 a 12 años y de 60 a 65 años	0,26
		12 a 15 años y de 50 a 60 años	0,134
		15 a 30 años	0,068
		30 a 50 años	0,035
Nivel de discapacidad	ND	Dependencia total	0,503
		Dependencia severa	0,26
		Dependencia moderada	0,134
		Dependencia escasa	0,068
		Independencia	0,035
Material de construcción de paredes	MCPa	Esteras	0,503
		Adobe	0,26
		Calamina	0,134
		Madera	0,068
		Ladrillo o bloque de cemento	0,035
Material de construcción del piso	MCPi	Tierra	0,503
		Cemento	0,26
		Losetas, terrazos, cerámicos o similares	0,134
		Parquet o madera pulida	0,068
		Madera	0,035
Estado de la edificación	EE	Muy malo	0,503
		Malo	0,26
		Regular	0,134
		Bueno	0,068
		Muy bueno	0,035

Cuadro 10. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.

Parámetros	Porcentaje
Grupo etario	7,83%
Nivel de discapacidad	38,09%
Material de construcción de paredes	5,90%
Material de construcción del piso	7,00%
Estado de la edificación	41,17%

- Evaluación de la resiliencia

Para la resiliencia se consideraron las dimensiones e indicadores que se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 11. Ponderación Saaty de los indicadores de resiliencia ante inundaciones.

Dimensión	Código	Indicador	Peso Saaty
Grado de instrucción	GI	Inicial o ninguno	0,503
		Primaria incompleta	0,26
		Secundaria completa	0,134
		Superior no culminada	0,068
		Superior finalizado	0,035
Ingreso Familiar	IF	Menor del sueldo mínimo	0,503
		De 930 a 1500 soles	0,26
		De 1501 a 2200 soles	0,134
		De 2201 a 2860 soles	0,068
		Mayor a 2860 soles	0,035
Actitud frente al riesgo	AFR	Actitud fatalista	0,503
		Actitud escasamente previsoras	0,26
		Actitud parcialmente previsoras sin acción	0,134
		Actitud parcialmente previsoras con acción	0,068
		Actitud previsoras	0,035
Tipo de seguro afiliado	TSA	Ninguna	0,503
		SIS	0,26
		ESSALUD	0,134
		FFAA - PNP	0,068
		Privado	0,035
Tenencia de la propiedad	TP	Otro	0,503
		Cedida por el trabajo y/o institución	0,26
		Alquilada	0,134
		Propia por invasión	0,068
		Propia, pagándola a plazos y/o pagada	0,035

Cuadro 12. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.

Parámetros	Porcentaje
Grado de instrucción	4,11%
Ingreso Familiar	43,95%
Actitud frente al riesgo	11,29%
Tipo de seguro afiliado	6,92%
Tenencia de la propiedad	33,74%

- Cálculo de la vulnerabilidad

Para el cálculo de vulnerabilidad se utilizó el plano catastral oficial del distrito de Luyando, facilitado por el área de catastro de la municipalidad distrital de Luyando. donde se calcularon por lotes obviándose invasiones o zonas no catastradas.

La vulnerabilidad se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Exposición} = \sum WE_i \times IE_i$$

$$\text{Fragilidad} = \sum WF_i \times IF_i$$

$$\text{Resiliencia} = \sum WR_i \times IR_i$$

Donde WE_i , WF_i y WR_i son los pesos de los i – ésimos indicadores de exposición, fragilidad y resiliencia y IE_i , IF_i y IR_i son los los i – ésimos indicadores de exposición, fragilidad y resiliencia.

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{Exposición} + \text{Fragilidad} + \text{Resiliencia}) / 3$$

3.3.3. Estimación de los niveles de riesgo

Según la ley N°29664 mediante el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Se utilizó la raíz cuadrada para que el resultado de multiplicar peligro y vulnerabilidad se mantenga dentro de los rangos del CENEPRED.

Cuadro 13. A partir del cálculo de riesgo, se caracteriza el mismo a partir de los rangos mostrados.

Calificación	Rango
Riesgo Muy Alto	0.068 R < 0.253
Riesgo Alto	0.018 R < 0.068
Riesgo Medio	0.005 R < 0.018
Riesgo Bajo	0.005 R < 0.018

FUENTE: CENEPRED (2015)

Cuadro 14. Descripción de los niveles de riesgo

Niveles de riesgo	Descripción	Implicancias de Ordenamiento Territorial
Riesgo Muy Alto	Las personas corren peligro tanto dentro como fuera de la casa. La posibilidad de daños repentinos en edificios y / o casas es alta. Estos eventos aparecen con una intensidad relativamente débil, pero aparecen con una frecuencia alta o una intensidad fuerte. En este caso, las personas que se encuentran fuera del edificio están en peligro.	Área restringida, no apta para instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. Las áreas construidas pueden protegerse mediante importantes trabajos de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal. Medidas estructurales para reducir el riesgo.
Riesgo Alto	Las personas corren peligro fuera del edificio, pero hay poco o ningún peligro dentro del edificio. Siempre que el método de construcción del edificio sea adecuado para las condiciones del sitio, el edificio debe destruirse, pero no puede destruirse repentinamente.	Zona de reglamentación, siempre que se sigan las regulaciones apropiadas de ocupación de tierras y estándares de construcción, se puede restringir la expansión del área y la densificación de la zona de control de asentamientos humanos. Los edificios existentes que no cumplan con la normativa deben ser reforzados, protegidos o desalojados y reubicados.

Riesgo Medio	<p>El daño a las personas es regular. El edificio puede sufrir daños moderados o leves, pero el interior del edificio puede sufrir daños graves.</p>	<p>Zona de sensibilización, aplicable a los asentamientos humanos en la que las personas deben ser muy conscientes de la ocurrencia de tales peligros a un nivel moderado e improbable para comprender y aplicar las reglas de conducta adecuadas ante el peligro.</p>
Riesgo Bajo	<p>El grado de daño a las personas y sus intereses económicos es muy pequeño, y la posibilidad de que ocurra es extremadamente pequeña.</p>	<p>Una zona de conciencia aplicable a los asentamientos humanos en la que los usuarios de la tierra deben ser conscientes de peligros extremadamente improbables para que puedan conocer y adoptar normas de conducta adecuadas para hacer frente a tales peligros.</p>

FUENTE: CENEPRED (2015)

IV. RESULTADOS

4.1. Peligro de inundación

4.1.1. Modelo de elevación digital del Terreno

Se realizó el levantamiento del terreno con un Drone, cuya resolución de píxel fue de 10 cm.

4.1.2. Caudal de inundación

El flujo se determina de acuerdo con la altura de la inundación en las casas residenciales en el pasado, la altura es de aproximadamente 1,43 metros.

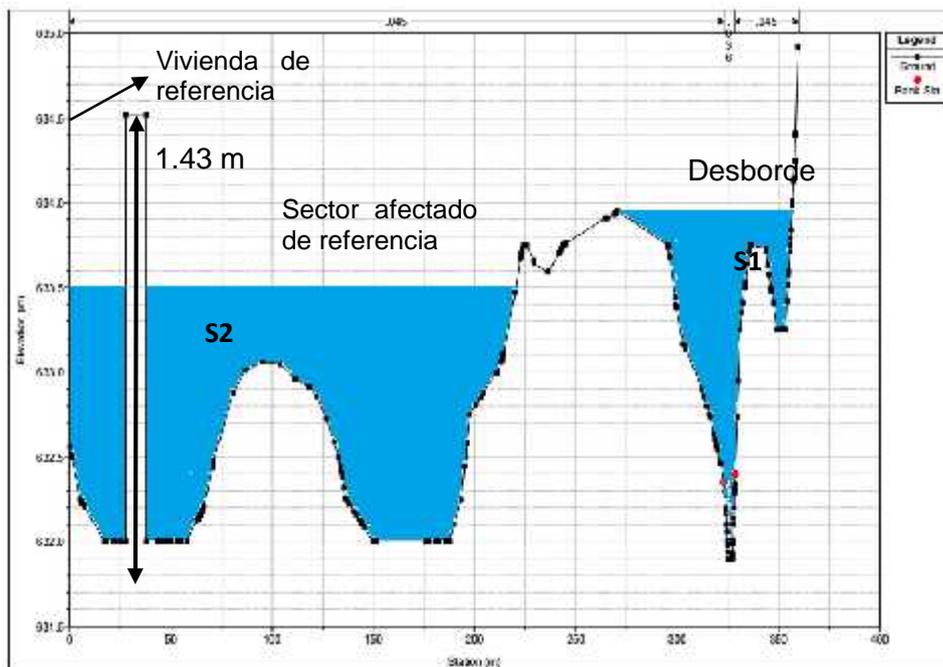


Figura 5. Sección transversal para el cálculo del caudal de inundación a partir de alturas de referencia de inundaciones pasadas.

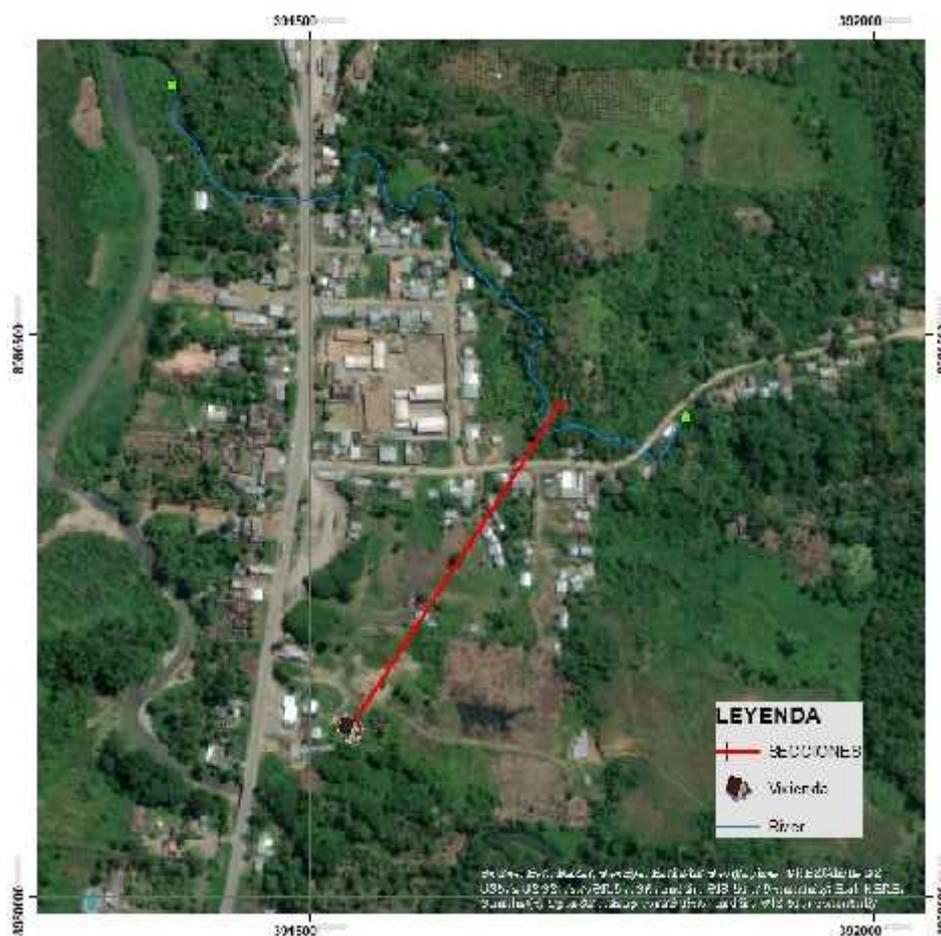


Figura 6. Sección de corte transversal

Cuadro 15. Cálculo del caudal de inundación a partir de la ecuación de Manning, tomando como referencia las alturas de inundaciones pasadas

	P (m)	A (m ²)	S (m/m)	n	Q (m ³ /s)
Sector inundado 1	441,42	186,32	1,98E-03	0,047	99,26
Sector inundado 2	276,77	76,21	1,98E-03	0,060	23,92
Caudal total					123,18

Según los resultados de la modelación HEC – RAS, las profundidades de inundación alcanzan hasta los 3,38 m de altura. Las relaciones de lotes expuestos a diferentes profundidades se muestran en el Cuadro 15.

4.1.3. Profundidades y velocidad de inundación en los lotes afectados

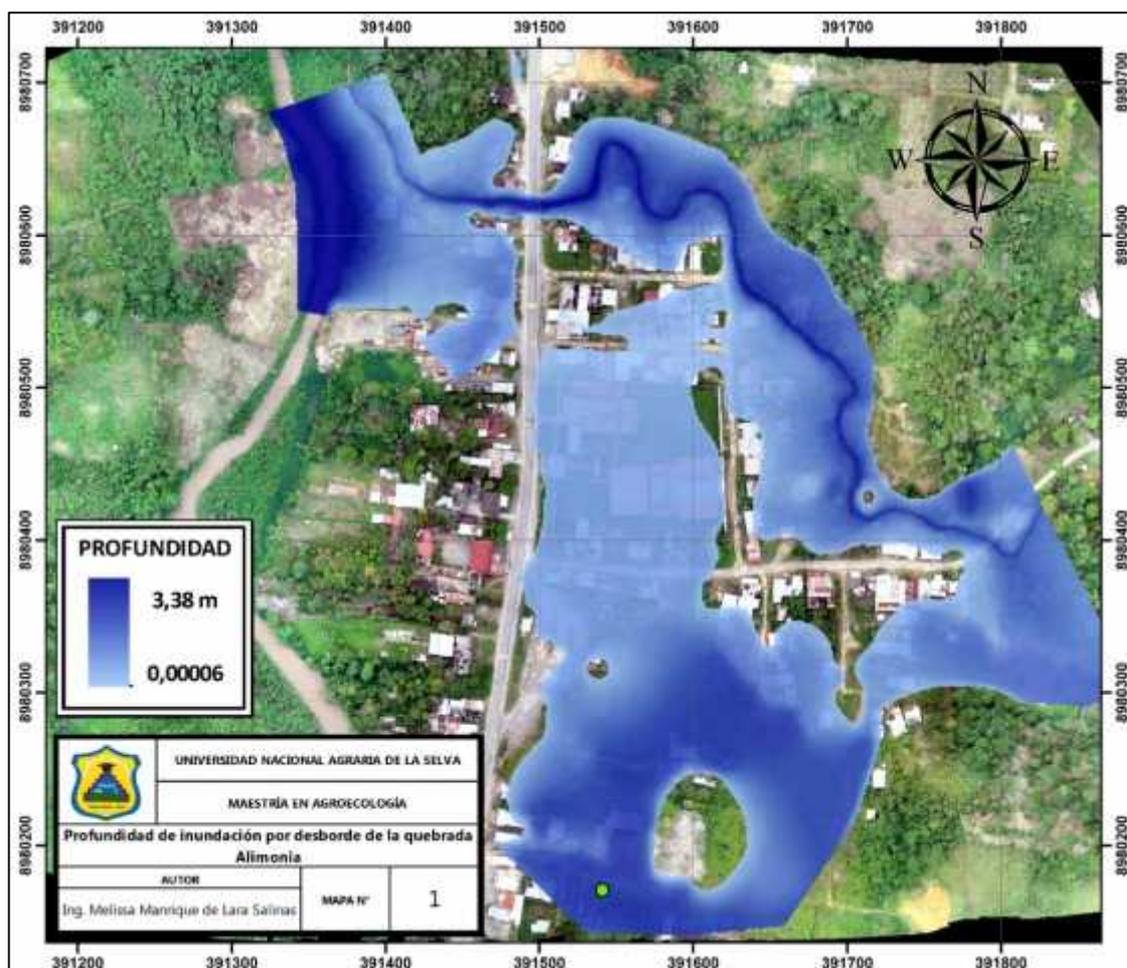


Figura 7. Profundidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia

Cuadro 16. Conteo y porcentaje de lotes expuestos a diferentes profundidades de inundación.

Profundidad de inundación	Lotes	%
De 0 a 25 cm	40	21,5%
De 25 cm a 50 cm	33	17,7%
De 50 cm a 1,5 m	87	46,8%
Mayor a 1,5 m	26	14,0%

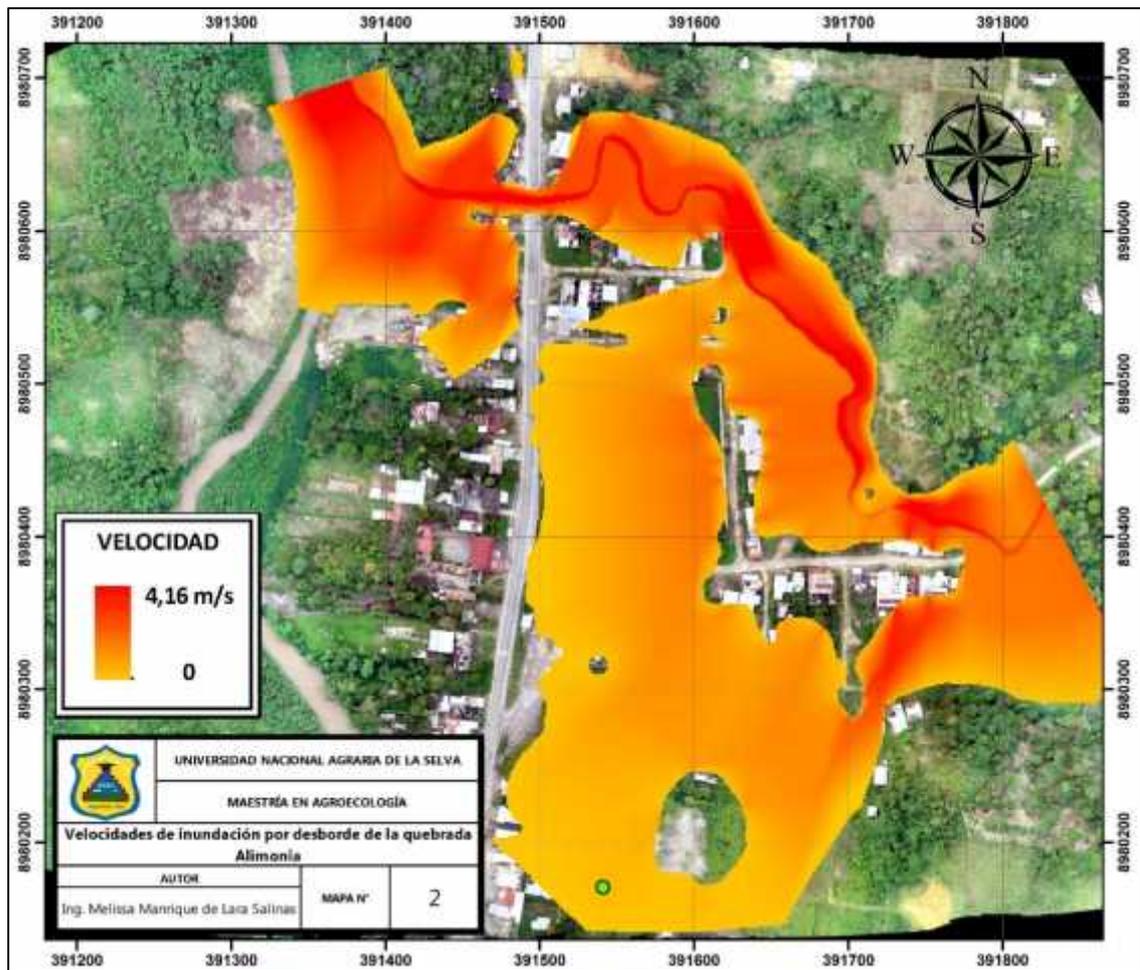


Figura 8. Velocidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia.

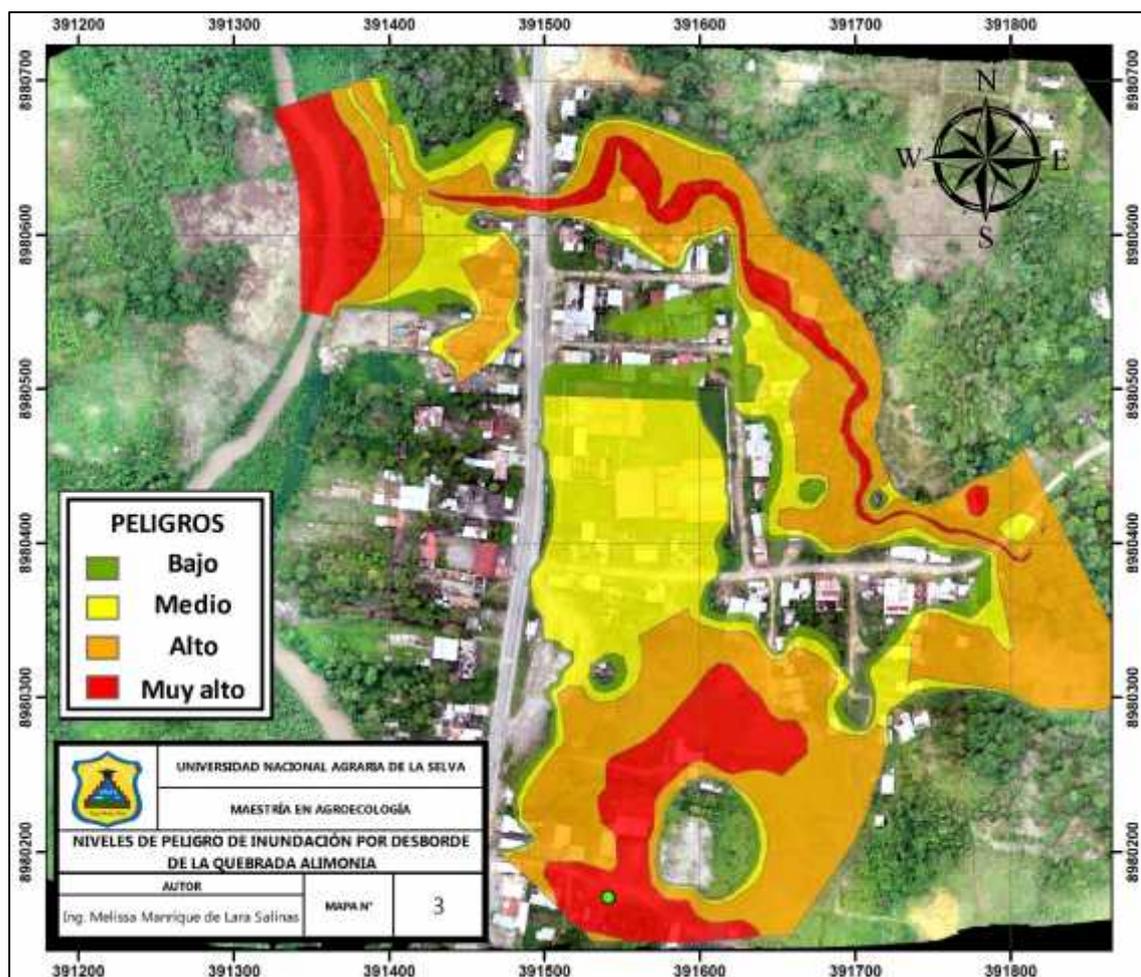


Figura 9. Niveles de peligro de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el Caserío Santa Rosa de Shapajilla

Cuadro 17. Análisis de los lotes afectados por la inundación.

Niveles de peligro	Lotes	% de lotes
Bajo	34	18,9%
Medio	33	18,3%
Alto	87	48,3%
Muy alto	26	14,4%
Total	180	100,0%

La cantidad de lotes afectados por la inundación ascienden a 180, los cuales se encuentran en las categorías de peligro bajo, medio, alto y muy alto en un 18,9%, 18,3%, 48,3% y 14,4% respectivamente.

4.2. Vulnerabilidad

4.2.1. Exposición

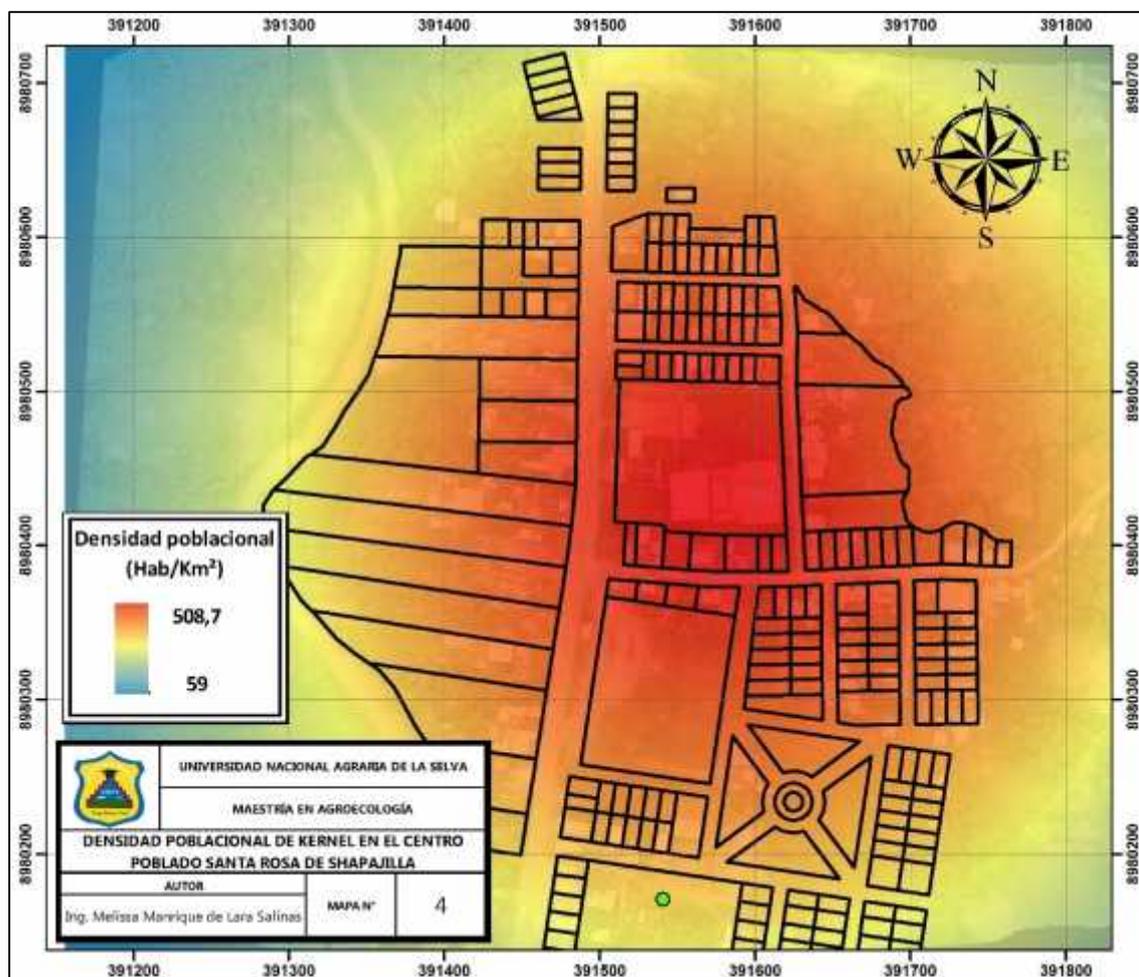


Figura 10. Densidad poblacional de Kernel para el cálculo de la exposición.

A partir del método Kernel, se calculó la densidad poblacional en el caserío Santa Rosa de Shapajilla para el cálculo de nivel de exposición. En la Figura 10 podemos ver que la densidad poblacional se concentra en el centro de la zona de estudio, siendo esto coherente ya que allí están presentes la mayor cantidad de viviendas.

4.2.2. Fragilidad

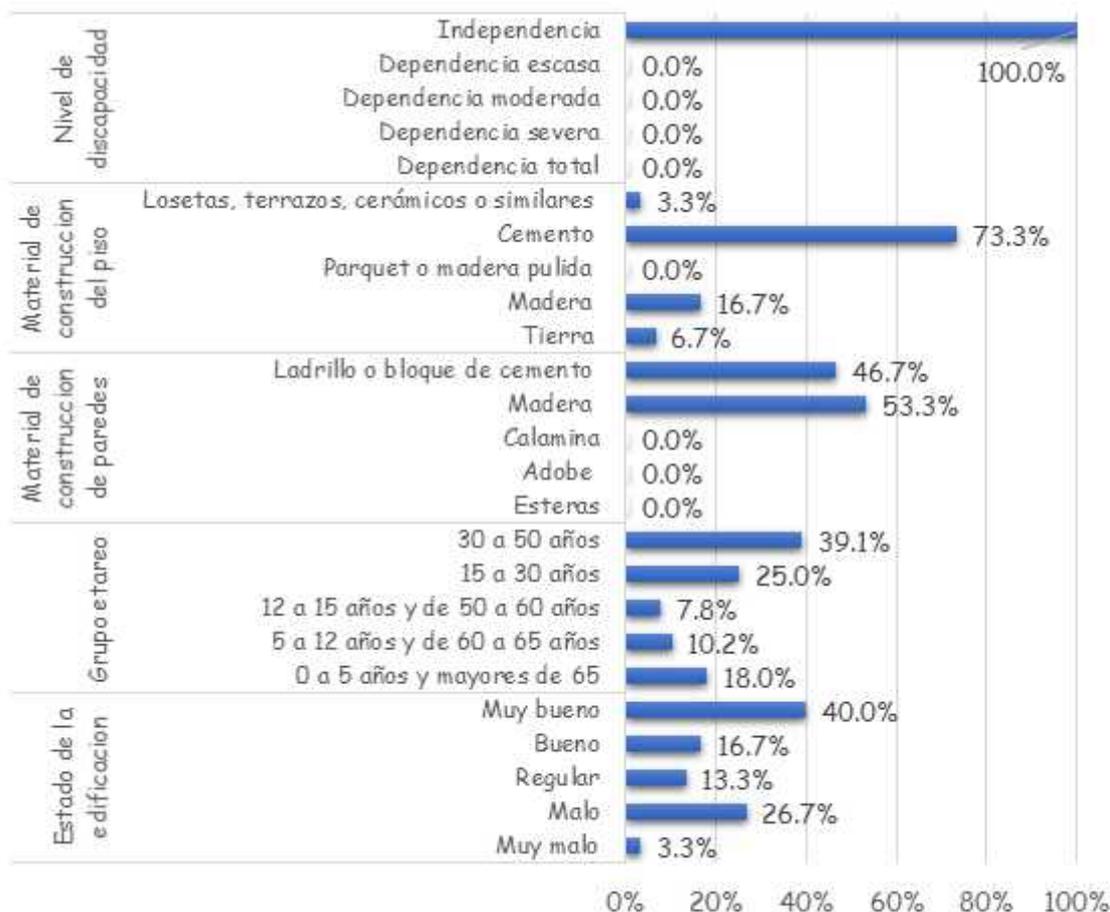


Figura 11. Indicadores de fragilidad ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia en el caserío “Santa Rosa de Shapajilla”

Los resultados generales del análisis de la fragilidad se muestran en la Figura 11. En las encuestas no se encontraron personas con alguna discapacidad, por ello el 100% resulto independiente para sus actividades, El material de construcción de los pisos es en mayor proporción de cemento (73.3%), con respecto a las paredes, aproximadamente la mitad de ellas es de cemento y la otra mitad de madera; el grupo etario con mayor porcentaje son personas de 30 a 50 años (39.1%), el grupo etario más vulnerable (de 0 a 5 años y mayores de 65) representan solo un 18%. Finalmente, el estado de edificación

de las viviendas es en su mayoría muy bueno (40%) y en menor proporción los muy malos (3.3%).

4.2.3. Resiliencia

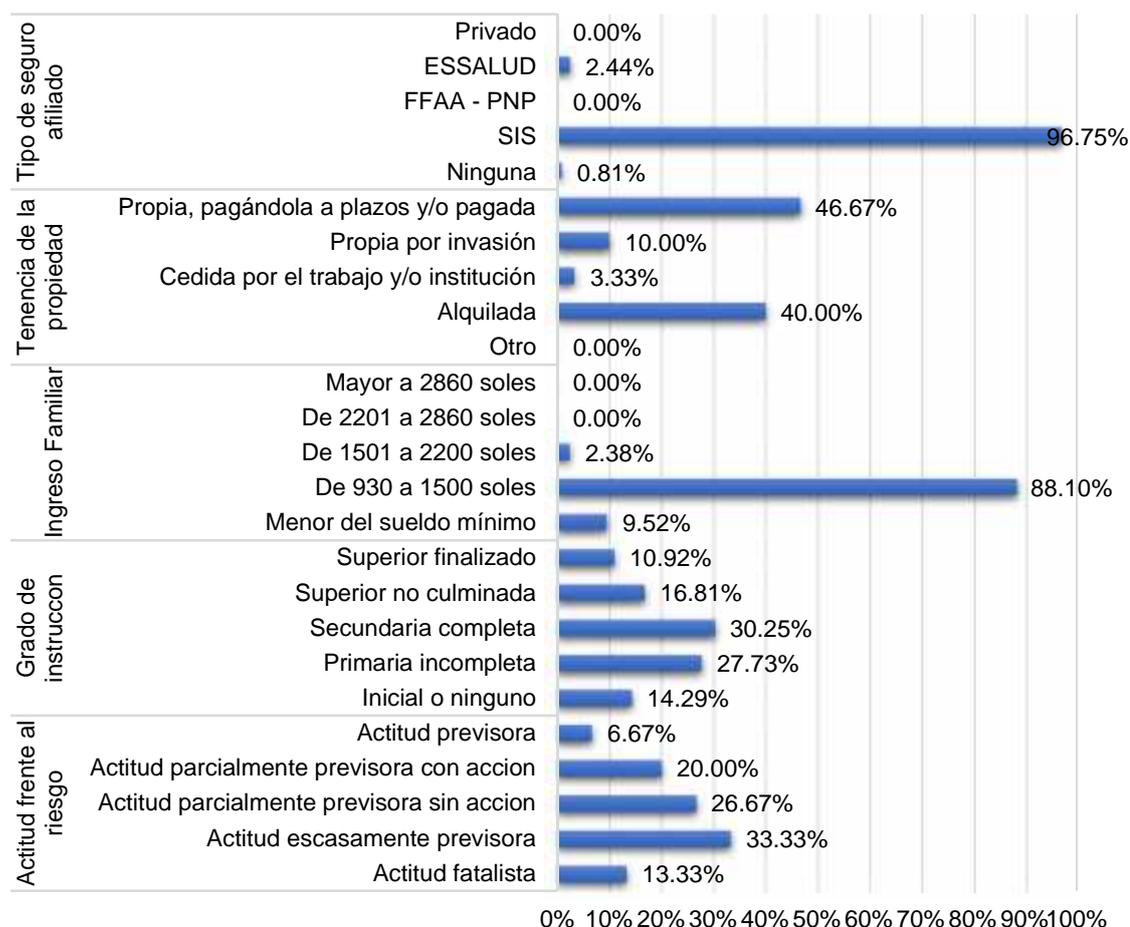


Figura 12. Indicadores de resiliencia ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

Los resultados generales de la resiliencia se muestran en la Figura 12. Los resultados muestran que 96.75% de la población tiene SIS, 40% vive alquilado, el 46.67% tiene vivienda propia, el 88.10% tiene un ingreso familiar de 930 a 1500 soles en mayor proporción, el grado de instrucción alcanzado es de

secundaria completa (30.25%) y la tercera parte de la población, posee una actitud escasamente previsoría.

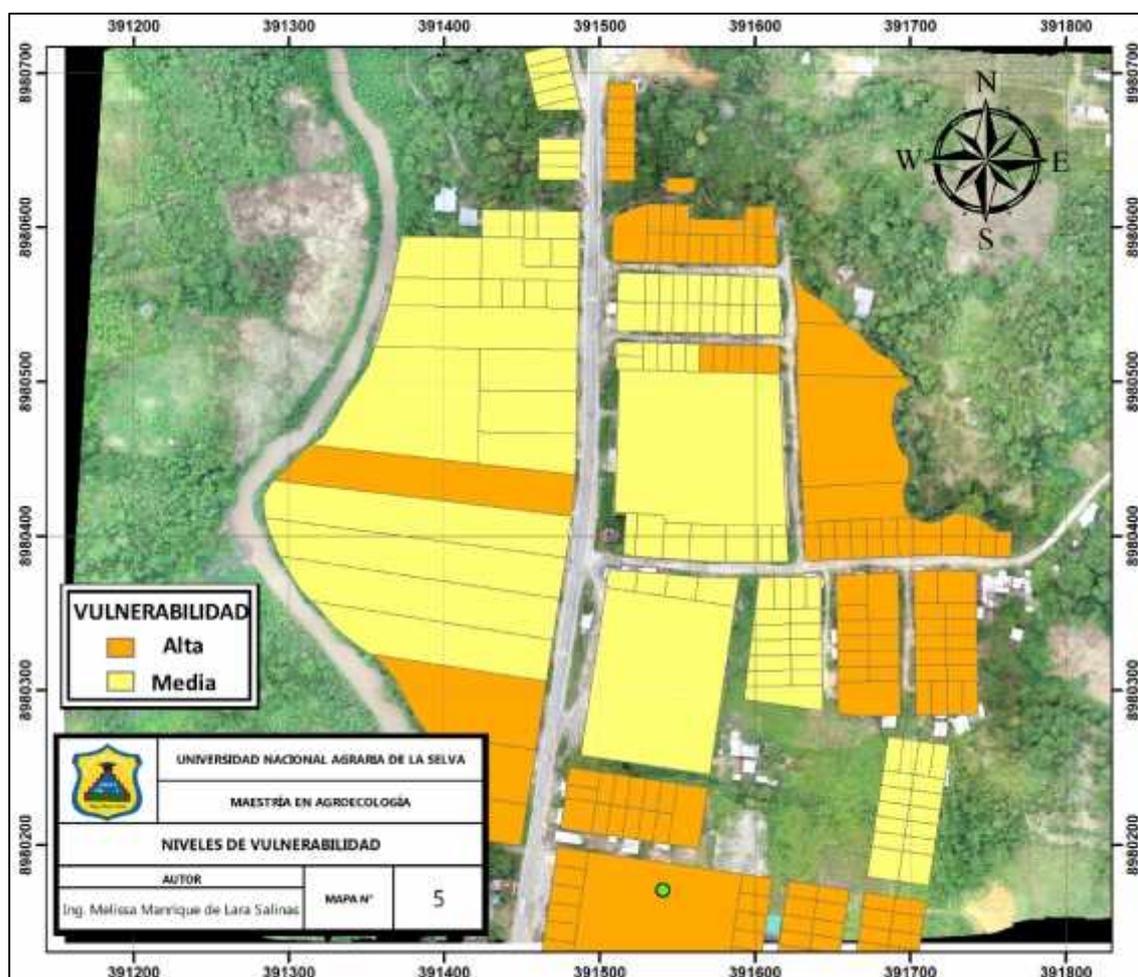


Figura 13. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla

Cuadro 18. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

Niveles de vulnerabilidad	Lotes	% de lotes
Alta	142	58,7%
Media	100	41,3%
Total	242	100,0%

Los lotes identificados por el plano catastral facilitado son 242, los cuales se encuentran en las categorías niveles de vulnerabilidad de medio a alto en 41.3% y 57.7% respectivamente.

4.3. Riesgos

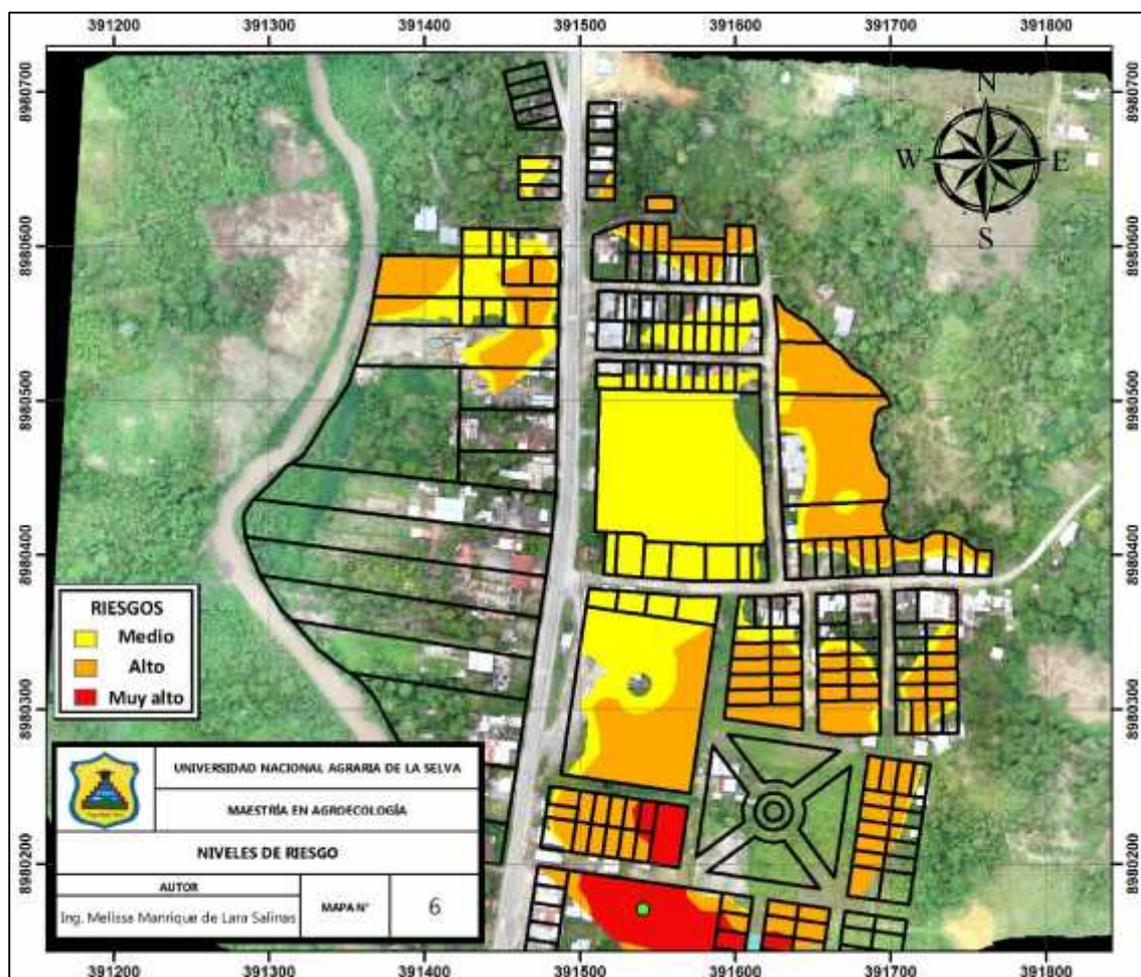


Figura 14. Niveles de riesgos de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el caserío Santa Rosa de Shapajilla

Cuadro 19. Niveles de riesgo en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

Niveles de riesgo	Lotes	% de lotes
Alto	107	60,3%
Medio	55	30,5%
Muy alto	18	9,2%
Total	180	100,0%

V. DISCUSIÓN

5.1. Peligros de inundación

El peligro está relacionado con el nivel de daño que puede causar un determinado fenómeno. En el cálculo del peligro, la metodología CENEPRED (2015) permite al evaluador determinar el peligro a partir de factores condicionantes y desencadenantes, sin embargo, a la hora de calcular el nivel de peligro, según LIND *et al.*, (2004) los parámetros más importantes son las características de la inundación misma, otros parámetros son considerados como secundarios y solo son útiles cuando no se conocen las características de la inundación como la profundidad, velocidad, energía cinética, etc. Por estas razones, el presente trabajo de investigación utilizó los parámetros de velocidad y profundidad de inundación para calcular el peligro, siguiendo los mismos rangos propuestos por INDECI (2011).

Los rangos propuestos por INDECI (2011) para caracterizar los niveles de peligro por inundación, tomando en cuenta la velocidad y profundidad de inundación, se muestran en el Cuadro 2, estos rangos coinciden con la Guía para el análisis y la cartografía de los riesgos de inundación de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de los Estados Unidos.

Las profundidades de inundación del presente estudio alcanzan hasta 3,38 m de altura en la simulación con un caudal máximo estimado de

123,18 m³/s, comparándolo con el estudio de TAPULLIMA (2018) la profundidad de inundación alcanzada es de 3,72 m con un caudal de 134,18 m³/s. Las profundidades son similares ya que ambas zonas son próximas y presentan características similares.

Los lotes afectados por el desborde de la quebrada Alimonia en el presente estudio son 180, debido a la baja densidad poblacional del caserío en comparación con las 262 familias en el estudio realizado por TUESTA (2018) en la que se analiza el desborde del río Huallaga.

5.2. Vulnerabilidades del caserío.

Con respecto al nivel de exposición, la densidad poblacional de Santa Rosa de Shapajilla es de 59 a 508,7 Hab/Km² y según los rangos propuestos de UZIELLI *et al.*, (2008) a esta densidad se le considera un nivel de exposición medio.

Con respecto a la fragilidad física, existe un 26.7% de viviendas que se encuentran en un mal estado, un 53,3% de las viviendas tiene paredes de madera y un 23.4% tienen pisos de tierra y cemento. Con respecto a la fragilidad de las personas se encontró que el 100% de la muestra indicó que no tiene discapacidades en cuanto al nivel de dependencia física, sin embargo, el 18% de la población son personas menores de 5 años y mayores de 65, esta cohorte es altamente vulnerable Según SURIYA y MUDGAL (2012) la forma correcta de evaluar la fragilidad es considerando tanto el ámbito físico como humano, en ese sentido, la Fragilidad evaluada en este estudio, consideró ambos elementos. Por otra parte, la razón de consistencia del Análisis Jerárquico

resultado menor al 10% y según AGUARON Y MORENO-JIMÉNEZ (2003) si la RC es menor a 0,1 se puede afirmar que los pesos asignados son consistentes.

Con respecto a la resiliencia el 88,10% de la población afirma que sus ingresos son menores a 1500 soles y un 9.52% afirma que vive con ingresos menores al sueldo mínimo, estos niveles económicos hacen que sea muy difícil la recuperación ante un eventual daño de la vivienda o a las personas debido a las inundaciones, sin embargo, un 96.75% afirma que se encuentra afiliado al SIS, lo que significa que en caso de daños a la persona, esta tiene un lugar a donde acudir, aunque como sabemos el SIS presenta muchas deficiencias de atención. También se analizó la actitud frente al riesgo y el grado académico, considerando que ambos factores puedan explicar el nivel de respuesta ante una inundación. Los resultados muestran que el 46.7% de la población posee una actitud ante el riesgo fatalista y escasamente previsoría y el nivel de educación en el 42% es de inicial o primaria completa. Estos resultados son indicadores que muestran la necesidad de un plan de educación y prevención ante el riesgo.

Por estas razones, los niveles de vulnerabilidad en Santa Rosa de Shapajilla fueron de medios a altos, en 4.13% y 57.7% respectivamente.

5.3. Riesgos de inundación

De los 180 lotes construidos afectados por la inundación 107 presentan riesgo medio, 55 presentan riesgo alto y 18 presentan riesgos muy altos. Según el estudio de ZHAI *et al.*, (2003) existe una relación entre la probabilidad de heridos y muertos en función del número de lotes afectados por inundación. Para 180 lotes, existe una probabilidad máxima del 31.34% de que

al menos una persona resulte herida y una probabilidad máxima de 9.72% de que al menos una persona resulte muerta.

Los riesgos encontrados en el estudio de TAPULLIMA (2018) son de alto y muy alto en 12.44% y 87.56% del área de estudio respectivamente. Lo cual es ligeramente similar a las proporciones de nuestro estudio.

VI. CONCLUSIÓN

Para el peligro de inundación, la cantidad de lotes afectados asciende a 180, los cuales se encuentran en las categorías de peligro bajo, medio, alto y muy alto en un 18,9% (34), 18,3% (33), 48,3% (87) y 14,4% (26) respectivamente.

En los niveles de vulnerabilidad en el caserío, se encontró que 58,7% (142) de los lotes tiene una vulnerabilidad alta, 41,3% (100) de los lotes tienen una vulnerabilidad media.

En los niveles de riesgo, de los 180 lotes construidos afectados por la inundación 107 (60,3%) presentan riesgo medio, 55 (30,5%) presentan riesgo alto y 18 (9,2%) presentan riesgos muy altos.

VII. RECOMENDACIONES

- Para calcular con mayor exactitud los caudales máximos, trabajar con más estaciones meteorológicas de mayor cercanía, y realizar un análisis geoespacial para interpolación de este parámetro,
- La identificación del peligro usando la metodología CENEPRED, en caso de usar la simulación HEC – RAS, solo tomar las profundidades de inundación y velocidades como determinantes del peligro y de acuerdo con diferentes niveles de profundidad – velocidad, establecer ponderaciones con la matriz SAATY.
- Para el análisis de vulnerabilidades se recomienda que el mismo se realice a nivel de manzanas o sectores, y en el mejor de los casos a nivel de lotes ya que de esta manera se podrá tener una idea más clara de los riesgos presentes en la zona de estudio.
- Sensibilizar a la población con temas ambientales (residuos sólidos y conservación de sus recursos) y riesgo por inundaciones, ya que en su mayoría la población mostró desinterés para el trabajo de prevención y manejo de riesgo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUARÓN, J., & MORENO-JIMÉNEZ, J. M. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European journal of operational research*, 147(1), 137-145.
- CASEY, M. (5 de Marzo de 2015). Global cost of flooding to increase tenfold by 2030. Obtenido de CBS News: <https://www.cbsnews.com/news/global-cost-of-flooding-to-increase-tenfold-by-2030/>
- CENEPRED. (2015). Manual para la evaluación de riesgos de origen natural (2). Lima: NEVA STUDIO S.A.C.
- CRED. (2015). The human cost of natural disasters: A global perspective. Centre of Research on the Epidemiology of Disasters.
- DIRESA (2018). IPRESS según categoría y quintil. Oficina de Informática, Telecomunicaciones y Estadística. Huánuco - Perú. 11p.
- GARCÍA, V., ABRAMONTE, J., ANGÚLO, R. D., & FERRER, L. (2012). Análisis Situacional de Salud de Santa Rosa de Shapajilla. Ministerio de Salud. Tingo María: Puesto de Salud Santa Rosa de Shapajilla.
- GOBIERNO REGIONAL DE HUÁNUCO. (2016). Estudio: Zonificación Ecológica Económica Base para el ordenamiento territorial de la Región Huánuco. Huánuco, Perú. 260p.

- INDECI. (2011). Manual de estimacion del riesgo ante inundaciones fluviales. Lima - Perú.
- ISDR. (2011). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reduccion de Riesgos de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR).
- LIND, N., HARTFORD, D., & ASSAF, H. (2004). Hydrodynamic models of human stability in a flood. AWRA Journal of the American Water Resources Association, 40(1), 89-96.
- MINAM. (2016). Objetivos del Desarrollo Sostenible e Indicadores. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Investgación e Información Ambiental . Lima: Viceministerio de Gestión Ambiental.
- MINAGRI. (2012). Principales cultivos agricolas en la provincia de Leoncio Prado. Proyecto Especial Alto Huallaga - Direccion de medio ambiente y desarrollo productivos. Tingo María - Peru.
- MINEDU. (2019). Censo Escolar 2017, servicios educativos. Estadística de la Calidad Educativa. <http://escale.minedu.gob.pe/padron-de-ieee>.
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO. (2019). Plan de Acondicionamiento Territorial provincia de Leoncio Prado 2020-2040. Tingo María, Perú. 502p.
- SENAMHI. 2020. Boletín Hidroclimático mensual. Dirección Zonal 10 – Huánuco, Perú. Boletín Técnico nº09. 13p.

- SURIYA, S., & MUDGAL, B. V. (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed – A case study. *Journal of Hydrology*, 412, 210-219.
- TAPULLIMA, J. 2018. Analisis de riesgo por inundación en la cuenca del río Supte chico mediante modelamiento geoespacial. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 191p.
- TUESTA, J. 2018. Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo por inundación del río Huallaga en la ciudad de Tingo Maria en un entorno SIG. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 107p.
- UZIELLI , M., NADIM, F., LACASSE, S., & KAYNIA, A. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology*, 102(3), 251-256.
- ZHAI, G., Fukuzono, T., & Ikeda, S. (2006). An empirical model of fatalities and injuries due to floods in Japan. *Journal of the American Water Resources Association*, 42(4), 863-875.

ANEXOS

ANEXO 01. CUADROS UTILIZADOS.

Cuadro 20. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de fragilidad.

	GE	ND	MCPa	MCPi	EE
GE	1,000	1/9	2,000	1,500	1/7
ND	9,000	1,000	4,000	5,000	1,000
MCPa	1/2	1/4	1,000	1/1,5	1/7
MCPi	1/1,5	1/5	1,500	1,000	1/6
EE	7,000	1,000	7,000	6,000	1,000

Cuadro 21. Cálculo de la razón de consistencia para la fragilidad.

Vector Priorización	Vector Suma ponderada	max	Índice de consistencia	Razón de consistencia
0,078	0,402	5,139		
0,381	2,084	5,470		
0,059	0,299	5,066	0,052	0,046
0,070	0,356	5,077		
0,412	2,174	5,280		

Cuadro 22. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de resiliencia

	GI	IF	AFR	TSA	TP
GI	1,000	1/7	1/3	1/2	1/9
IF	7,000	1,000	5,000	4,000	3,000
AFR	3,000	0,200	1,000	3,000	1/5
TSA	2,000	0,250	0,333	1,000	1/7
TP	9,000	0,333	5,000	7,000	1,000

Cuadro 23. Cálculo de la razón de consistencia para la resiliencia

Vector Priorización	Vector Suma ponderada	max	Índice de consistencia	Razón de consistencia
0,041	0,214	5,199		
0,440	2,580	5,871		
0,113	0,599	5,307	0,102	0,091
0,069	0,347	5,017		
0,337	1,902	5,638		

ANEXO 2. MAPAS Y PLANOS

Figura15. Imagen aérea tomada por el Drone.



Figura 16. Visualización 3D a partir del modelo de elevación digital generado por el Drone

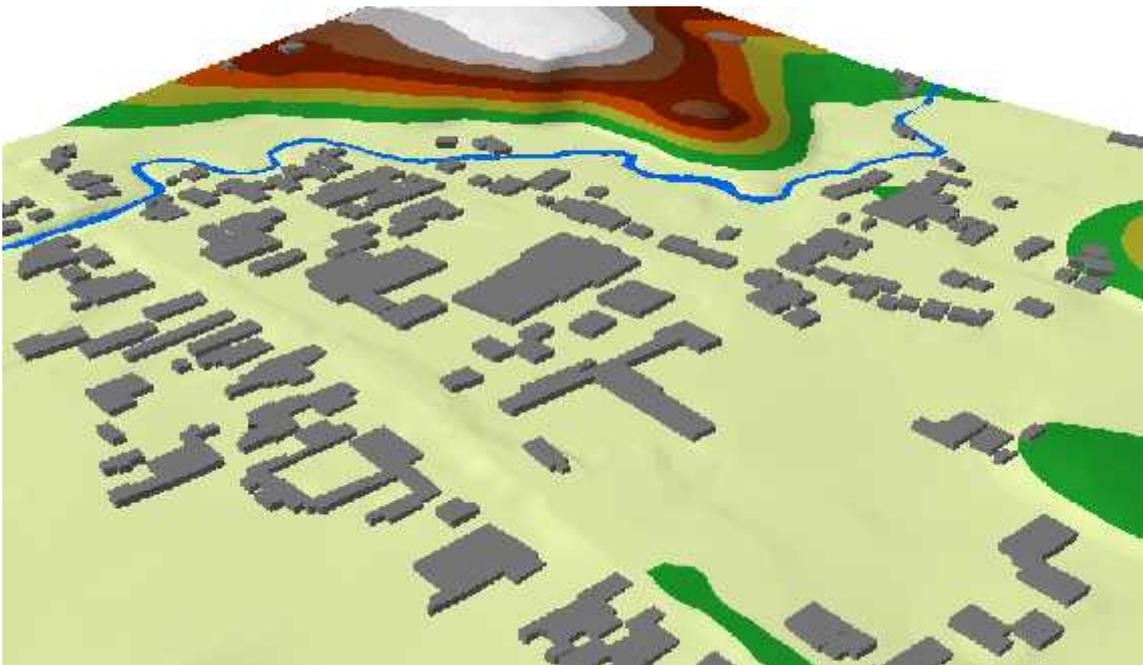


Figura 17. Visualización 3D a partir del modelo de elevación digital generado por el Drone procesado en ArcGIS, considerando solo el nivel del terreno y las viviendas construidas.

ANEXO 2. PANEL FOTOGRAFICO

Figura 18. Drone PHANTON 4 Pro utilizado para el levantamiento fotográfico.



Figura 19. Elevación del Drone para iniciar el trabajo de tomar fotografías aéreas de la zona de estudio.



Figura 20. Manejo de Drone, con el controlador para no perder la conectividad.



Figura 21. Ejecución de las encuestas a los pobladores del caserío de estudio.

ANEXO 1: ENCUESTA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL



Buen día estimado(a) señor(a) residente del caserío "Santa Rosa de Shapajilla"

El tratamiento de los datos que aquí figuren será confidencial y únicamente con fines de investigación, por lo que no se facilitarán a ninguna persona u organización ajena a la misma. La participación es totalmente con fines de investigación, por lo que le rogamos la máxima sinceridad. Gracias.

INFORMACIÓN SOCIECONÓMICA

1. Grupos etarios

En su familia ¿Cuántas personas tienen ...	Cantidad	
	M	H
...de 0 a 5 años y mayores de 65 años?		
...de 5 a 12 años y de 60 a 65 años?		
...de 12 a 15 años y de 50 a 60 años?		
...de 15 a 30 años?		
...de 30 a 50 años?		

2. Grado de instrucción

El grado de instrucción educativa es	Cantidad
Inicial o ninguno	
Primaria completa	
Secundaria completa	
Superior no culminado	
Superior finalizado	

3. Ingreso económico (Total)

Ingreso familiar	Cantidad		
	M1	M2	M3
Menor del sueldo mínimo			
De 930 a 1500 soles			
De 1501 a 2200 soles			
De 2201 a 2860 soles			
Mayor a 2860 soles			

4. Actitud frente al riesgo

¿Ha tomado Ud. alguna medida de prevención ante una inundación? ¿Sabría qué hacer? SI _____ NO _____

Si su respuesta es SI, ¿Cuáles son esas medidas de prevención? ¿Qué haría?

5. Tipo de seguro de salud

Tipo de seguro afiliado	Cantidad
Ninguna	
SIS	
ESSALUD	
FFAA - PNP	
Privado	

6. Tipo de tenencia de la vivienda

Régimen de tenencia	Check
Otro	
Cedida por el trabajo y/o institución	
Alquilada	
Propia por invasión	
Propia, pagándola a plazos y/o pagada	

7. Discapacidad:

Capacidades	Descripción	Marcar
Comer	incapaz	
	necesita ayuda	
	independiente (la comida está al alcance de la mano)	
Aseo personal	necesita ayuda con el aseo personal	
	independiente	
Para sus necesidades	dependiente	
	necesita ayuda	
	independiente	
Para bañarse	dependiente	
	independiente para bañarse o ducharse	
Desplazarse	inmóvil	
	independiente en silla de ruedas en 50 m	
	anda con pequeña ayuda de una persona (física o verbal)	
	independiente al menos 50 m	
Subir y bajar escaleras	incapaz	
	necesita ayuda física o verbal	
	independiente para subir y bajar	

INFORMACIÓN FÍSICA

1. Material de construcción de las paredes

Material de construcción en paredes	Marcar
Adobe	
Calamina	
Madera	
Ladrillo o bloque de cemento	

2. Material de construcción del piso

Material de pisos	Marcar
Tierra	
Cemento	
Losetas, terrazos, cerámicos o similares	
Parquet o madera pulida	
Madera	
Laminas asfálticas, vinílicos o similares	
Otro material predominante en pisos	

3. Estado de la edificación

Estado de la edificación	X
Muy malo: las edificaciones en que las estructuras presentan tal deterioro, que hace presumir su colapso.	
Malo: las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome y que los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	
Regular: las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuya estructura no tiene deterioro y si lo tiene no lo compromete y es sustentable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al uso normal	
Bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	
Muy bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	