



# DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS SUSCEPTIBLES Y ELEMENTOS EXPUESTOS (VIVIENDAS Y POBLACIÓN) A FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA RAYO DEL SOL DEL DISTRITO DE LURIGANCHO CHOSICA MEDIANTE EL MODELO DE RANDOM FOREST.

Diciembre 2025

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

**Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.**

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

Dirección de Gestión de Procesos. Subdirección de Gestión de la Información. CENEPRED, 2024.

Av. Del Parque Norte N° 829 - 833. San Isidro - Lima – Perú

Teléfono: (511) 412-5940, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe

Página web: <https://www.gob.pe/cenepred>

**Equipo Técnico del CENEPRED:**

Gral. Rolando Gustavo Capucho Cárdenas  
Jefe del CENEPRED

Crnl. (r) Walter Martin Becerra Noblecilla  
Director de la Dirección de Procesos

Ing. Alfredo Zambrano Gonzales  
Subdirector de Gestión de la Información

Ing. Franklin Plasencia Amaya  
Especialista en Análisis Territorial

Ing. Christian Ayala Jesus  
Especialista en Modelos y Simulación

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	OBJETIVO.....	4
2.1	OBJETIVO ESPECIFICO .....	4
3	UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	4
4	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
5	RESULTADOS .....	12
5.1	Zonas susceptibles.....	12
5.1	Elementos expuestos .....	13
6	CONCLUSIONES.....	14
7	RECOMENDACIONES .....	15

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las proyecciones que se tiene hacia el año 2050 sostienen que la población urbana llegará a representar el 65% de la población mundial si mantiene esta misma dinámica de urbanización. América Latina es un claro ejemplo de ello, ya que es la región más urbanizada; con casi el 80% de su población habitando en zonas urbanas y las dos terceras partes de la población viviendo en ciudades de 20,000 habitantes a más.

La población del Perú enfrenta una realidad de altos niveles de vulnerabilidad, la Política nacional de gestión del riesgo de desastres al 2050 reconoce como problema público la "alta vulnerabilidad de la población y sus medios de vida ante el riesgo de desastres en el territorio" y señala como sus principales causas la ocupación y uso inadecuado del territorio, la débil comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones, la débil gobernanza de la gestión del riesgo de desastres, la debilidad en la incorporación e integración de la gestión del riesgo de desastres en las inversiones públicas y privadas y la falta de eficacia y oportunidad para la respuesta y recuperación.

Las zonas urbanas en el Perú presentan crecimiento y diversos niveles de desarrollo. Se estima que el 90 % de la expansión urbana en el país es informal, ya que el 93 % del suelo urbano desde el 2001 corresponde a asentamientos humanos urbanos informales (Espinoza, Fort, Grade & ADI Perú, 2020).

Según el Censo Nacional 2017, el distrito de Lurigancho la población urbana es de 256,294 Hab. (INEI, 2017), con una población creciente que desarrolla sus principales actividades económicas, institucionales, administrativas y judiciales en Lima Metropolitana. El territorio ocupado por el distrito de Lurigancho cuenta con peligros de origen natural y antrópico, así como con un proceso de aumento de vulnerabilidad debido a múltiples factores, principalmente por fragilidad y resiliencia, que configuran escenarios de riesgo de desastres debido a la recurrencia de dichos peligros y su materialización generaría pérdidas humanas, de infraestructura, económicas, problemas en salud, saneamiento e higiene, entre otras.

A lo largo de la historia, los huaycos en el Perú han generado grandes pérdidas para el país; su impacto sobre la población muchas veces se ha visto acentuado por la presencia del fenómeno de El Niño. Pueden ocurrir tanto en la vertiente del Pacífico como en la vertiente del Atlántico. Se trata de flujos o corrientes de lodo intempestivos que movilizan materiales de diferentes tamaños, los cuales van desde materiales finos hasta grandes rocas que son transportados por talwegs de quebradas y que ocasionan desbordes. Las principales causas de los huaycos son las fuertes lluvias, la deforestación, los taludes debilitados, entre otros (ANA, 2010).

La ciudad de Chosica fue primero una quebrada bastante profunda, pero con el pasar de los años y por la erosión se creó el valle que ahora existe y que se encuentra urbanizado. Según la ANA, todos los años se producen huaycos en Chosica. Estos ocurren con mayor frecuencia sobre los 1200 y 1300 m s. n. m.; sin embargo, cuando estos llegan al río Rímac, lo desbordan y esto genera inundaciones en la parte media y baja, donde está la ciudad (ANA, 2010).

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

Ojima et al. (1994) señala que el uso de suelo favorece el progreso de las poblaciones y su bienestar, pero también ha supuesto daños importantes, lo que ha resultado en una disminución de la estabilidad de la diversidad de los ecosistemas, produciendo el sellado del suelo y aumentando el riesgo de inundaciones.

En el Art. 23° del Reglamento de la Ley 29664, señala que el proceso de estimación del riesgo comprende las acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles del riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

La determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest permitira conocer la poblacion y viviendas afectadas, en caso de se la activacion de la quebrada.

## 2 OBJETIVO

Determinar mediante el método de Random Forest las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la Quebrada Rayo del Sol del distrito de Lurigancho Chosica.

### 2.1 OBJETIVO ESPECIFICO

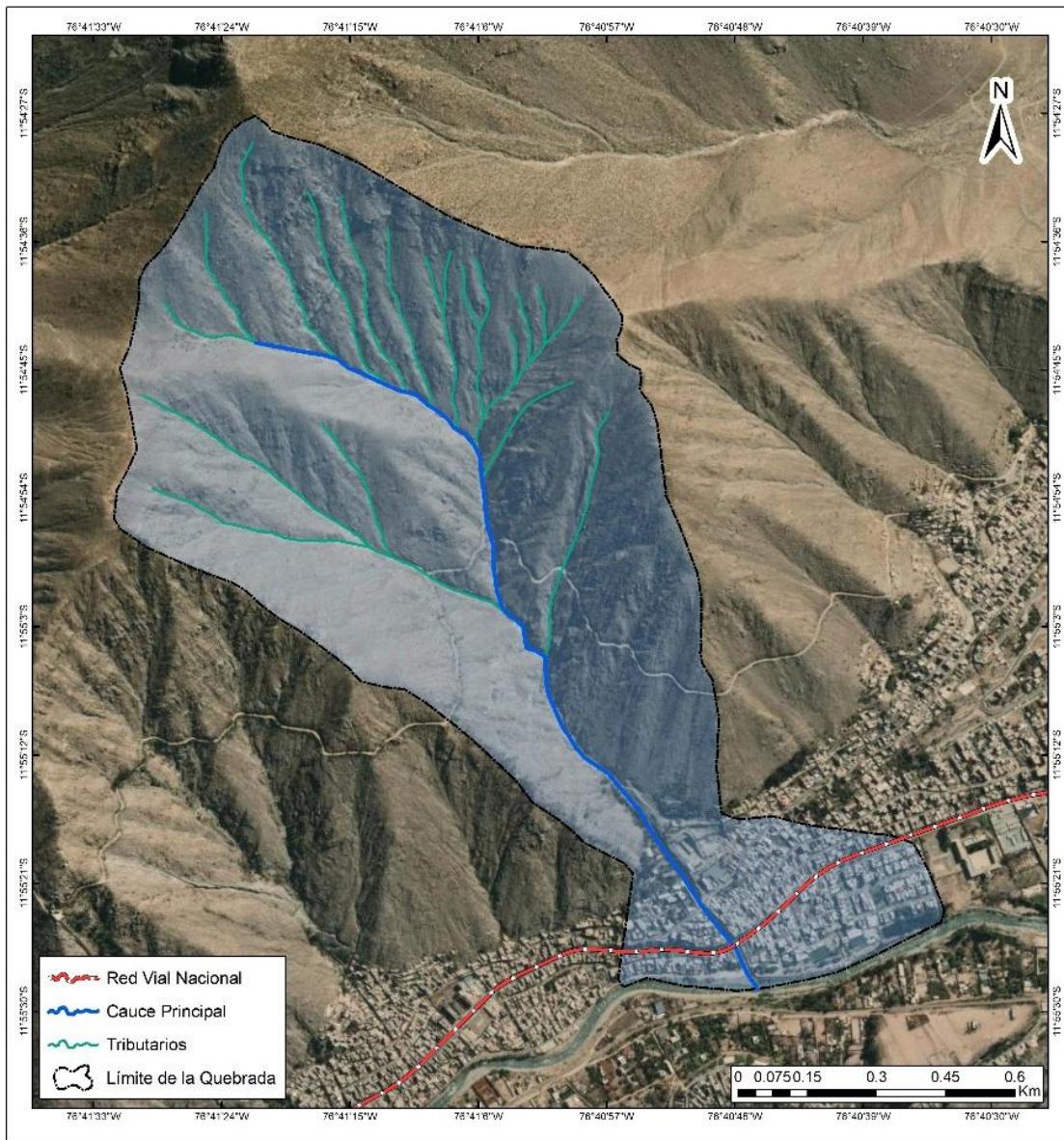
- Identificar las variables más relevantes para la ocurrencia de flujos de detritos.
- Recopilar, procesar y analizar datos históricos de eventos de flujos de detritos en el ámbito en estudio y colindantes.
- Aplicar el Modelo de Random Forest para la clasificación de zonas susceptibles.
- Elaborar el mapa de Susceptibilidad por Flujos de Detritos en la Quebrada Rayo del Sol del distrito de Lurigancho Chosica.
- Determinar las vivienda y población afectada en la zona de estudio.

## 3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Quebrada Rayo del Sol está ubicada en el distrito de Lurigancho Chosica, a la altura del kilómetro 36 de la Carretera Central, en la margen derecha del río Rímac. Su longitud es de aproximadamente 1.0 km, con una altitud de 1350 m.s.n.m. en la parte media, con una orientación aproximada de N40°W. El cauce de la quebrada presenta un diámetro promedio de 14 metros.

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

Figura N°1 Ubicación del área de estudio

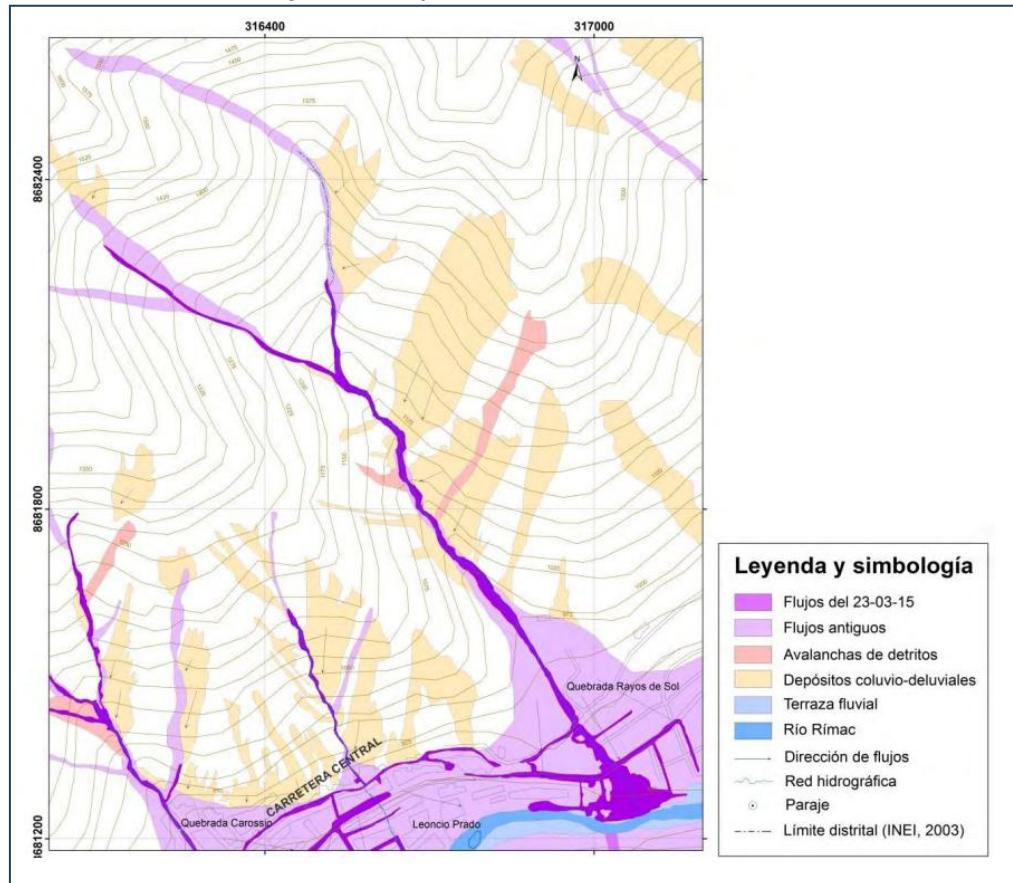


Elaboración Propia

Geológicamente, la quebrada está conformada principalmente por afloramientos de rocas intrusivas en su parte alta, mientras que en las laderas inferiores predominan depósitos coluviales y aluvionales. Estos depósitos varían en su composición, lo que refleja las dinámicas geológicas de la zona. Además, la quebrada presenta varios tributarios bien definidos que alimentan el cauce principal, así como huellas evidentes de flujos antiguos, lo que indica la actividad dinámica y los posibles riesgos de eventos geológicos recurrentes en la zona.

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

Figura N°2 Flujos de Detritos del 23-03-2015



Fuente: INGEMMET

Figura N°3 Niveles de Flujos y Material Transportado



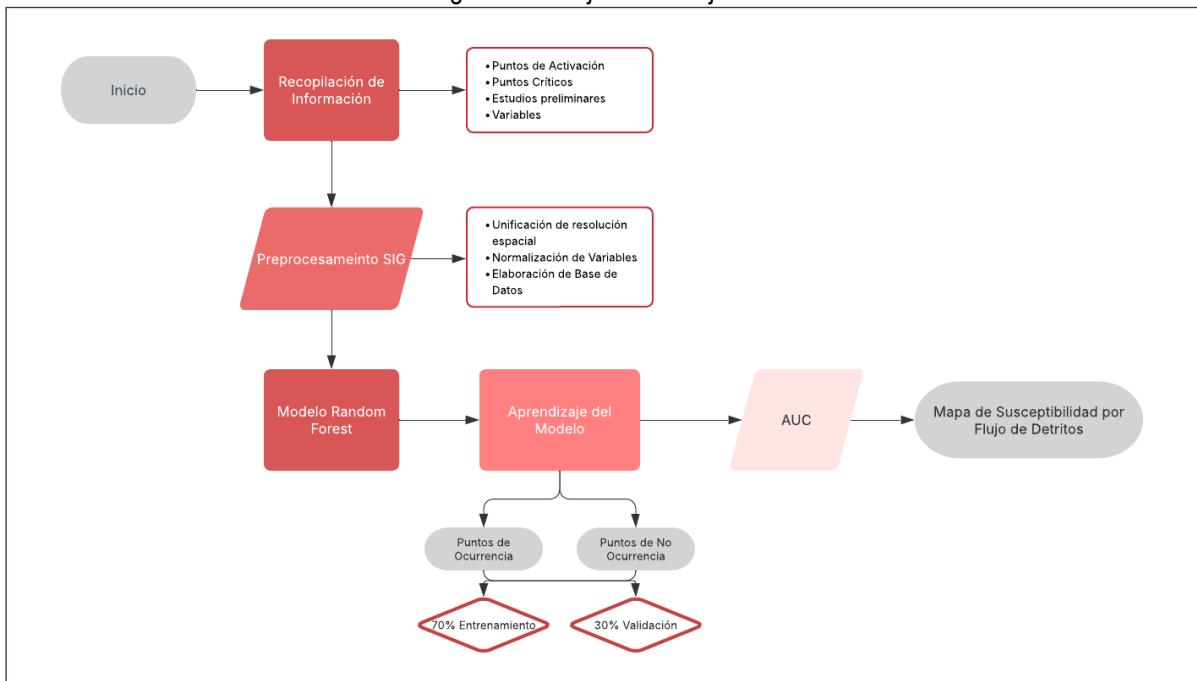
Fuente: INGEMMET

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

#### 4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la susceptibilidad a flujos de detritos en la Quebrada Rayo del Sol – Lurigancho Chosica mediante la aplicación del modelo de Random Forest (RF). A continuación, se describe detalladamente la metodología utilizada, que se dividió en tres fases principales: (1) Recopilación de información y variables, (2) Entrenamiento del modelo, y (3) Ejecución del modelo y resultados.

Figura N°4 Flujo de Trabajo



##### 4.1. Recopilación de Información y Variables

Para la elaboración del modelo predictivo, se realizaron diversas actividades de recopilación de datos geoespaciales e información preliminar relevante a la zona de estudio. Las principales fuentes de información fueron:

- **Puntos de activación de quebrada:** Se utilizó información proporcionada por el informe técnico del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), la cual contiene coordenadas geográficas y características de los puntos de activación de flujos de detritos previos. Estos puntos fueron considerados como muestras de eventos históricos de flujos de detritos en la quebrada Libertad.
- **Puntos críticos de la ANA:** Se incorporaron puntos críticos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que identifican áreas susceptibles a inundaciones o impactos históricos en la zona de estudio. La información de la ANA ayudó a corroborar las áreas que habían experimentado eventos críticos relacionados con el comportamiento hidráulico.

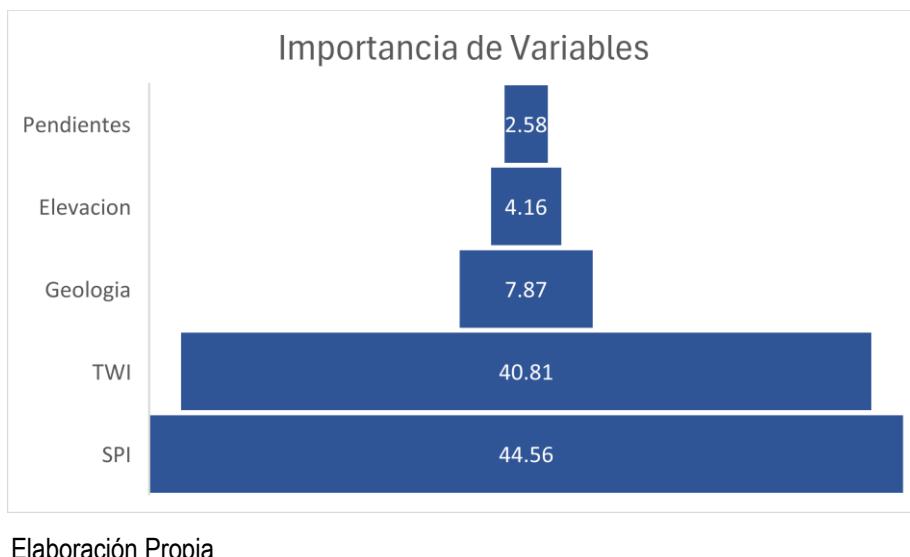
Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

- **Estudios preliminares:** Además de los datos mencionados, se revisaron y compilaron diversos estudios previos sobre la geodinámica de la quebrada, los cuales proporcionaron información adicional sobre eventos de flujos de detritos y sus características específicas en la quebrada Libertad.

En cuanto a las variables, se seleccionaron aquellos factores que tienen mayor influencia en la ocurrencia de flujos de detritos y se detallan a continuación:

- **Índice topográfico de humedad (TWI):** El TWI es una variable fundamental que representa la humedad del suelo en relación con la topografía, lo que afecta directamente la estabilidad del terreno. Para la obtención de esta variable se utilizó un modelo digital de elevación (DEM DE 3 metros de resolución proveniente del Perú SAT).
- **Índice de potencia de transmisión (SPI):** Esta variable permite identificar la capacidad del terreno para transmitir las precipitaciones y su relación con la inestabilidad del terreno. El SPI se calculó utilizando el modelo digital del terreno y parámetros geomorfológicos del área.
- **Pendientes:** La pendiente del terreno es uno de los factores más relevantes para la ocurrencia de flujos de detritos. Se extrajo del DEM para obtener el valor de inclinación de cada celda en la zona de estudio.
- **Elevación:** La elevación es un factor que influye en la ocurrencia de flujos, transporte, material y fuerza de impacto. Los valores de elevación también fueron obtenidos a partir del DEM, lo que permitió definir las zonas más susceptibles a flujos de detritos.
- **Geología:** La geología de la zona fue considerada como un factor determinante para la evaluación de la susceptibilidad a flujos de detritos. Las unidades geológicas fueron elaboradas tomando como referencia el informe<sup>1</sup> y cartografiado geológico de quebradas adyacentes con composición similar.

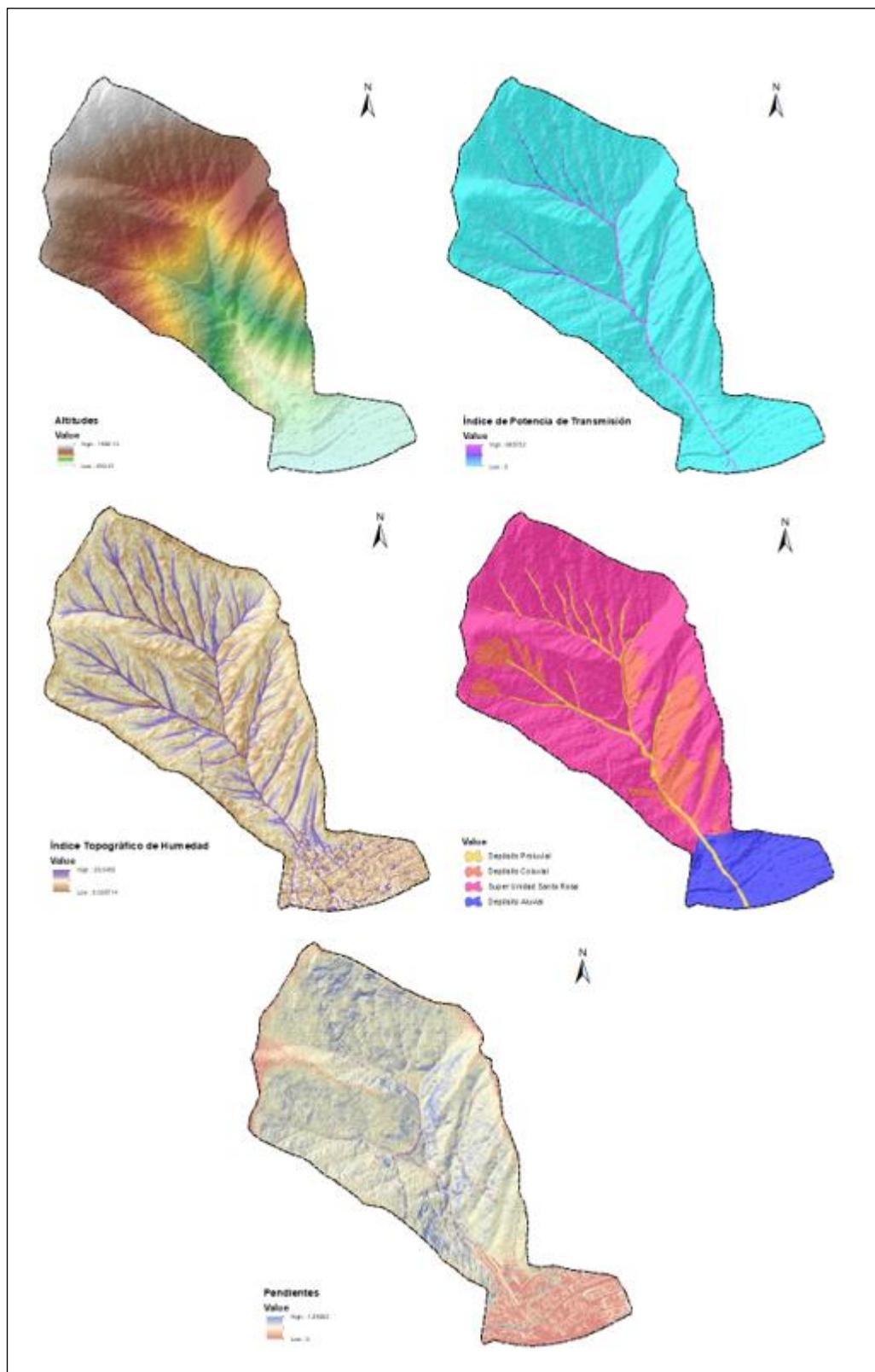
Figura N°5 Grado de Importancia de Variables



<sup>1</sup> Informe Técnico N°6680 - Evaluación Geodinámica de los Flujos de Detritos del 23/03/2015 entre las quebradas Rayos de Sol (Chosica) y Quirio (Santa Eulalia)

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

Figura N°6 Variables utilizadas



Elaboración Propia

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

#### 4.2. Entrenamiento del Modelo

Una vez obtenida toda la información necesaria, se procedió a la preparación y entrenamiento del modelo de clasificación Random Forest (RF). Este modelo fue elegido debido a su capacidad para manejar grandes cantidades de variables y su efectividad en la clasificación de datos geoespaciales complejos.

El proceso de entrenamiento del modelo incluyó las siguientes etapas:

##### 4.2.1 Preprocesamiento de los datos:

- Los datos geoespaciales se transformaron en un formato adecuado para el análisis utilizando software SIG (Sistema de Información Geográfica) para el presente trabajo se utilizó el ArcGIS Pro V.3.4.0. Se realizaron ajustes de calidad y resolución en las capas geoespaciales para asegurar que las variables se alinearan correctamente (3 metros de resolución).
- Se normalizaron los valores de las variables, especialmente el índice de humedad y la pendiente, para evitar sesgos en el modelo debido a las diferentes escalas de las variables.

##### 4.2.2 Selección de puntos de activación:

- Los puntos de activación de flujos de detritos fueron utilizados como la clase positiva del modelo. Estos puntos fueron clasificados como "evento positivo" (ocurrencia de flujo de detritos) en comparación con el resto del territorio, que fue clasificado como "no evento".
- En total, se utilizaron 35 puntos de activación para el entrenamiento y 15 para validación.

##### 4.2.3 División del conjunto de datos:

- Los datos fueron divididos en un conjunto de entrenamiento (70%) y un conjunto de validación (30%) para evitar el sobreajuste y asegurar una evaluación precisa del modelo.

##### 4.2.4 Entrenamiento y ajuste de parámetros:

- El modelo Random Forest se entrenó utilizando 100 árboles de decisión. Se realizaron ajustes en los parámetros del modelo, como la cantidad de variables a considerar en cada nodo (mtry), la profundidad máxima de los árboles y el número de árboles en el bosque.
- Se implementó una validación cruzada para evaluar el desempeño del modelo durante el proceso de entrenamiento y ajustar los parámetros.

#### 4.3. Ejecución del Modelo y Resultados

Tras el entrenamiento del modelo, se procedió a la ejecución del modelo sobre el conjunto de datos de validación para evaluar su desempeño predictivo.

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

#### 4.3.1 Evaluación del modelo:

- Se empleó métricas de precisión estándar como AUC-ROC para evaluar la capacidad predictiva del modelo.
- El modelo obtuvo un valor predictivo de 82%, lo que indica un alto rendimiento en la clasificación de áreas susceptibles a flujos de detritos. Este valor es comparable con los resultados obtenidos en estudios similares sobre susceptibilidad por flujos de detritos en quebradas.

#### 4.3.2 Generación del mapa de susceptibilidad:

- Con los resultados del modelo, se generó un mapa de susceptibilidad que muestra las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada Libertad.

Figura N°07 Clasificación de los valores de susceptibilidad

SUSCEPTIBILIDAD	PROBABILIDAD
Bajo	0 - 0.60
Medio	0.60 - 0.75
Alto	0.75 - 0.85
Muy Alto	0.85 - 1.0

Elaboración Propia

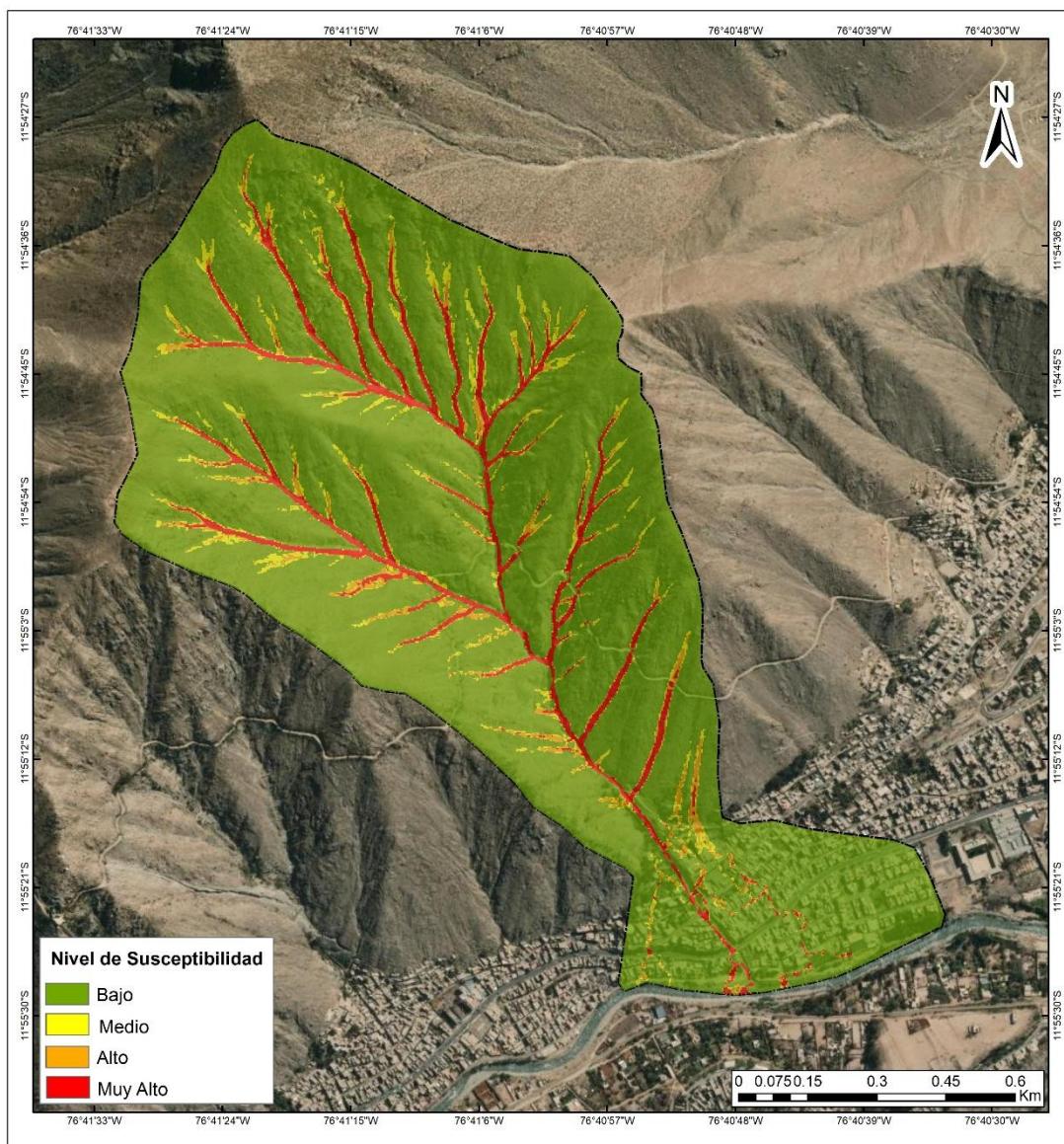
El modelo de Random Forest permitió predecir con alta precisión las áreas susceptibles a flujos de detritos en la quebrada Libertad. La integración de diversas variables geoespaciales como la pendiente, elevación, geología, índice de humedad y transmisión, junto con los datos históricos de activación, proporcionó un enfoque robusto para la evaluación de riesgos geológicos en zonas vulnerables. Este estudio es una contribución significativa para la gestión del riesgo en el distrito de Lurigancho Chosica, al ofrecer una herramienta predictiva basada en métodos estadísticos avanzados.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Zonas susceptibles

El mapa de susceptibilidad por flujos de detritos obtenido mediante el modelo Random Forest, implicó en su fase inicial la recopilación de variables correlacionadas a la ocurrencia de Flujos de Detritos, la programación del modelo se desarrolló en JavaScript en la plataforma de Google Earth Engine, cuyos resultados muestra una concentración de niveles alto y muy alto a lo largo de la red de drenaje de la quebrada Rayos de Sol, especialmente en el cauce principal y sus tributarios. A pesar del encauzamiento del cauce principal, se mantiene una elevada susceptibilidad, lo que evidencia que las condiciones geológicas y topográficas continúan favoreciendo la ocurrencia de flujos de detritos, representando un riesgo potencial para las zonas urbanas ubicadas en el abanico de la quebrada.

Figura N°8 Mapa de Susceptibilidad por Fujo de Detritos



Elaboración Propia

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

### 5.1 Elementos expuestos

Siendo la parte inferior de la zona de estudio, el lugar donde se encuentra asentada la población y donde desembocaría todo el flujo de detritos, se realizó la intersección con las manzanas afectadas donde se obtuvo el siguiente resultado (Fuente de manzanas, INEI 2017):

Figura N° 08 Manzanas afectadas por el flujo de detritos



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 09 Cantidad de población, viviendas y manzanas afectas

Nº de Manzanas	Población	viviendas
28	2,507	889

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 10 Cantidad de hombres y mujeres afectados

Genero	Población	%
Hombres	1,203	48%
Mujeres	1,304	52%
<b>Total</b>	<b>2,507</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

Figura N° 11 Cantidad de población afectada según sexo



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 12 Cantidad de población y viviendas en niveles altos y muy altos de riesgo por exposición

Niveles de Exposición	Población	Viviendas
Muy Alto	21	7
Alto	638	191

Fuente: Elaboración propia

## 6 CONCLUSIONES

- El Modelo de Random Forest incorporó 5 variables (Geología, Pendiente, Altitud, Índice Topográfico de Humedad e Índice de Potencia de Transmisión), siendo el índice de Potencia de Transmisión, Índice Topográfico de Humedad y la Geología los que guardaron mayor correlación con las ocurrencias de inundación.
- Tras la ejecución del modelo Random Forest aplicado a la susceptibilidad de Flujos de Detritos, el resultado obtenido mostró un valor de precisión del 82%, lo que indica que el modelo tiene una buena capacidad predictiva para identificar zonas propensas a Flujos de Detritos. Este valor de precisión es considerado adecuado según las métricas estándar de evaluación de modelos de clasificación en geoinformática, como se establece en diversos estudios de validación de modelos de predicción.
- En cuanto a las limitaciones presentes en la elaboración de este estudio es la adecuación y cantidad de datos disponibles a una escala considerable, una limitada cantidad de inventario de inundaciones para un mejor entrenamiento del modelo, así como para su validación.
- El modelo de Random Forest arrojo resultados muy acertados en relación a las características morfométricas de la quebrada, eventos pasados y las medidas de mitigación implementadas en campo.
- El número de viviendas y personas afectadas puede ser mayor o menor al dato obtenido (Censo INEI 2017) esto debido a la pandemia por el covid-19 y la migración extranjera.

Determinación de las zonas susceptibles y elementos expuestos (viviendas y población) a flujo de detritos en la quebrada rayo del sol del distrito de Lurigancho - Chosica mediante el modelo de Random Forest.

## 7 RECOMENDACIONES

- Generar un código de lote en el mapa catastral de la zona de estudio, el cual se usará en la recolecta información de las propiedades físicas y servicios básicos de las viviendas mediante el método de la observación, usando el aplicativo móvil Sigrid collect para poder representar los resultados en el mapa en forma poligonal.
- Difundir los resultados del presente estudio al gobierno local, para que realicen acciones de prevención, con énfasis en aquellos sectores que presentan áreas de susceptibilidad con niveles Muy Alto y Alto.

San Isidro, 22 de diciembre de 2025.