

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS**  
**EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**ACHA ALHUAY, NORMA INES**

**Asesor**

**Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE OTTO JAVIER.**

**Tingo María – Perú**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2022-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 22 de abril de 2022, a horas 3:00 p.m. a través de la plataforma virtual Ms Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

**“ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO”**

Presentado por la Bachiller: **ACHA ALHUAY, Norma Ines**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 13 de mayo de 2021

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ  
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO  
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ  
MIEMBRO MIEMBRO



Ing. ERLE OTTO J. BUSTAMANTE SCAGLIONI  
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS**  
**EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO**

**Autor** : Bach. Norma Ines, ACHA ALHUAY

**Asesor** : Ing. Erle Otto Javier, BUSTAMANTE SCAGLIONI

**Programa de investigación** : Ciencias básicas

**Líneas de investigación** : Climatología

**Eje temático** : Variabilidad de espacio temporal de los indicadores meteorológicos

**Lugar de ejecución** : Provincia de Leoncio Prado

**Duración** : Marzo 2021 – octubre 2021

**Financiamiento** : s/. 9,240.00

**FEDU** : No

**Propio** : Si

**Otros** : No

Tingo María – Perú



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
**OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**REGISTRO DE TESIS PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO**

**I. DATOS GENERALES DE PREGRADO**

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Título de la Tesis : “ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA  
DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA  
PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN  
HUÁNUCO”  
Autor : Bach. Acha Alhuay, Norma Ines  
Asesor de Tesis : Ing. Bustamante Scaglioni, Erle Otto Javier  
Programa de Investigación : Ciencias Básicas  
Línea de Investigación : Climatología  
Eje Temático de Investigación : Variabilidad de espacio temporal de los indicadores  
meteorológicos  
Lugar de Ejecución : Provincia de Leoncio Prado  
Duración : Fecha de Inicio : Marzo 2021  
Fecha de Término : Octubre 2021  
Financiamiento : Propio

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2022**

  
.....  
Norma Ines, Acha Alhuay  
Tesisista

  
.....  
Ing. Erle Otto J., Bustamante Scaglioni  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas en aquellos momentos de dificultad y poder cumplir esta primera meta de vida profesional.

A mis padres, por su amor, trabajo, apoyo incondicional y sacrificio en todos estos años, que me permitieron llegar hasta aquí y cumplir el primer logro de mi carrera profesional.

A mis hermanas y hermanos, por estar siempre presentes y por su apoyo moral e incondicional, que me brindaron a lo largo de estos años.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser el alma mater, brindarme sus enseñanzas y la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por su paciencia, enseñanza y que me guiaron para lograr esta meta.

A mi familia, en especial a mis padres Flora Alhuay Llaccuarimay y Santos Acha Venegas, por confiar en mí y por los valores inculcados.

A mi asesor Ing. Erle Otto J. Bustamante Scaglioni, por su paciencia, tiempo dedicado y por los conocimientos brindados en esta investigación.

A los miembros de jurados de la presente investigación, el presidente Dr. Lucio Manrique De Lara Suarez, miembro Ing. M. Sc. Franklin Dionisio Montalvo, miembro Ing. M. Sc José Víctor Quiroz Ramírez, por su paciencia y tiempo, que me permitieron sustentar mi tesis.

Al Servicio de Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), por el apoyo brindado en la información meteorológica (precipitación), que fue importante en la investigación.

A mi amigo y colega Ing. Geyson Andrade Machuca, por su apoyo en esta investigación, tanto en el trabajo de campo y gabinete.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Deslizamientos.....	3
2.1.1. Tipo de deslizamientos.....	3
2.1.2. Causas de los deslizamientos .....	6
2.1.3. Deslizamientos en el Perú y la provincia de Leoncio Prado .....	6
2.2. Inventario de deslizamientos .....	8
2.2.1. Metodología para un inventario de deslizamientos.....	8
2.2.2. Tipos de mapas de deslizamientos de tierra .....	9
2.2.3. Limitaciones de los inventarios de deslizamientos .....	10
2.3. Interpolación espacial .....	11
2.3.1. Técnicas de interpolación.....	11
2.4. Umbral de precipitación .....	13
2.4.1. Clasificación de umbrales de lluvia .....	13
2.4.2. Ventajas y desventajas de los umbrales de lluvia .....	14
2.4.3. Lluvias detonantes de deslizamientos .....	15
2.4.4. Análisis de la precipitación y deslizamientos .....	16
2.5. Modelo de probabilidad bayesiano .....	17
2.6. Antecedentes.....	20
2.6.1. A nivel nacional .....	20
2.6.2. A nivel internacional .....	21

III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
3.1. Descripción general de la zona de estudio.....	26
3.2. Materiales y equipos .....	26
3.2.1. Materiales cartográfico y escritorio.....	26
3.2.2. Información de precipitación y eventos de deslizamientos.....	27
3.2.3. Software .....	27
3.2.4. Equipos.....	27
3.3. Metodología.....	27
3.3.1. Identificación de los deslizamientos históricos durante el periodo 2000 al 2020 en la provincia de Leoncio Prado .....	28
3.3.2. Aproximación de precipitaciones antecedentes con los deslizamientos observados .....	29
3.3.3. Determinación de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos. ....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Deslizamientos históricos durante el periodo 2000 al 2020 en la provincia de Leoncio Prado. ....	36
4.2. Aproximación de precipitaciones antecedentes con los deslizamientos observados .....	38
4.2.1. Análisis explotario de lluvias diarias .....	38
4.2.2. Interpolación espacial de precipitaciones antecedentes .....	44
4.2.3. Análisis de precipitaciones antecedentes .....	45
4.3. Umbrales de lluvia detonante de deslizamientos.....	48
4.3.1. Prueba de bondad de ajuste .....	48
4.3.2. Ajuste de la distribución de valores extremos.....	48
4.3.3. Lluvias antecedentes para cada periodo de retorno.....	49
4.3.4. Probabilidad condicional de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos .....	49

V. CONCLUSIÓN.....	56
VI. RECOMENDACIONES .....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
ANEXO .....	64
MAPAS .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Tipos de deslizamientos .....	5
2. Fórmulas de los métodos de interpolación usados .....	30
3. Fórmulas de distribuciones de valores extremos de ajuste utilizadas.....	33
4. Estadísticos de precipitaciones diarias para el periodo de 2000 - 2020.....	41
5. Test Mann Kendall aplicado para detección de tendencias de precipitaciones diarias del año 2000 - 2020 .....	41
6. Correlación de las precipitaciones observadas e interpoladas .....	44
7. Prueba de datos dudosos a las lluvias antecedentes.....	47
8. Estadísticos de la lluvia del evento y lluvias antecedentes a la ocurrencia de los deslizamientos seleccionados.....	47
9. Prueba de ajuste de bondad de Kolmogorov-Smirnov.....	48
10. Parámetros estadísticos de las funciones de distribución.....	48
11. Error Estándar de ajuste de las funciones de la distribución.....	49
12. Lluvias antecedentes calculada para cada probabilidad de excedencia .....	49
13. Umbrales de lluvias mínimas y máximas detonantes de los deslizamientos.....	51
14. Los valores de probabilidad del análisis bayesiano unidimensional que se calcularon en función de lluvia antecedente del área de estudio en el periodo de 20 años.....	54
15. Estaciones meteorológicas utilizadas .....	65
16. Registros de deslizamientos históricos del año 2000 -2020 del distrito de Daniel Alomía Robles .....	66
17. Registros de deslizamientos históricos del año 2000-2020 del distrito de Hermilio Valdizán.....	67
18. Registros de deslizamientos históricos del año 200-2020 del distrito de Mariano Dámaso Beraún .....	68

19. Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Rupa Rupa. ....	69
20. Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Castillo Grande y Luyando.....	69
21. Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Pueblo Nuevo y Santo Domingo de Anda. ....	70
22. Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Pucayacu y José Crespo y Castillo. ....	70
23. Datos de precipitación de día evento y antecedentes calculados en el punto de la ocurrencia de los deslizamientos.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Tipos de deslizamientos de tierra.....	6
2. Deslizamientos de tierras ocurrido en el periodo 2003 – 2020.....	7
3. Reporte de deslizamientos ocurridos en la provincia de Leoncio Prado del periodo 2003 – 2020.. ..	7
4. Probabilidades de ocurrencia de los deslizamientos condicionada a la ocurrencia de las lluvias acumuladas con diferentes probabilidades de excedencia.. ..	22
5. Análisis bayesiano unidimensional considerando la precipitación antecedente en (a–b) 14 y (c–d) 30 días a la ocurrencia de los deslizamientos.....	23
6. Comparación de deslizamiento de probabilidad $P(A B)$ con deslizamiento previo de probabilidad $P(A)$ .....	25
7. Localización del área de estudio. ....	26
8. Flujograma para el cálculo de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos.....	28
9. Deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado en el periodo 2000-2020.....	36
10. Distribución espacial de los deslizamientos históricos en la provincia de Leoncio Prado del periodo 2000-2020.....	37
11. Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación Tingo María.....	39
12. Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación Tulumayo.....	39
13. Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación Aucayacu. ....	40
14. Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación La Divisoria.....	40
15. Tendencia de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 - Estación Tingo María.....	42

16. Tendencias de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 - Estación Tulumayo. ....	42
17. Tendencia de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 - Estación Aucayacu.....	43
18. Tendencia de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 – Estación La Divisoria.....	43
19. Lluvias antecedentes de cada método de interpolación. ....	45
20. Umbrales de lluvias para el inicio de los deslizamientos de tierra en la provincia de Leoncio Prado. ....	50
21. Probabilidad condicional de deslizamientos de tierra en función de las lluvias antecedentes. ....	53
22. Recolección de información de deslizamientos de SINPADv1 (2003- 2018).....	74
23. Recolección de información de deslizamientos de SINPADv2.0 (2019- actualidad). ....	74
24. Recolección de información en campo de los deslizamientos.....	75
25. Proceso de interpolación IDW con ModelBuilder en ArcGIS.....	76
26. Proceso de interpolación de Regresión Lineal Simple con ModelBuilder en ArcGIS (Paso 1 y 2) y en Excel (Paso 3). ....	77
27. Recopilando la información base en campo de los deslizamientos. ....	78
28. Eventos de deslizamientos. (a) Tambillo Grande en el tramo Huánuco – Tingo María (Km 109 +00) ocurrido en la fecha 02/12/2018 y (b) Tramo del caserío de Nueva América ocurrido en la fecha de 14/11/2020.....	78
29. Eventos de deslizamientos. (a) Tramo Bella Alta – Rio Tigre ocurrido en la fecha 01/1/2020 y (b) Tramo Tingo María – Monzón (caserío Inti) ocurrido en la fecha de 1/12/2020. ....	79
30. Deslizamiento en la localidad de Lota tramo Tingo María – Monzón, ocurrido en la fecha 06/01/2015. ....	79
31. Deslizamiento en la Asociación Habitacional Sven Ericsson, Sector II -Tingo María ocurrido en la fecha 09/01/2020.....	80

32. Deslizamiento en Sector de 9 de Octubre – Tingo María ocurrido en la fecha 17/11/2017..	80
33. Deslizamiento en la Zona norte de la ciudad de Tingo María – Tingo María ocurrido en la fecha 11/05/2018. (a)	81
34. Deslizamiento en Jacintillo en el tramo Corpac – Bella Alta ( km 5+050) - Castillo Grande, ocurrido en la fecha 01/12/2020..	81
35. Deslizamiento en la localidad Pozo azul carretera Fernando Belaunde Terry a la altura de la garganta del diablo – Luyando, ocurrido en la fecha 13/11/2017..	82
36. Eventos de deslizamientos. (a) Huayco en la localidad San Cristobal ocurrido en la fecha de 02/01/2020 y (b) Deslizamiento en localidad Antonio Raimondi – Las Vegas ocurrido en la fecha 06/02/2020..	82
37. Deslizamiento en la localidad Peregrinos, tramo Tingo María - Aucayacu, ocurrido en la fecha 1/03/2017..	83
38. Derrumbe en la localidad Los Milagros en el tramo Tingo María - Aucayacu, ocurrido en la fecha 15/01/2020..	83
39. Deslizamiento en la localidad Tupac, ocurrido en la fecha 16/01/2015..	84
40. Eventos de deslizamientos ocurrido en la fecha 05/04/2019. (a) Huayco en la localidad de Hermilio Valdizán y (b) Deslizamiento en el tramo CC.PP. José María Ugarteche - Manuel Mesones Muro..	84
41. Deslizamiento en San Bolivar en el tramo Tingo María – Pucallpa (km 463+200), ocurrido en la fecha 27/12/2017..	85
42. Eventos de deslizamientos. (a) Deslizamiento en localidad de San Agustín ocurrido en la fecha de 22/03/2010 y (b) Huayco en el tramo Shangai – 3 de Octubre ocurrido en la fecha 05/04/2019..	85
43. Mapa de interpolación método Polígono de Thiessen del Huayco de Hermilio Valdizán y José M. Ugarteche (fecha de ocurrencia 19/01/2003).	86
44. Mapa de interpolación método IDW del deslizamiento Jacintillo (fecha de ocurrencia 6/01/2020).	87
45. Mapa de interpolación método regresión lineal del deslizamiento Jacintillo (fecha de ocurrencia 6/01/2020)..	88

## RESUMEN

Las lluvias prolongadas de varios días y los deslizamientos de tierra ocurren frecuentemente y causan impactos negativos en la población, la probabilidad de las lluvias antecedentes detonante de movimiento en masa es posible. El objetivo de esta investigación fue estimar los umbrales de lluvia detonante de los deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado. Se ordenaron los deslizamientos y lluvias antecedentes en el periodo de 2000 – 2020, aproximando las precipitaciones antecedentes en la región con interpolación de Thiessen, IDW y RLS, por último se determinó la probabilidad condicional de umbrales de lluvias basado en lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días con el modelo bayesiano unidimensional. Se identificaron 151 eventos de deslizamientos históricos en el periodo 2000 al 2020, el mejor método de interpolación en la aproximación de las precipitaciones antecedentes con deslizamientos fue el IDW y la probabilidad condicional que ocurra un deslizamiento dada una lluvia acumulada para un periodo de retorno de 2 años, presentó una probabilidad alta (0.71 a 0.85) y mientras para periodo de retorno de 5, 10, 25 y 50 años resultó con una probabilidad baja (0.0 a 0.26). Los umbrales de lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días para un periodo de retorno de 2 años probabilísticamente son detonantes de los deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado. Se recomienda utilizar los umbrales como información base y antecedente en la estimación de riesgos a las instituciones públicas y privadas.

**Palabra clave:** Inventario de deslizamiento, lluvias antecedentes, modelo bayesiano.

## **ABSTRACT**

Prolonged rains of several days and landslides occur frequently and cause negative impacts on the population, the probability of background rains triggering mass movement is possible. The objective of this research was to estimate the rainfall thresholds triggering landslides in the province of Leoncio Prado. The landslides and antecedent rains in the period of 2000 – 2020 were ordered, approximating the antecedent rainfall in the region with interpolation of Thiessen, IDW and RLS, finally the conditional probability of rainfall thresholds was determined based on antecedent rains of 3, 5, 7, 10, 15 and 30 days with the one-dimensional Bayesian model. 151 historical landslide events were identified in the period 2000 to 2020, the best interpolation method in the approximation of the antecedent precipitations with landslides was the IDW and the conditional probability that a landslide occurs given an accumulated rainfall for a return period of 2 years, presented a high probability (0.71 to 0.85) and while for return period of 5, 10, 25 and 50 years resulted with a low probability (0.0 to 0.26). The historical rainfall thresholds of 3, 5, 7, 10, 15 and 30 days for a return period of 2 years are probabilistically triggers for landslides in the province of Leoncio Prado. It is recommended to use the thresholds as base and background information in the estimation of risks to public and private institutions.

**Keywords:** Landslide inventory, antecedent rainfall, Bayesian model.

## I. INTRODUCCIÓN

La población de la provincia de Leoncio Prado en temporadas de lluvias de diciembre a marzo está expuesta a los deslizamientos de tierra, que frecuentemente ocurren y causan daños a las vías de acceso, al servicio de transporte público y privado, viviendas y población en general.

Durante los últimos veinte años las cuantiosas y prolongadas lluvias en la zona, evidencian como un factor detonante para la ocurrencia de los deslizamientos que se manifiestan, a consecuencia de la saturación de agua en el suelo, generando procesos que provocan movimientos de los materiales formadores de pendientes como rocas, suelos, relleno artificial o la combinación de estos (USGS, 2004). Presentando un descenso masivo o relativamente rápida, provocado por el exceso de agua y/o por efecto de la gravedad, a veces son catastróficos que ocurre a lo largo del terreno con pendiente o plano (CENEPRED, 2014).

Los umbrales de lluvia según Reichenbach et al. (1998); Crosta y Frattini (2001) Guzzetti et al. (2007), es el nivel mínimo o máximo de la cantidad necesaria de la precipitación que probablemente provoca o requiere para generar deslizamientos de tierras. Asimismo, el umbral mínimo es el nivel más bajo necesario para que ocurra un deslizamiento de tierra y el umbral máximo es limite, que por encima del cual siempre ocurre un deslizamiento.

El estudio de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos basados en las lluvias antecedentes aplicado mediante un modelo bayesiano unidimensional simultáneamente permite identificar a los deslizamientos históricos que ocurrieron en la provincia como también las lluvias antecedentes a la ocurrencia de los deslizamientos, también resolver o responder la problemática de cuánta lluvia está próxima a desencadenar un deslizamiento y con qué probabilidad es conocida en el ámbito.

Tal conocimiento o información generada, aporta una información base a las instituciones públicas encargadas a estimar los riesgos, a fin de poder prevenir, evacuar e informar a la población ante un posible desastre para evitar pérdidas humanas y económicas.

En ese sentido, se formula el siguiente problema de investigación: ¿Cuáles son los umbrales de lluvias antecedentes detonantes de deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado? En efecto, la hipótesis supone que los umbrales de lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días para un periodo de retorno de 2 años son detonantes de los deslizamientos en la provincia.

### **1.1. Objetivo general**

Estimar los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Identificar los deslizamientos históricos durante el periodo 2000 al 2020.
- Aproximar las precipitaciones antecedentes con deslizamientos observados.
- Determinar los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Deslizamientos

Son una gran variedad de procesos que provocan movimiento hacia abajo y afuera de los materiales formadores de pendientes; incluyendo rocas, suelo, relleno artificial o la combinación de estos, estos materiales pueden moverse al caer, volcar, deslizar, extenderse o en fluido (USGS, 2004). Mientras CENEPRED (2014), lo define como un descenso masivo o relativamente rápida, provocados por el exceso de agua y/o por efecto de la gravedad, a veces son catastróficos que ocurre a lo largo de la superficie con pendiente o plano.

Highland y Bobrowsky (2008), indica que el término “deslizamiento” están incluidos los derrumbes, movimientos en masas, fallas de pendientes, entre otros; y se aplica a todos los tipos y tamaños de deslizamientos de tierra que ocurren.

#### 2.1.1. Tipo de deslizamientos

Según USGS (2004) distintos tipos deslizamientos se puede diferenciar de acuerdo con el tipo de material y movimiento. Los tipos deslizamientos son caída, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones y deformaciones gravitacionales profundas, como se muestra en la Tabla 1 (PMA - Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Se definen a continuación:

##### a) Caída

Son movimientos bruscos de materiales geológicos como rocas y cantos rodados, que se desprenden de pendientes espinadas o acantilados (USGS, 2004).

##### b) Volcamiento

Son movimientos de masa que se producen en uno o varios bloques de roca o suelo que son bajo la acción de la gravedad y las fuerzas ejercidas por las unidades adyacentes o por los fluidos en las grietas (USGS, 2004).

##### c) Deslizamiento

Son movimientos de masa de material de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre a lo largo de una superficie de falla (PMA - Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Asimismo, se clasifican en dos tipos de deslizamientos, los cuales son deslizamientos traslacionales y rotacionales (USGS, 2004).

- **Deslizamiento traslacional:** Movimiento de masa que se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada.
- **Deslizamiento rotacional:** Movimiento de masa que se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava.

#### d) Propagación lateral

Su forma de movimiento dominante es la extensión lateral acompañada de fracturas por cizallamiento o fracción, causada por el proceso de sedimentos saturados, sueltos y sin cohesión se transforman de estado sólido a un licuado. Estos movimientos de masa generalmente ocurren terrenos planos (USGS, 2004).

#### e) Flujo

Según INDECI (2011), son movimientos de masas de material rocoso, detritos, lodo y material fino, que finalmente forman un fluido provocando el deslizamiento, teniendo la causa principal el agua. Se clasifican en varios subtipos:

- **Flujo de escombros o detritos:** Son movimientos rápidos con material combinado de suelo suelto, roca, materia orgánica, aire y agua que se moviliza de forma masa que fluye cuesta abajo. Comúnmente son causados por un flujo intenso superficial, debido a las precipitaciones o el rápido deshielo (USGS, 2004). En el Perú también es llamado el flujo de detritos como huaycos (INGEMENT, 2005).
- **Crecida de detritos:** Es un flujo muy rápido de una avenida máxima que transporta una carga de detritos a lo largo de un canal o cauce (Hungr et al., 2001)
- **Avalancha de escombros:** Son flujos no canalizados con movimientos muy rápidos a extremadamente rápido (PMA - Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007)
- **Avalancha de rocas:** Son flujos con movimientos rápidos de material de roca fracturada, que resultan deslizamiento de rocas de gran magnitud (PMA - Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).
- **Flujo de tierra:** Presentan características de “reloj de arena”, el material se licua y se escurre, formando una cavidad. Por lo general este flujo es alargado y ocurre en materiales de grano fino o arcillosas en pendientes moderadas y condiciones saturadas, pero a veces suceden flujos secos de material granular (USGS, 2004).
- **Flujo de lodo:** Es un flujo de tierra que contiene material suficiente húmedo para fluir rápidamente, contiene material por los menos el 50% de arena, limo y arcilla (USGS, 2004)

- **Deslizamiento por flujo:** Son flujos con movimientos muy rápidos o extremadamente rápido de masa de suelo de material granulado (Hungre et al., 2001).

**f) Reptaciones**

Son movimientos lentos de terreno, con el tiempo pueden provocar deslizamientos de detritos y de avalanchas de detritos (PMA - Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007)

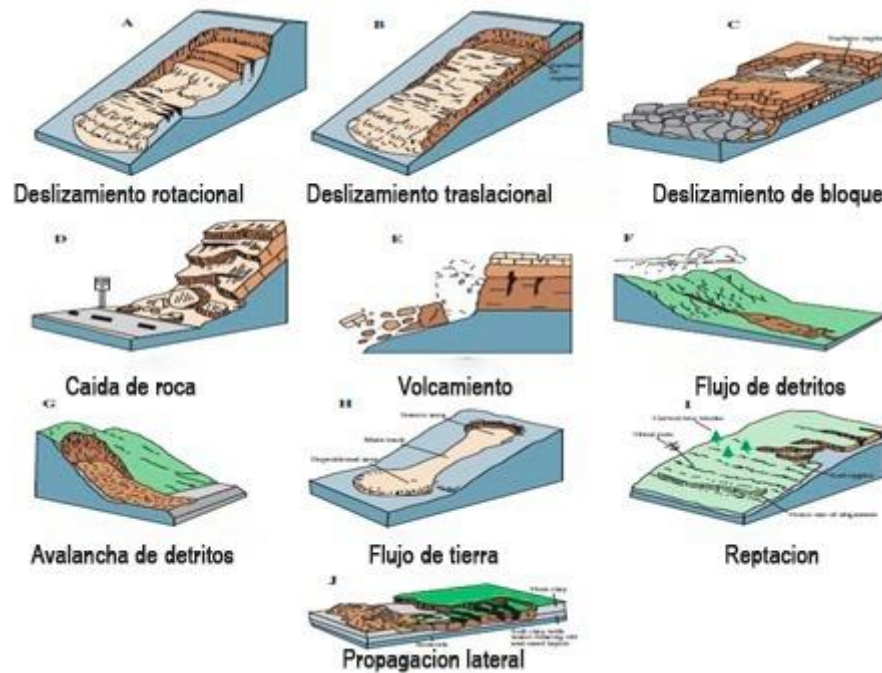
**g) Deformaciones gravitacionales profundas**

Son movimientos de muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento, presenta rasgos de deformación, pero si no muestra en la superficie una ruptura definida (PMA - Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

**Tabla 1.** Tipos de deslizamientos.

Tipos	subtipo
Caídas	Caídas de roca (detritos o suelo)
	Volcamiento de roca (Bloque)
Volcamiento	Volcamiento flexural de roca o del macizo
	Rocoso
Deslizamientos de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalanchas de detritos
	Avalanchas de rocas
	Deslizamientos por flujo o deslizamientos por licuación (arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente. PMA - Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007



**Figura 1.** Tipos de deslizamientos de tierra. Tomado de U.S. Geological Survey (USGS), 2004.

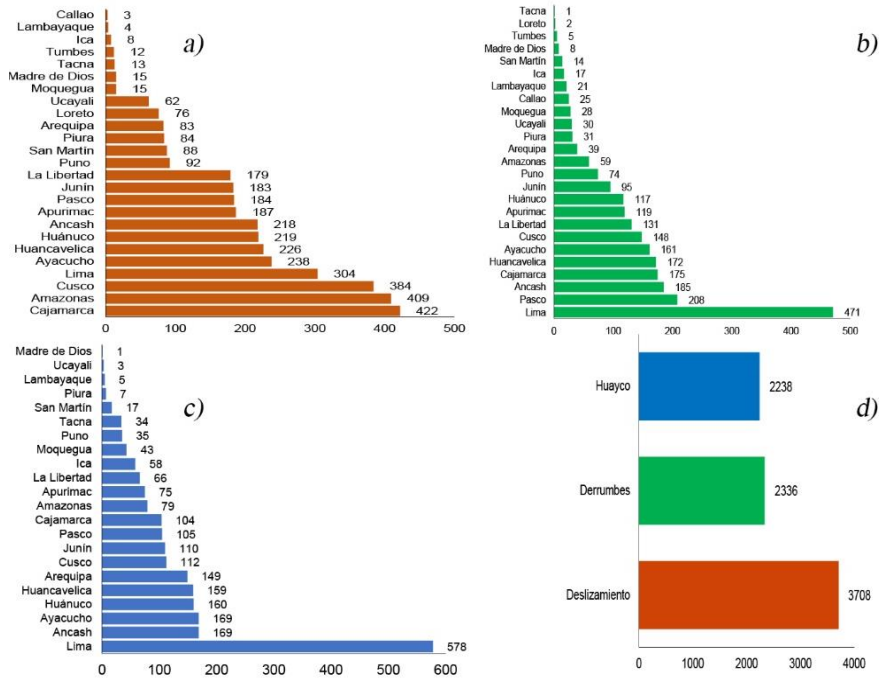
### 2.1.2. Causas de los deslizamientos

Según USGS (2004) la principal causa de los deslizamientos de tierra ocurre por la saturación de agua en las laderas a consecuencia de las lluvias intensas, deshielo, cambios en los niveles de agua subterránea y superficial, presas de tierra, las orillas del río, embalses, canales y ríos, existen múltiples causas de la ocurrencia de los deslizamientos entre ellos tenemos las causas geológicas (materiales débiles, desgastados, cortados, fisurados y rigidez de materiales), causas morfológicas (levantamiento tectónico, rebote glacial, erosión fluvial, erosión subterránea, pérdida de vegetación, meteorización por congelación y descongelación) y causas humanas (excavación de talud, deforestación, embalses, riego, minería, vibración artificial y fugas de agua de los servicios públicos).

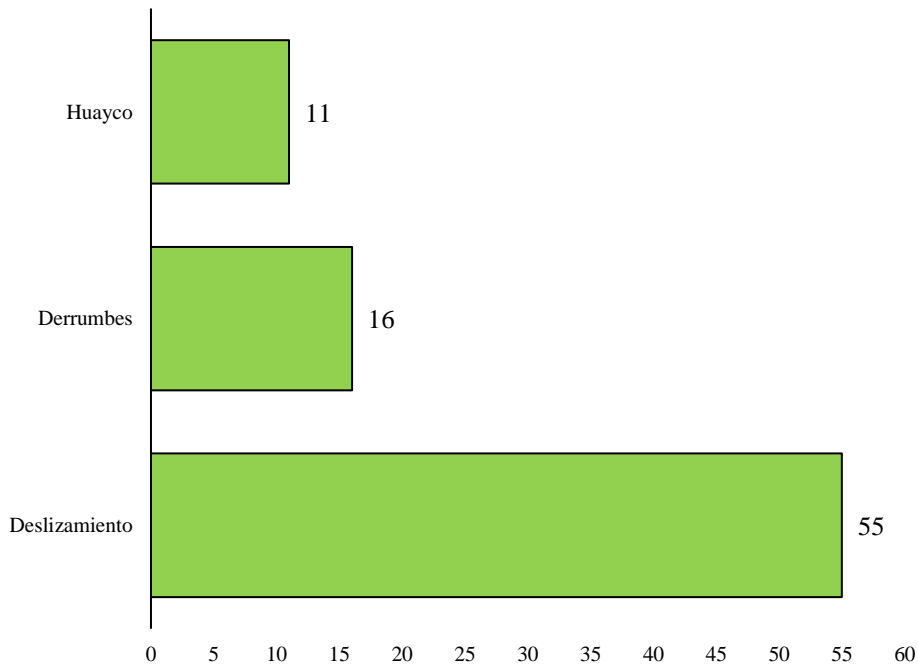
### 2.1.3. Deslizamientos en el Perú y la provincia de Leoncio Prado

Según el reporte de emergencias de la Oficina General de Tecnología de la Información y Comunicaciones – INDECI, en el periodo 2003 – 2020, en el Perú se reportaron distintos tipos deslizamientos de tierra (deslizamientos, derrumbes y huaycos) con un total de 3708 deslizamientos, 2336 derrumbes y 2238 huaycos en distintos departamentos del país (Figura 2d). Los departamentos con mayores incidencias de deslizamientos fueron Cusco, Amazonas y Cajamarca (Figura 2a), los derrumbes y huaycos con mayor incidencia fue la región de Lima (Figura 2b y c). Mientras en la provincia de Leoncio Prado se reportó un total de 55 eventos de

deslizamientos, 16 eventos de derrumbes y 11 eventos de huaycos (Figura 3).



**Figura 2.** Deslizamientos de tierras ocurrido en el periodo 2003 – 2020. (a) deslizamientos, (b) derrumbes, (c) huaycos y (d) Total de deslizamientos en el Perú. Tomado de la Oficina General de Tecnología de la Información y Comunicaciones – INDECI.



**Figura 3.** Reporte de deslizamientos ocurridos en la provincia de Leoncio Prado del periodo 2003 – 2020. Tomado de la Oficina General de Tecnología de la Información y Comunicaciones – INDECI.

## 2.2. Inventario de deslizamientos

Es una forma más simple de mapeo del deslizamiento de tierra (Guzzetti et al., 2002), que se basan en la representación de la distribución espacial, tipología y el estado de los movimientos en masa que han dejado evidencia visible en las áreas investigadas (Guzzetti et al., 2000; Raspini et al., 2016). Por otro lado, Raspini et al. (2016) define el mapa de inventario de deslizamientos de tierra como la herramienta básica para cualquier evaluación de peligros de deslizamientos de tierra para diferentes escalas y contribuye a la mejora de las estrategias de gestión de riesgos de peligros naturales.

El mapa de inventario de deslizamientos para un área determinada debe tener la ubicación exacta, fecha de ocurrencia y el tipo de deslizamientos (Hansen, 1984 citado por Guzzetti et al., 2002). Asimismo, los inventarios de deslizamientos de tierra a menudo cubren solo una parte parcial del área geográfica total, asociada con el evento desencadenante del deslizamiento de tierra (Guzzetti et al., 2002).

Los inventarios deslizamientos históricos nunca están completos, por dos razones: la evidencia de la existencia de deslizamientos de tierra que se eliminan rápidamente por la erosión, ocurrencia de nuevos deslizamientos de tierra, crecimiento de la vegetación y actividad humana y el tiempo, que es el límite de un deslizamiento de tierra se vuelve cada vez más borroso, lo que dificulta que el geomorfólogo lo identifique y mapee con precisión (Guzzetti et al., 2002).

### 2.2.1. Metodología para un inventario de deslizamientos

Los diferentes métodos de inventarios de deslizamientos se pueden elaborar dependiendo del alcance de los recursos disponibles y la escala de la investigación. Asimismo, se puede preparar mediante la recopilación de información histórica sobre los deslizamientos de tierra o del análisis de fotografías aéreas junto con estudios de campo (Guzzetti et al., 2000).

Los mapas de inventario de deslizamientos se pueden realizar a través de métodos convencionales (mapeo geomorfológico de campo e interpretación visual de fotografías aéreas) y técnicas nuevas (Guzzetti et al., 2012).

#### a. Métodos convencionales

**Mapeo de campo geomorfológico:** Este método se ve obstaculizado por la dificultad de detectar deslizamientos de tierra en campo, especialmente los deslizamientos antiguos, estas son algunas causas que incluyen: tamaño del deslizamiento de tierra, punto de vista del

investigador, los antiguos deslizamientos de tierra están parcial o totalmente cubierto por bosques o por otros deslizamientos de tierra, erosión, acción antrópica, inclusión de las prácticas agrícolas y forestales. Además, en el campo no es sencillo identificar el límite de un deslizamiento de tierra, particularmente a lo largo de los lados de la falla de una pendiente, donde la topografía es irregular y la vegetación es alta o densa (Guzzetti et al., 2012).

**Interpretación de las fotografías aéreas:** Es el método más común para reconocer deslizamientos de tierra y preparar mapas de deslizamientos de tierra. El uso de fotografía aérea estereoscópica ha definido un estándar dominante y un punto de referencia con el que se comparan las nuevas tecnologías para detectar y mapear deslizamientos de tierra (Guzzetti et al., 2012).

Además, Brunsden (1993) menciona que, el mejor amigo del investigador de los deslizamientos de tierra sigue siendo las fotografías aéreas.

#### **b. Métodos nuevos**

Los geomorfólogos están explotando métodos y tecnologías nuevas para ayudar a detectar y mapear deslizamientos de tierra en grandes áreas los cuales son: análisis de la morfología de la superficie explotando los modelos digitales de elevación (DEM) de muy alta resolución, interpretación y análisis de imágenes de satélite, incluidas imágenes pancromáticas, imágenes de radar de apertura sintéticas y multiespectral (SAR) y uso de nuevas herramientas para facilitar el mapeo de campo (Guzzetti et al., 2012).

### **2.2.2. Tipos de mapas de deslizamientos de tierra**

Los mapas de deslizamientos de tierra se pueden clasificar según su escala y el tipo de mapeo (Guzzetti et al., 2012).

#### **a. Según su escala**

**Inventarios de deslizamientos de tierra a pequeña escala (<1:200,000):** Son elaborados a partir de los datos obtenidos de la literatura, a través de consultas a organizaciones públicas y consultores privados, mediante las búsquedas de hechos históricos, revistas, informes técnicos y científicos o mediante entrevistas a expertos en deslizamientos de tierra.

**Inventarios de deslizamientos de tierra a mediana escala (1: 25.000 a 1: 200.000):** Se preparan mediante la interpretación sistemática de fotografías aéreas a escalas de impresión que van desde 1: 60.000 a 1: 10.000 y mediante la integración de comprobaciones de campo locales con información histórica.

**Inventarios de deslizamientos a gran escala (> 1: 25.000):** Son elaboradas para áreas limitadas, utilizando la interpretación de fotografías aéreas a escalas superiores a 1: 20.000, imágenes satelitales de muy alta resolución o modelos digitales del terreno y extensas investigaciones de campo (Guzzetti et al., 2012).

#### **b. Según el tipo de mapeo**

**Inventario de archivo:** Son mapas que muestran información sobre deslizamientos de tierra obtenida de la literatura u otras fuentes de archivos.

**Inventarios geomorfológicos:** Se pueden clasificar como inventarios históricos, de eventos, estacionales o multitemporales.

- Inventario histórico muestra los efectos acumulativos de muchos eventos de deslizamientos de tierra durante un período de decenas, cientos o miles de años.
- Inventario de eventos muestra deslizamientos de tierra causados por un solo desencadenante, además la fecha de los deslizamientos de tierra corresponde a la fecha del evento desencadenante.
- Inventario estacional muestra los terrenos desencadenados por eventos únicos o múltiples durante una sola temporada, o algunas temporadas.
- Inventarios multitemporales muestran deslizamientos de tierra provocados por múltiples eventos durante períodos más largos (Guzzetti et al., 2012).

#### **2.2.3. Limitaciones de los inventarios de deslizamientos**

Según Guzzetti et al. (2002) algunos factores que limitan a tener buena integridad y resolución en los inventarios de deslizamientos de tierra son: la frescura de los deslizamientos de tierra, la calidad y escala de las fotografías aéreas, mapa base, presencia de cobertura vegetal, habilidad del geomorfólogo, la complejidad morfológica y geológica del área de estudio.

Según Polemio y Petrucci (2010) menciona las limitaciones en la recolección de información de deslizamientos de tierra:

- La investigación no puede considerarse completa por factores accidentales que puede provocar pérdida de información, por ejemplo, los fenómenos que ocurrieron en áreas despobladas y no indujo daños pueden no registrarse porque la mayoría de las fuentes disponibles están más relacionadas con los daños, que con el fenómeno en sí.

- La certeza también puede afectar en la fecha de ocurrencia de los eventos de deslizamientos o es decir que la fecha de la ocurrencia del deslizamiento no corresponde al que ocurrió realmente el evento.

### **2.3. Interpolación espacial**

Es un procedimiento matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una superficie precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos cercanos ubicados dentro un área específica (FAO, 2003).

Ocupan el primer grupo de métodos de interpolación espacial para calcular la precipitación, los métodos determinísticos más utilizados son el polígono de Thiessen (THI) y la ponderación de distancia inversa (IDW), que se basan en la ubicación de las estaciones medidas y en los datos de precipitación (Ly et al., 2013).

#### **2.3.1. Técnicas de interpolación**

Según Ly et al. (2013), existen varios métodos de interpolación que reproducen la continuidad espacial de los campos de lluvia a partir de la medición del pluviómetro. Estos métodos se pueden clasificar generalmente en dos grupos principales: métodos determinísticos (Polígono de Thiessen (THI), Ponderación de distancia inversa (IDW), Spline, Regresión lineal, entre otros) y métodos geoestadísticos (Kriging simple, Kriging ordinario, etc.). Por ello se presenta un resumen de algunos métodos de interpolación.

##### **a. Polígono de Thiessen (THI)**

En un método exacto de interpolación local que asume que los valores desconocidos de los puntos en una superficie son iguales al valor del punto conocido más cercano (UDA-Consultig, 2018). Esta técnica delimita la zona de influencia de cada estación dentro del conjunto de estaciones, para ello es necesario conocer la ubicación de las estaciones en la zona de estudio (Villon, 2002).

La desventaja de este método es inexacta y no puede responder al conocimiento externo sobre algunos factores como la topografía que pueden influir en los valores registrados en los puntos de datos observados (Goovaerts, 2000; UDA-Consultig, 2018).

##### **b. Ponderación de distancia inversa (IDW)**

Es un método de interpolación determinístico simple, intuitivo y exacto basado en el principio que impone los valores de los datos más cercanos a la ubicación de predicción, tienen

mayor influencia en el valor de predicción que los valores de muestra más alejados (UDA-Consultig, 2018). Según Ly et al. (2013), este método se basa en las funciones de las distancias inversas en los pesos, se definen por el opuesto de la distancia y se normalizan para que la suma sea igual a 1. Mientras Loyd (2005) indica que, la estimación de IDW es un promedio ponderado de los datos disponibles en un área específica.

Según Ly et al. (2013); FAO, (2003), los pesos disminuyen a medida que aumenta la distancia y de igual manera los pesos aumentan cuando más cerca se encuentre o disminuye la distancia.

En este método de IDW, la potencia es la función de la distancia inversa que se debe seleccionar antes de realizarse la interpolación (Ly et al., 2013). Mientras FAO (2003); UDA-Consultig (2018) indica que una potencia más alto pone más relevancia sobre los puntos cercanos, creando una superficie con más detalle, pero es menos suave y una potencia bajo tiene más influencia para rodear puntos de aquellas áreas más lejanas, creando una superficie suave.

La principal desventaja de este método es el efecto de ojo de buey en los valores más altos cerca de la ubicación observada y la superficie nerviosa (UDA-Consultig, 2018). Por otro lado, Kravchenko (2003) recomienda usar este método para conjuntos de datos pequeños para los que no se conocen los parámetros del variograma y para conjuntos de datos con grandes distancias entre los puntos de la muestra.

### c. Regresión lineal simple (RLS)

Es un método sencillo de evaluar las variaciones espaciales donde existe una relación entre las variables (Lloyd, 2005). La ecuación general regresión lineal es:

$$\hat{z}(\mu_\alpha) = \beta_0(\mu_\alpha) + \beta_1(\mu_\alpha)x_1 + \varepsilon_\alpha \quad (1)$$

Donde:

$\hat{z}$ : Indica la estimación de z que es una variable independiente (precipitación)

$\beta_0$ : Intersección de los parámetros que se estiman

$\beta_1$ : Pendiente de los parámetros que se estiman

$X_1$ : representa la elevación

$\varepsilon_\alpha$ : Es el error o residuo

Al aplicar este método para la estimación de la precipitación, la lluvia representa la variable principal y la elevación como la variable secundaria, la estimación se basa de acuerdo con la relación que existe entre la precipitación y elevación más cercanos a la ubicación de la

estimación (Ly et al., 2013). De la misma manera, Lloyd (2005) señala que la cantidad de precipitación y la elevación están relacionadas linealmente o se puede decir que la cantidad de precipitación tiende a ser pequeña, en elevaciones bajas y grande en elevaciones altas. Asimismo, la correlación entre la elevación y la precipitación debe ser mayor de  $R^2 = 0.75$ , para que valga la pena integrar la información de las estaciones cercanas (Goovaerts, 2000).

## **2.4. Umbrales de precipitación**

Es el nivel mínimo o máximo de una variable desencadenante o detonante (lluvia) necesaria para que probablemente provoque una falla en la pendiente (deslizamientos de tierra). Un umbral mínimo define el nivel más bajo necesario para que ocurra un deslizamiento de tierra y por debajo del cual no ocurre ningún deslizamiento y un umbral máximo es límite que por encima del cual siempre ocurre un deslizamiento (Reichenbach et al., 1998; Crosta y Frattini, 2001; Guzzetti et al., 2007).

### **2.4.1. Clasificación de umbrales de lluvia**

Los umbrales pueden clasificarse en bases físicas (basados en procesos, conceptuales) y empíricas (históricas y estadísticas) (Crosta y Frattini, 2001; Aleotti, 2004; Guzzetti et al., 2007).

#### **a) Umbrales físicos**

Son basados en modelos numéricos que tiene en cuenta la relación entre la lluvia, la estabilidad de la pendiente y las características del suelo mediante la adopción de modelos hidrológicos y de estabilidad (Crosta y Frattini, 2001; Aleotti, 2004). Los modelos basados en procesos pueden determinar la cantidad de precipitación necesaria para desencadenar fallas en las pendientes, la ubicación y el momento de los deslizamientos de tierra esperados, lo que los hace de interés para los sistemas de alerta de deslizamientos de tierra. Sin embargo, existen limitaciones, ya que se requieren información espacial detallada sobre las características hidrológicas, litológicas, morfológicas y del suelo que controlan el inicio de deslizamientos de tierra y esta información es difícil de recopilar con precisión en grandes áreas y rara vez está disponible (Guzzetti et al., 2007).

#### **b) Umbrales empíricos**

Son umbrales de lluvia basados en el análisis de los eventos de lluvia pasados y la ocurrencia de los deslizamientos de tierra (Guzzetti et al., 2007; Tien et al., 2013). Los umbrales empíricos se pueden agrupar en umbrales globales, regionales o locales (Guzzetti et al., 2007).

- **Umbrales globales:** Establece un umbral mínimo universal, que por debajo del cual no se producen deslizamientos de tierra, independientemente de las condiciones morfológicas, litológicas y de uso de la tierra locales y del patrón e historial de precipitaciones locales o regionales.
- **Umbrales regionales:** Son para áreas que se extienden desde unos pocos hasta varios miles de kilómetros cuadrados de características meteorológicas, climáticas y fisiográficas similares y son potencialmente adecuados para sistemas de alerta de deslizamientos de tierra basados en pronósticos, estimaciones y pronósticos espaciales cuantitativos de precipitaciones.
- **Umbrales locales:** Consideran explícita o implícitamente el régimen climático local y el entorno geomorfológico, son aplicables a deslizamientos de tierra individuales o grupos de deslizamientos de tierra en áreas que se extienden desde unos pocos hasta algunos cientos de kilómetros cuadrados.

Según Guzzetti et al. (2007), la base en las mediciones de lluvia consideradas en los umbrales empíricos de lluvia se puede agrupar en tres categorías: umbrales que combinan las mediciones de precipitación obtenidas para un evento de lluvia específico, umbrales que consideran las condiciones antecedentes y otros umbrales. Asimismo, Reichenbach et al. (1998) indica que los parámetros de precipitación frecuentemente investigados son la precipitación total (acumulada), lluvia antecedente (pre-evento), intensidad y duración de las lluvias.

## **2.4.2. Ventajas y desventajas de los umbrales de lluvia**

### **a. Ventaja**

- Los umbrales de lluvia justifican su definición y aplicación en los sistemas de alerta, se refiere al hecho de que la precipitación es relativamente simple y económica de medir en grandes áreas.
- Si los datos de lluvia medidos o pronosticados son los suficientemente densos en el espacio los umbrales de lluvia pueden permitir una buena resolución. En algunos lugares las precipitaciones se pronostican con una precisión cada vez mayor.
- Cuando se dispone de datos sobre las propiedades del suelo y la presión del agua intersticial a poca profundidad, los umbrales de lluvia se pueden vincular a modelos geotécnicos específicos del sitio, mejorando en gran medida la predicción temporal de deslizamientos de tierra poco profundos (Reichenbach et al., 1998).

## b. Desventajas

- La lluvia no es la causa principal de la ocurrencia de los deslizamientos (Reichenbach et al., 1998).
- La falla de la pendiente es difícil de predecir basándose solo en la lluvia, y se puede identificar más fácilmente usando una combinación de factores relacionados. Hay ciertos casos en los que no se produce un deslizamiento de tierra incluso cuando se superan los umbrales de lluvia. Por lo tanto, la probabilidad de que ocurran deslizamientos de tierra debe estimarse con base en variables de lluvia más específicas (Lee et al., 2021).

### 2.4.3. Lluvias detonantes de deslizamientos

#### a. Lluvia de evento

Es la cantidad de lluvia caída durante el día de la ocurrencia de los deslizamientos (Patricia, 2015).

#### b. Lluvia acumulada

Es la cantidad de lluvia caída en los días inmediatamente previos al deslizamiento, incluyendo el día del evento (Aristizábal et al., 2011; Pradenas, 2014).

#### c. Lluvia antecedente

Es la cantidad de lluvia caída a los días antecedentes a los deslizamientos incluyendo el día de evento (Aristizábal et al., 2011; Pradenas, 2014). Asimismo, controla el nivel de humedad del suelo en el proceso de saturación lenta de la capa del suelo y también influye en el nivel freático (Kanungo y Sharma, 2014).

La precipitación antecedente se utiliza muy constantes para la evaluación de la relación de precipitación y deslizamientos, por ello se utiliza dos métodos de lluvias antecedentes (Canales, 2011).

**Indicador de lluvia antecedente simple:** Se calcula la suma de los valores de precipitaciones antecedentes 3,10,15, 30 y n días anteriores incluyendo el día evento (Canales, 2011).

$$P_{\text{antecedente}} (mm) = \sum_i^n P_i \quad (2)$$

Donde:

$P_{\text{antecedente}}$ : Precipitación antecedente (mm).

- n : Número de días antecedentes considerados (3, 10, 15, 30 y n).  
 P<sub>i</sub> : Precipitación de día precedente.

**Indicador de lluvia antecedente con suavización exponencial.** Este método otorga un mayor peso a las lluvias de los últimos días y de manera consecuente un menor peso a las lluvias de los días menos recientes o más alejados del día evento (Canales, 2011). La fórmula es:

$$P \text{ antecedente (mm)} = \sum_i^n P_i + C \quad (3)$$

Donde:

- P<sub>antecedente</sub>: Precipitación antecedente (mm).  
 P<sub>i</sub> : Precipitación de día precedente.  
 C : Constante de suavización (0.9 ó 0.95).

Según Kanungo y Sharma (2014), indica la evolución del nivel freático y el contenido de humedad del suelo son muy difíciles de determinar con precisión, ya que dependen de varios factores como las características del material del suelo (tamaño de grano, distribución y disposición de las partículas, densidad, porosidad, permeabilidad, etc.), precipitaciones y patrones de temperatura, etc. Por lo tanto, una forma sencilla de utilizar las mediciones de precipitación antecedente es establecer un umbral basado en la cantidad de precipitación antecedente antes del derrumbe de taludes o deslizamientos de tierra. Pero presenta una dificultad importante en el uso de las mediciones de precipitaciones precedentes para predecir la ocurrencia de deslizamientos de tierra es el período exacto durante el cual se acumula la lluvia.

Varios investigadores en todo el mundo han considerado diferentes períodos de lluvias antecedentes a partir de 3 días hasta 120 días (4 meses) sobre una base de prueba y error para explicar los deslizamientos de tierra (Kanungo y Sharma, 2014).

#### **2.4.4. Análisis de la precipitación y deslizamientos**

##### **a. Distribución y tendencia de precipitación**

Las lluvias capaces de desencadenar deslizamientos superficiales e información sobre distribución y tendencias de la precipitación son esenciales para evaluar las medidas más adecuadas para pronosticar amenazas naturales para reducir el riesgo de deslizamientos y al mismo tiempo desarrollar el ordenamiento territorial más sostenible (Roccati et al., 2020).

Para analizar las tendencias climáticas y su impacto en las lluvias, se han propuesto numerosos enfoques para identificar la variabilidad significativa en los regímenes de lluvias en

diferentes escalas temporales. Asimismo, varios estudios han realizado el análisis de tendencias en series de tiempo hidrológicas utilizando pruebas no paramétricas porque pueden detectar tendencias significativas en series de tiempo, que muestran correlaciones seriales y toleran valores atípicos de los datos (Roccati et al., 2020).

La estimación de tendencia es un método estadístico para identificar la tendencia de los datos. Cuando una serie de mediciones de un proceso se trata como una serie de tiempo, la estimación de tendencias se puede utilizar para reconocer patrones cambiantes, al relacionar las mediciones con los momentos en que ocurrieron los deslizamientos (Li et al., 2018).

### **- La prueba de Mann – Kendall**

Es un método más común empleado para identificar tendencias positivas o negativas estadísticamente significativas en series de tiempo de precipitaciones en diferentes escalas temporales en un nivel de confianza determinado (Roccati et al., 2020).

#### **b. Selección de base datos de deslizamientos y de precipitación.**

Para la selección de base datos de deslizamientos se deben tener ciertos criterios como: periodos que presentan con mayor recolección de datos debido al aumento de fuentes de información, eventos causados por la acción de la lluvia, eventos que cuentan información espacial precisa que permita localizarlo en el área y eventos que cuentan con fecha de la ocurrencia de los deslizamientos (Aristizábal et al., 2011).

La base datos de precipitación descartados pueden ser por estas razones, debido a la baja calidad de registros históricos de lluvias antecedentes a la fecha de ocurrencia de los deslizamientos, periodos en el cual las mediciones y lecturas de la precipitación son menos precisos y confiables, que estos datos podrían afectar o distorsionar el cálculo de los umbrales de la lluvia detonate a los deslizamientos (Aristizábal et al., 2011). De la misma manera Mayorga (2003) utilizó para la selección de los eventos el método de clasificación que consiste en excluir eventos que se consideraron detonados por las acciones antrópicas, eventos que poseen lluvias atípicas, eventos que poseen datos pluviométricos y obtenidos de estaciones lejanas (a más de 10 km).

## **2.5. Modelo de probabilidad bayesiano**

Los modelos de pronóstico se pueden construir utilizando métodos estadísticos aplicados a datos objetivos. Sin embargo, cuando los datos históricos no están disponibles, son irrelevantes o existen restricciones financieras y de tiempo, se puede utilizar un enfoque

subjetivo. El modelo de probabilidad subjetiva bayesiano se basa en consultar las opiniones e intuiciones de un grupo de expertos, obtener estimaciones de probabilidad y procesarlas a través de la fórmula de Bayes. Cabe señalar que los modelos subjetivos están limitados porque tardan en revelar relaciones previamente no reconocidas (Driver y Alemi, 1995 y Lee et al., 2021).

Por otro lado, Dikshit y Satyam (2017) define como el método fácil, estadísticamente riguroso y arroja un valor de probabilidad de deslizamiento (de 0 a 1) para cada combinación de las condiciones de lluvia seleccionadas. Según Driver y Alemi (1995), Do y Yin (2018), la construcción del modelo de probabilidad de Bayes requiere estos pasos:

- Decidir sobre los eventos a pronosticar.
- Identificar las pistas.
- Evaluar las estimaciones de probabilidad.
- Use la fórmula de Bayes para pronosticar.

El teorema bayesiano utiliza probabilidades condicionales y podemos determinar la probabilidad de que "A" ocurra bajo las condiciones de "B" (Lee et al., 2021). Además, esta técnica se puede aplicar para grados de variables dependiendo de la calidad y cantidad de datos de lluvia y deslizamientos de tierra (Sarkar y Dorji, 2019).

Berti et al. (2012), González y Caetano (2017), Do y Yin (2018), Dikshit y Satyam (2019), Sarkar y Dorji (2019) y Lee et al. (2021), las probabilidades se determinan utilizando el teorema de Bayes unidimensional y bidimensional.

#### **a. Probabilidad bayesiana unidimensional**

Este tipo de enfoque de probabilidad bayesiana se aplica a un solo parámetro de lluvia para estimar la probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos de tierra (Sarkar y Dorji, 2019) y se define mediante una fórmula que se presenta a continuación:

$$P\left(\frac{X}{Y}\right) = \frac{P\left(\frac{X}{Y}\right) * P(X)}{P(Y)} \quad (4)$$

Donde:

P(Y/X): Probabilidad de precipitación de magnitud Y para la ocurrencia de deslizamiento de tierra.

P(X) : Probabilidad de deslizamiento de tierra independientemente del evento de precipitación de magnitud X.

$P(Y)$  : Probabilidad de precipitación de magnitud  $X$ , independientemente de la ocurrencia de deslizamiento de tierra.

$P(X/Y)$ : Probabilidad de deslizamiento de tierra para un evento de precipitación de magnitud  $Y$ .

Si el número de eventos de lluvia es  $M_R$  número de eventos de deslizamientos de tierra siendo  $M_A$ , el número de eventos de precipitación de grado  $B$  sea  $M_B$  y el número de eventos de precipitación que conducen al inicio del deslizamiento sea  $M_{(B/A)}$ . Entonces la ecuación será de esta manera:

$$P(X) \approx M_A/M_R \quad (5)$$

$$P(Y) \approx M_B/M_R \quad (6)$$

$$P(Y/X) \approx M_{(B/A)}/M_A \quad (7)$$

Los parámetros que se utilizan para el análisis dependerán de las razones clave para la iniciación del deslizamiento en una región. Las variables utilizadas son eventos acumulativos de lluvia, duración e intensidad de la lluvia (Sarkar y Dorji, 2019). En nuestro caso la variable usada fue las lluvias antecedentes (3, 5, 7, 10, 15 y 30 días).

### **b. Probabilidad bayesiana bidimensional**

Este enfoque bayesiano determina la probabilidad condicional de un evento de deslizamiento de tierra a causa de dos parámetros de lluvia (Sarkar y Dorji, 2019). Su ecuación se muestra a continuación:

$$P\left(\frac{X}{Y}, Z\right) = \frac{P\left(\frac{Y, Z}{X}\right) * P(X)}{P\left(\frac{Y}{Z}\right)} \quad (8)$$

Donde el  $Y, Z$  denota la probabilidad combinada de tener un cierto rango de valor de dos variables cualesquiera. Si  $Y$  es igual a la intensidad de la lluvia y  $Z$  es la duración de la lluvia, la probabilidad de que ocurra un deslizamiento de tierra debido a un evento de lluvia de duración e intensidad.

El modelo permite utilizar cualquier conjunto de parámetros de lluvia para calcular los umbrales y su importancia, puede compararse con la probabilidad previa. Además, también se puede utilizar para  $n$ -variables modificando la ecuación en consecuencia, como comprender el efecto de una combinación de intensidad de lluvia, duración, evento de lluvia y lluvia previa sobre la incidencia de deslizamientos de tierra (Sarkar y Dorji, 2019).

Por otro lado, Dikshit y Satyam (2017) indica la precisión de los umbrales empíricos se limita por la disponibilidad de datos rigurosos sobre precipitaciones y deslizamientos de tierra. Por lo tanto, para superar las limitaciones, recomienda utilizar el enfoque bayesiano para estimar la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos con características de eventos de lluvia.

## 2.6. Antecedentes

### 2.6.1. A nivel nacional

Damián y Huamán (2017) en su investigación “Estimación de umbrales de precipitación, para un sistema de alerta temprana en deslizamientos de laderas, en el distrito de cuenca, provincia de Huancavelica”, la metodología fue basado mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG), evaluó 87 series de precipitaciones acumuladas del periodo 2010 al marzo del 2015, que corresponden a las precipitaciones para el fenómeno del niño. Obteniendo como resultado, el primer umbral de alerta verde a la lluvia acumulada de 4 días con 30 mm, que representar el 25% de la lluvia crítica, umbral para alerta amarilla es de 6 días con 50 mm, que representa el 50% de la lluvia crítica y el umbral de alerta roja se sitúa para la lluvia acumulada de 10 días que se encuentra entre 70 y 100 mm, corresponde al 75% de la lluvia crítica y por último el umbral a emitir alerta roja es para la lluvia acumulada de 16 días con 100.3 mm.

Por otro lado, Castro (2022), calculó los umbrales de precipitación para deslizamientos de tierra en la cuenca del Río Rímac. Donde analizó 57 condiciones de precipitación, identificando 110 deslizamientos de tierra en la cuenca del río Rímac para el periodo 2005-2017. Los umbrales se calcularon para diferentes niveles de probabilidad de excedencia de 1 al 50 % y se estimó las incertidumbres relativas ( $\Delta\alpha/\alpha$  y  $\Delta\gamma/\gamma$ ), asociadas a los parámetros ( $\alpha$  y  $\gamma$ ) del modelo ( $E = \alpha D \gamma$ ), utilizando el método de remuestreo *bootstrap*. Posteriormente se realizó la validación de los umbrales usando 24 condiciones de precipitación que se identificaron 72 eventos de deslizamientos de tierra. Para la validación, se utilizó las tablas de contingencia, índices de puntuación y un análisis ROC (Receiver Operating y Characteristic) para umbrales a diferentes niveles de probabilidad de excedencia. Se obtuvieron como resultado a los umbrales de precipitación para condiciones de lluvia promedio de 57,1 horas de duración (D) y 25,0 mm de precipitación acumulada (E).

En la provincia de Leoncio Prado hasta el momento no hay ninguna investigación acerca de los cálculos de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos de tierra.

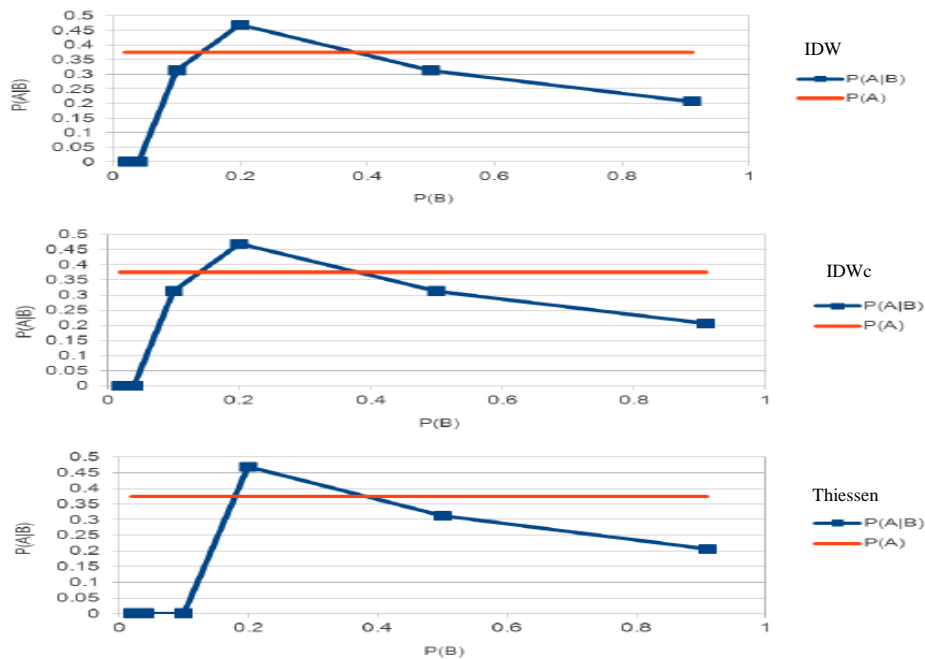
### 2.6.2. A nivel internacional

En Colombia en el valle de Aburrá, Aristizábal et al. (2011) analizó los umbrales empíricos de lluvia para el pronóstico de movimientos en masa, mediante un procedimiento empírico con información de movimientos en masa y precipitaciones con registros de resolución temporal cada 15 minutos, que estimó la lluvia acumulada cada 1, 3, 5 y 7 días y la lluvia antecedente de cada 5, 10, 15, 30, 60 y 90 días para cada movimiento en masa. Obtuvo como resultado la precipitación antecedente como el mejor condicionante para la ocurrencia de movimientos en masa en el Valle de Aburrá. Asimismo, los datos indicaron que los movimientos en masa empleados para el análisis ocurrieron para la lluvia antecedente mayores a 60 mm para 30 días, a 160 mm para 60 días y a 200 mm para 90 días. Finalmente recomienda evaluar con detalle este tipo de análisis y umbrales, ya que por lo general no consideran los días de lluvia en que no se presentaron movimientos en masa y las nuevas investigaciones deberán iniciarse basados en el análisis de las series de lluvia y probabilidades de excedencia.

En Chile en la provincia de Concepción, Pradenas (2014) calcula los umbrales empíricos de deslizamientos por precipitación en la ruta del Itata CH-152 y ruta de la Madera CH-156 utilizando el método empírico para la estimación de umbrales críticos de deslizamiento por lluvias, mediante la información obtenida de las estaciones meteorológicas y rutas concesionadas, construyendo bases de datos de deslizamientos y precipitación. El umbral característico de la provincia de Concepción es condicionado por la lluvia antecedente son superiores a 44 mm en 30 días, para este valor la probabilidad de ocurrencia de deslizamiento se incrementa drásticamente, siendo éste su umbral mínimo y en cuanto a los umbrales máximos para lluvia acumulada es de 100 mm.

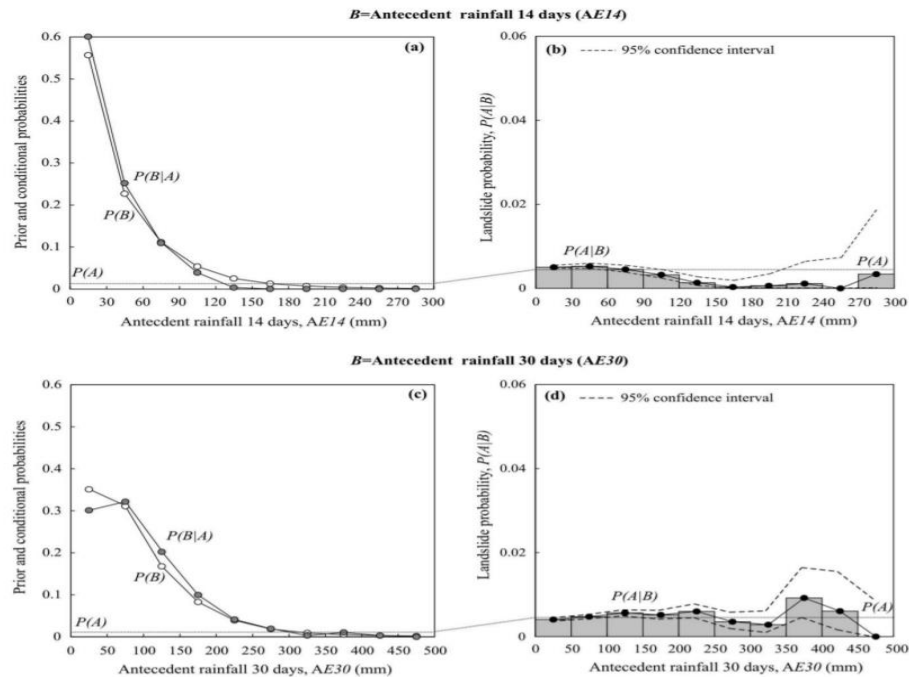
En Colombia en las microcuencas de los Corregimientos de Villa Restrepo y Juntas de la Cuenca Combeima Ibagué – Tolima, Patricia (2015), estima los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos. La metodología consistió en la revisión bibliografía y selección de los eventos de deslizamiento, preprocesamiento de los registros diarios de precipitación, análisis espacial de la precipitación empleando los métodos de interpolación espacial (Polígono de Thiessen, Inverso de la distancia inversa - IDW e Inverso de la distancia inversa corregido con la altura sobre el nivel del mar- IDWc) y cálculos de umbrales de lluvia crítica desde un enfoque bayesiano. Identificó 99 deslizamientos entre 1959 y 2007 en toda la cuenca del Río Combeima, de los cuales 13 deslizamientos ocurrieron en Villa Restrepo y 12 en Juntas, donde 13 eventos deslizamientos fueron descartados por carecer de información (ubicación y fecha de ocurrencia)

quedando seleccionado 12 eventos. Los umbrales de lluvia crítica reportaron una probabilidad de ocurrencia de deslizamientos muy bajas (Figura 4). Llegando a la conclusión, la carencia de información espacial de precipitación observada el método de interpolación utilizado tiene poco efecto en los umbrales y los umbrales propuestos son probabilísticos y se puede decir dada una lluvia B con  $Tr = X$  es posible que no ocurra deslizamiento.



**Figura 4.** Probabilidades de ocurrencia de los deslizamientos condicionada a la ocurrencia de las lluvias acumuladas con diferentes probabilidades de excedencia. Tomado de Patricia (2015).

En Italia Berti et al. (2012) en su investigación “Probabilistic rainfall thresholds for landslide occurrence using a Bayesian approach”, el enfoque propuesto se aplicó a la región de Emilia-Romaña de Italia aprovechando el archivo histórico de deslizamientos de tierra, que incluye más de 4000 eventos cuya fecha de ocurrencia se conoce con precisión diarias. Los resultados muestran que los deslizamientos en el área de estudio están fuertemente relacionados con los parámetros del evento de lluvia (duración, intensidad, lluvia total) mientras que la lluvia antecedente parece ser menos importante y el análisis bayesiano también muestra que los deslizamientos de tierra en el área de estudio no están correlacionados con la precipitación antecedente de 14 y 30 días (Figura 5). La distribución de la probabilidad de deslizamientos en la duración-intensidad de las lluvias muestra un aumento abrupto a determinados valores de duración-intensidad lo que indica un cambio radical de estado del sistema y sugiere la existencia de un umbral físico real.



**Figura 5.** Análisis bayesiano unidimensional considerando la precipitación antecedente en (a–b) 14 y (c–d) 30 días a la ocurrencia de los deslizamientos. Tomado de Berti et al. (2012).

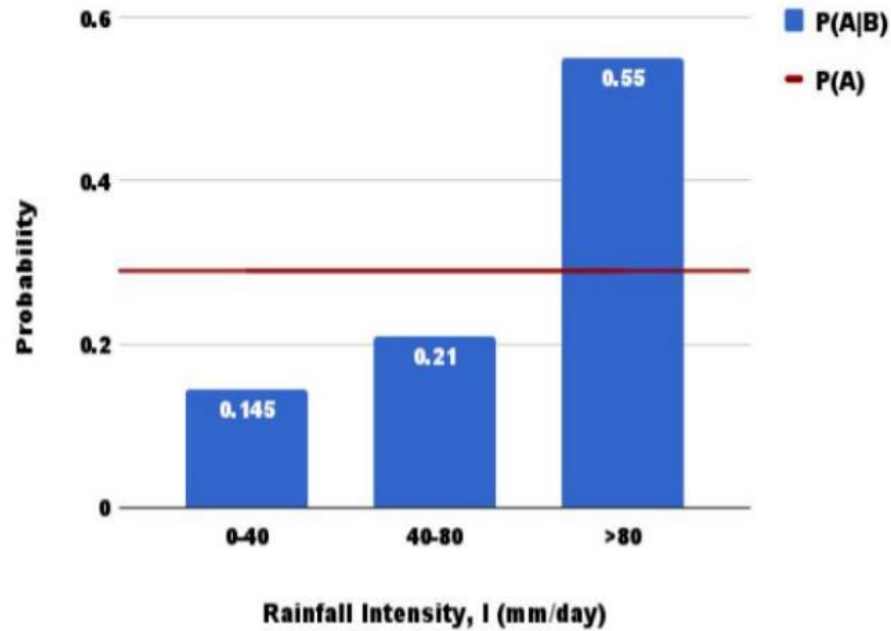
En India en la región de Chamoli-Joshimath, Garhwal Himalayas, Kanungo y Sharma (2014), realizó un estudio “Rainfall thresholds for prediction of shallow landslides around Chamoli-Joshimath region, Garhwal Himalayas, India”. El cálculo de umbrales locales de lluvia para deslizamientos de tierra fue basado en datos de lluvia, para ello estudió alrededor de 128 deslizamientos de tierra ocurridos en los últimos 4 años entre 2009 y 2012, de los cuales 81 deslizamientos de tierra fueron para producir un umbral empírico de intensidad-duración para los deslizamientos de tierra. Asimismo, analizó la lluvia antecedente en la causa de los deslizamientos de tierra considerando la lluvia diaria en el momento de la falla y la lluvia acumulada de diferentes períodos antes de la falla considerando a los 128 deslizamientos de tierra. Obteniendo como resultado, el umbral de lluvia con la relación ajustada al límite inferior del deslizamiento de tierra que desencadena los eventos de lluvia es  $I=1.82D^{-0.23}$  ( $I$ =intensidad de lluvia en milímetros por hora y  $D$  = duración en horas). Además se revela para eventos de lluvia de menor duración ( $\leq 24h$ ) con una intensidad de lluvia de  $0.87\text{mm/h}$ , se espera que el riesgo de ocurrencia de deslizamientos en esta parte del terreno. En cuanto a la relación de lluvia antecedente a la ocurrencia de los deslizamientos se requiere una lluvia antecedente mínima de 10 días de 55 mm y lluvia antecedente de 20 días de 185 mm para el inicio de deslizamientos en esta área. Recomienda que estos umbrales de precipitación obtenidos pueden mejorarse con

los datos de precipitación horaria frente a los deslizamientos de tierra y también con los datos de años posteriores.

En país asiático Vietnam específicamente en la ciudad de Ha Giang y sus alrededores, Do y Yin (2018), realizó un estudio titulado “Rainfall Threshold Analysis and Bayesian Probability Method for Landslide Initiation Based on Landslides and Rainfall Events in the Past”, basados en el cálculo de umbral de lluvia y un modelo de probabilidad bayesiano para la ocurrencia de deslizamientos de tierra, el cual modelo requiere los datos de lluvia diaria combinados con las fechas reales de los deslizamientos de tierra. Por esta razón, la selección de los datos de entrada fue de manera impecable para garantizar la fiabilidad de los resultados del estudio. Trabajó con datos de precipitaciones diarias con periodo de 57 años recopilado de la estación de medición de lluvia única del Centro Nacional de Predicción Hidrometeorológica de Vietnam (de 1957 a 2013) y base de datos de deslizamientos de tierra (37 de un total de 245 deslizamientos de tierra) que contiene las fechas de ocurrencia que se preparó a partir de registros históricos para el período de 1989 a 2013. Finalmente generó los umbrales de precipitación para el área de estudio en función de la relación entre la precipitación diaria y la precipitación antecedente de los eventos de deslizamientos; el modelo probabilidad bayesiana unidimensional estableció 26 eventos de deslizamientos para el período 1989 a 2009 y datos de precipitación diaria con la misma hora. En el área de estudio, la activación de deslizamientos significativamente está controlada por un umbral mínimo empírico de lluvia  $40.8 - 0.201R_{3ad}$  y los valores de probabilidad varía de 0,03 a 0,44. A continuación, se generó el modelo de probabilidad bayesiano para el caso bidimensional a partir de 10 deslizamientos con las variables de intensidad y duración de las precipitaciones en tres meses (mayo, junio y julio) de 2013 y los valores de probabilidad oscilan entre 0,08 y 0,67; en este caso la activación de los deslizamientos está claramente controlado por la intensidad de lluvia  $> 40$  mm con duración de lluvia  $> 0,3$  días.

En el país del Asia del Sur en la región de Kalimpong del Himalaya de Darjeeling en el estado de Bengala Occidental – India, Dikshit y Satyam (2017) en su investigación “Rainfall Thresholds for Landslide Occurrence in Kalimpong using Bayesian Approach”. Dicho estudio utilizó datos de precipitaciones y deslizamientos de tierra entre 2010 y 2016 para calcular las probabilidades. La identificación de eventos de lluvias y la elección de parámetros para su descripción son dos problemas íntimamente relacionados que influyen en los resultados de cualquier análisis de umbral de lluvia determinista o probabilístico. Por lo que aplica un modelo de enfoque probabilístico para la zona de estudio. Los resultados mostraron que los

deslizamientos están relacionados con los parámetros de los eventos de lluvia, especialmente con la intensidad de la lluvia, que muestra una alta probabilidad de intensidad superior a 80 mm/día (Figura 6) (Dikshit y Satyam, 2017).

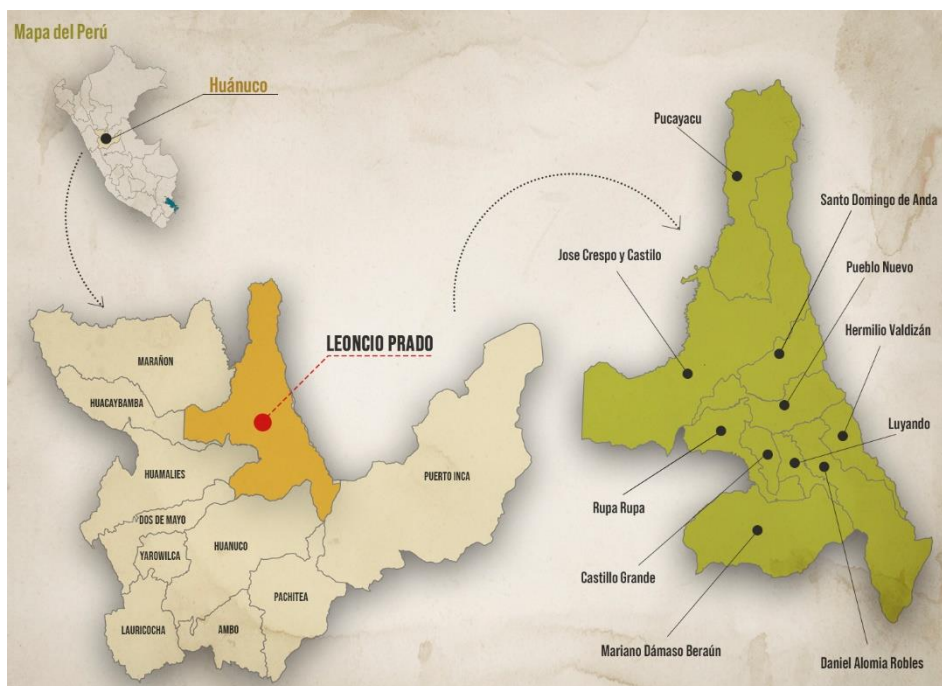


**Figura 6.** Comparación de deslizamiento de probabilidad  $P(A|B)$  con deslizamiento previo de probabilidad  $P(A)$ . Tomado de Dikshit y Satyam (2017).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción general de la zona de estudio

La zona de estudio comprende la provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco, con una extensión de 3,493.53 km<sup>2</sup>, y se encuentra a una altitud entre 500 a 1700 m.s.n.m. Está conformado por 10 distritos, Rupa Rupa, Daniel Alomía Robles, Hermilio Valdizán, José Crespo y Castillo, Luyando, Mariano Damaso Beraun, Pucayacu, Castillo Grande, Pueblo Nuevo y Santo Domingo de Anda.



**Figura 7.** Localización del área de estudio.

El clima en general es cálido húmedo-lluvioso con frecuentes precipitaciones, con una precipitación media anual que oscila entre 2,000 a 3,500 mm. Los meses de noviembre a marzo son lluviosos y los meses de mayo a octubre son los meses más calurosos, la humedad relativa mensual promedio es de 88.17% pero puede variar durante las épocas de lluvias y, la temperatura media anual es de 24 °C (MPLP, 2019).

#### 3.2. Materiales y equipos

##### 3.2.1. Materiales cartográfico y escritorio

Los materiales de escritorio fueron: papel bond, lapiceros, ficha de inventario, cuaderno

de apunte y entre otros. Los materiales cartográficos fueron Modelo Digital de Elevación (DEM) descargado de ALOS PALSAR, los límites de los distritos, red vial nacional y vecinal, red hídrica y centros poblados en formato shp, verificados por el Sistema de Información Geográfica del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### **3.2.2. Información de precipitación y eventos de deslizamientos**

La información recolectada de los registros de precipitación diaria del periodo 2000 - 2020 (20 años) son de las estaciones meteorológicas del SENAMHI: Tingo María, Tulumayo, Aucayacu y La Divisoria.

Los eventos de deslizamientos acontecidos en la provincia de Leoncio Prado del año 2000 al 2020, corresponden al Sistema de Información Nacional para Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) versión antigua y versión 2.0, reportes e informes del Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) y otras fuentes como imágenes satelitales del Google Earth y las noticias de las plataformas digitales (Uranio Tv, Zona Tingaleza, Andina Agencias peruana de noticias y Shalomplustv Tingo María).

### **3.2.3. Software**

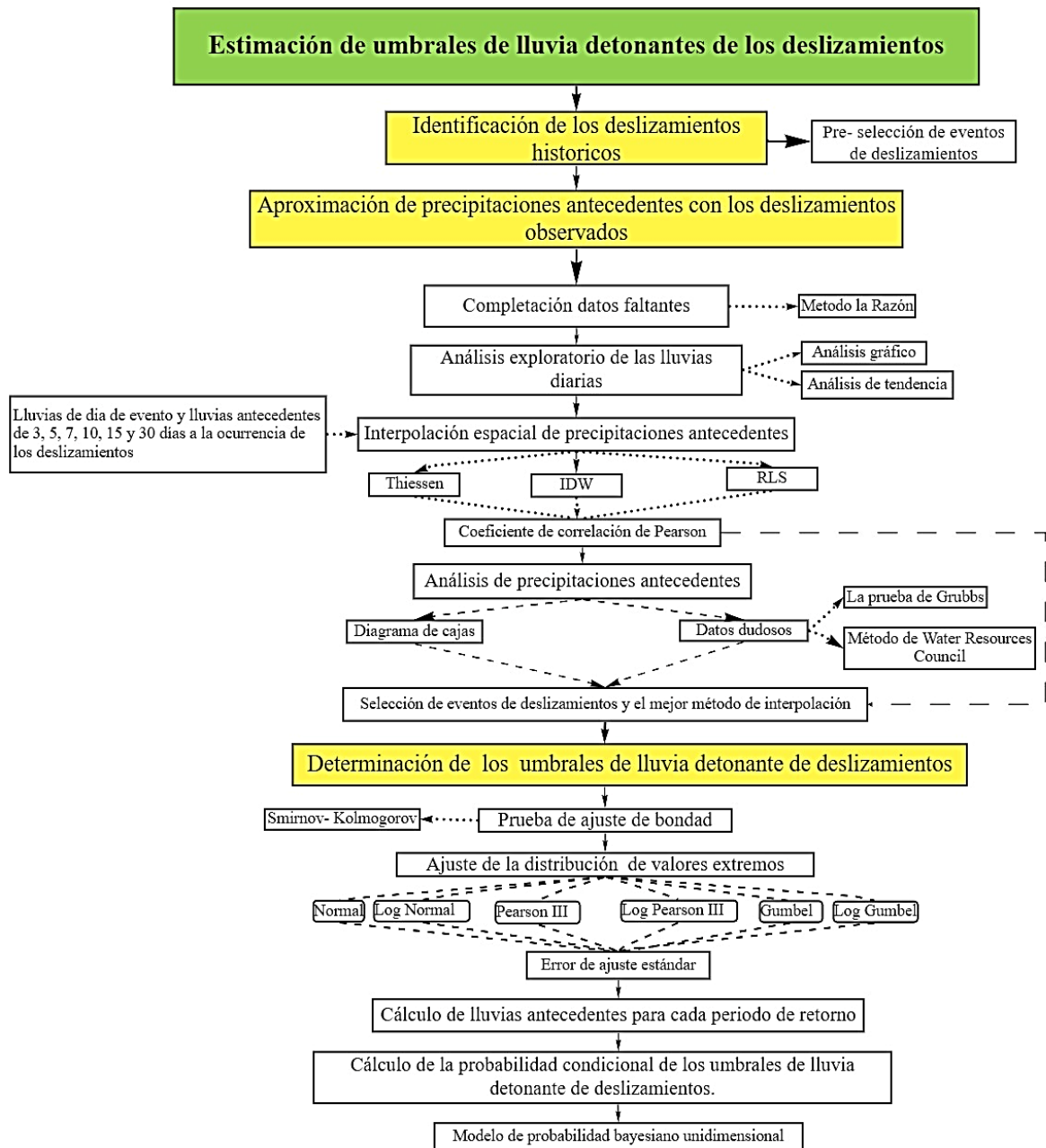
- Microsoft Word y Excel
- ArcGIS
- Google Earth

### **3.2.4. Equipos**

- GPS navegador marca Garmin Map 62,
- Drone Dji Mavic Mini
- Cámara
- Laptop hp

## **3.3. Metodología**

Los procesos seguidos para la estimación de umbrales de lluvia detonante de los deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado están organizados según el flujograma de la Figura 8.



**Figura 8.** Flujograma para el cálculo de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos.

### 3.3.1. Identificación de los deslizamientos históricos durante el periodo 2000 al 2020 en la provincia de Leoncio Prado

Del SINPAD, COEN, informes, imágenes satelitales de Google Earth y noticias de plataformas digitales (Uranio Tv, Zona Tingaleza, Andina Agencias peruana de noticias y Shalomplustv Tingo María), se recopilaron los deslizamientos acontecidos en la provincia de Leoncio Prado. Cada uno de ellos se organizó según el tipo de movimiento de masa, fecha de evento, lugar del evento ocurrido y coordenadas UTM. Posteriormente se elaboró el mapa de inventario de deslizamientos de pequeña escala y con tipo mapeo de archivo y geomorfológico.

### 3.3.2. Aproximación de precipitaciones antecedentes con los deslizamientos observados

#### 1. Completación de datos faltantes

La completación de datos faltantes de precipitación diaria se realizó con el método de la Razón (Antelo y Long, 2014), la ecuación es de la siguiente manera:

$$q = \frac{\sum_1^n b_i}{\sum_1^n a_i} \quad (9)$$

$$b_i = q * a_i \quad (10)$$

Donde

n: número total de datos de la serie

b<sub>i</sub>: dato i de la estación b

a<sub>i</sub>: dato i de la estación a

#### 2. Análisis explotario de lluvias diarias

##### a. Análisis gráfico

Se realizó un gráfico de histograma de las lluvias diarias del año 2000 al 2020 de las cuatro estaciones meteorológicas que presenta el área de estudio. Previo a este análisis se calculó los estadísticos de las lluvias diarias.

##### b. Análisis de tendencia

Para el análisis de la tendencia de la precipitación diaria (mm) con desfases cada 3 días, se utilizó el método del Test Mann Kendall para un nivel de significancia al 0.05 (valor crítico Z = -1.96 a 1.96). La fórmula es:

$$\text{Signo}(X_j - X_k) = \begin{cases} 1 & \text{si}(X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{si}(X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{si}(X_j - X_k) < 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Signo}(X_j - X_k) \quad (12)$$

$$\text{Var}[S] = \frac{S-1}{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}} \quad (13)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{si} > \\ 0 & \text{si} = \\ \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{si} < \end{cases} \quad (14)$$

Donde:

n : Número de datos

S : Índice de desviación calculado (Estadístico de Mann Kendall)

Var[S]: Varianza de S

Z : Prueba Estandarizado  $Z_{MK}$

Por lo tanto, si el valor Z es igual a 0 se acepta sin tendencia, si el valor de Z (+) es igual o mayor que valor crítico Z (+) presenta tendencia de forma creciente y, si el valor de Z es menor presenta no tendencia significativa creciente. Si el valor de Z (-) es igual o mayor que valor crítico Z presenta tendencia significativa decreciente y, si valor de Z (-) es mayor que valor crítico Z demuestra no tendencia significativa decreciente (Alves et al., 2015).

### 3. Interpolación espacial de precipitaciones antecedentes

Previamente a este paso se realizó la preselección de los eventos ocurridos, asimismo se excluyeron los eventos de deslizamientos que no cuentan la fecha de ocurrencia y la ubicación.

Para estimar las lluvias antecedentes 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días incluyendo el día de evento en el punto donde ocurrió los deslizamientos, se utilizaron tres métodos de interpolación: Polígono de Thiessen, Inverso de la Distancia Ponderada (IDW) y Regresión Lineal Simple (RLS).

**Tabla 2.** Fórmulas de los métodos de interpolación usados.

Método de interpolación	Fórmula
Polígono de Thiessen	$P_{mm} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i * P_{ij}}{\sum_{i=1}^n S_i}$ <p> <math>P_{mj}</math>: Precipitación media del área (mm)  <math>S_i</math>: Área de influencia de la estación (km)  <math>P_{ij}</math>: Precipitación de la estación (mm)  <b>Nota:</b> Para nuestro caso fue el área de influencia para cada estación. </p>
Distancia inversa Ponderada (IDW)	$z_{(so)} = \sum_{i=1}^n \lambda * z(S_i)$ <p> <math>Z_{(so)}</math>: Precipitación a predecir para el lugar So  n : N° de puntos de la estación alrededor donde se va predecir  <math>\lambda</math> : Peso asignado a cada punto muestral que vamos a usar (1)  <math>Z_{(Si)}</math>: Precipitación de las estaciones Si </p>
Regresión Lineal Simple (RLS)	$P_{mm} = aH + b + r$ <p> a: Coeficiente 1  b: Coeficiente 2  X: altura m.s.n.m (Dem)  r: residuos </p>

Posteriormente se realizó un diagnóstico a los métodos de interpolación de IDW y RLS con el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre las precipitaciones observadas e interpoladas.

#### 4. Análisis de precipitaciones antecedentes

##### a. Diagrama de caja (Box plots)

Se realizó el análisis exploratorio de las lluvias antecedentes con el diagrama de caja (Box plots) para visualizar la distribución de los datos en su rango de posición.

##### b. Datos Dudosos

Se aplicó la prueba de Grubbs y el método del Water Resources Council, para detectar los datos dudosos o valores atípicos altos y bajos de la precipitación antecedente de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días. A continuación, se presentan las siguientes fórmulas:

##### - La Prueba de Grubbs

Para los valores máximos dudosos o valores atípicos

$$G = (X_{m\acute{a}x} - \bar{x})/S \quad (15)$$

Para valores mínimos dudosos o valores atípicos

$$G = (\bar{x} - X_{m\acute{i}n})/S \quad (16)$$

$$G_{cr\acute{i}tico} = (n - 1) t_{cr\acute{i}tico} / \sqrt{[n(n - 2 + t_{cr\acute{i}tico}^2)]} \quad (17)$$

Donde:

$\bar{x}$  : Media de la muestra

S : Desviación estándar de la muestra

n : Número de muestra

$\alpha$  : Equivale a 0.05

$T_{cr\acute{i}tico}$ : Es el valor crítico de la distribución es t con n-2 grados de libertad y nivel de significancia ( $\alpha/n$ )

Para detectar el dato dudoso es, si la estadística de la prueba G es mayor que el valor crítico es un valor atípico o dudoso.

##### - Método del Water Resources Council

El método de Water Resources Council (1981) usado por Chow et al. (1994) calcula el valor del dato dudoso en unidades logarítmicas respecto sus estadísticos y el coeficiente K, la fórmula es:

$$y_H = \bar{y} \pm K_n S_y \quad (18)$$

Entonces:

$$P_H = 10^{(y_H)} \quad (19)$$

Donde:

$y_H$  : Valor de dato dudoso alto en unidades logarítmicas.

$S_y$  : Desviación estándar.

$K_n$  : Valores para coeficiente de  $K_n$  ( $K_n=1.5512*\ln(\ln(n))+0.6488$ )

$n$  : Tamaño de la muestra.

$+$  : Para datos dudosos altos.

$-$  : Para datos dudosos bajos.

$P_H$ : Dato máxima o mínima aceptada.

Por lo tanto, si el valor es  $P_H >$  valor máximo entonces habrá dato dudoso en el máximo y si el valor mínimo  $> P_H$  habrá dato dudoso en el mínimo (Chow et al.,1994).

#### a. Selección de los eventos de deslizamientos

En primer lugar, se seleccionó el mejor método de interpolación según el coeficiente de correlación de Pearson y el análisis de lluvias antecedentes, que mejor se adecue a la base datos obtenidos de la zona de estudio.

La selección de los eventos de deslizamientos consta, aquellos deslizamientos que poseen sus precipitaciones antecedentes atípicas o dudosas fueron eliminados de la base de datos de la precipitación antecedente y deslizamientos.

### 3.3.3. Determinación de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos

#### 1. Prueba de bondad de ajuste

Se realizó la prueba de ajuste de Smirnov- Kolmogorov a las precipitaciones antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días a la ocurrencia de los deslizamientos, para el método de interpolación seleccionada. Para ello se utilizó la ecuación propuesta por Villón (2006), que se presenta a continuación:

$$\Delta = \max |F(z) - P(x)| \quad (20)$$

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{n}} \quad (21)$$

Donde:

$F(z)$ : Probabilidad de la distribución de ajuste

$P(x)$ : Probabilidad empírica con la fórmula de Weibull ( $P(x)=m/(n+1)$ )

$\Delta$  : Es el estadístico de Smirnov Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$n$  : Tamaño de la muestra

$\Delta_0$  : Es el valor crítico para una significancia de  $\alpha=0.05$ .

## 2. Ajuste de la distribución de valores extremos

Por el método de máxima verosimilitud u ordinarios, se realizó la estimación de parámetros estadísticos de la distribución de valores extremos (Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson III, Gumbel y Log Gumbel) para la precipitación antecedente 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días.

**Tabla 3.** Fórmulas de distribuciones de valores extremos de ajuste utilizadas.

Distribución	Formulas	Parámetros
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$\mu = \bar{x}, \sigma = s_x$
Log Normal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$	$\mu_y = \bar{y}, \sigma_y = s_y$
Pearson III	$f(x) = \frac{\beta^\alpha (x-x_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-x_0)}}{T(\alpha)}$	$\beta = \frac{S_x}{\sqrt{\alpha}}, \alpha = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2, x_0 = \bar{x} - s_x\sqrt{\alpha}$
Log Pearson III	$f(x) = \frac{\beta^\alpha (y-x_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(y-x_0)}}{xT(\alpha)}$	$\beta = \frac{S_y}{\sqrt{\alpha}}, \alpha = \left(\frac{2}{C_s(y)}\right)^2, x_0 = \bar{y} - s_y\sqrt{\alpha}$
	<i>Donde <math>y = \log y</math> o <math>\ln y</math></i>	<i>suponiendo que <math>C_s(y)</math> que es positivo</i>
Gumbel	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$	$\alpha = \frac{\sqrt{6S_x}}{\pi}, u = \bar{x} - 0.45 * s_x$
Log Gumbel	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{y-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{y-u}{\alpha}\right)\right]$	$\alpha = \frac{\sqrt{6S_y}}{\pi}, u = \bar{y} - 0.45 * s_y$
	<i>Donde <math>y = \log y</math> o <math>\ln y</math></i>	

Fuente. Hidrología aplicada (Chow et al., 1994).

Seguidamente se estimaron las precipitaciones antecedentes esperadas para 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días, asimismo se comprobó el menor error estándar de ajuste de las distribuciones de los valores extremos con la fórmula usada por Campos (2015), que se presenta a continuación:

$$EEA = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \hat{X}_i)^2}{n - np}} \quad (22)$$

Donde:

$n$  : Número de datos de la muestra.

$X_i$ : Datos ordenados de menor a mayor.

$\hat{X}_i$ : Los valores estimados con función de distribución para una probabilidad de no excedencia.

$np$ : Número de parámetros de ajuste.

### 3. Cálculo de lluvias antecedentes para cada periodo de retorno

Se calculó la precipitación antecedente de 3, 5, 7, 10, 15, y 30 días para el periodo de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años o probabilidad de excedencia (0.5, 0.8, 0.9, 0.96 y 0.98), con la distribución de valores extremos que obtuvo el menor error estándar.

### 4. Cálculo de la probabilidad condicional de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos.

Para estimar la probabilidad condicional de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos basados en lluvias antecedentes, se utilizó el modelo de probabilidad bayesiano unidimensional (Berti et al., 2012; Patricia, 2015; González y Caetano, 2017; Do y Yin, 2018; Dikshit y Satyam, 2019; Sarkar y Dorji, 2019 y Lee et al., 2021). Por lo tanto, se establecen las siguientes probabilidades:

$P(A)$  : Probabilidad de que produzca un deslizamiento, independientemente si ocurre o no una lluvia B.

$P(B)$  : Probabilidad de excedencia de una lluvia B, independientemente si ocurre o no un deslizamiento.

$P(B/A)$ : Probabilidad de excedencia de una lluvia de magnitud B cuando ocurre un deslizamiento.

$P(A/B)$ : Probabilidad de que ocurra un deslizamiento dado un evento de lluvia B

La probabilidad de que produzca un deslizamiento sin tener en cuenta la ocurrencia de lluvia:

$$P(A) = \frac{Nd}{N\_Rank} \quad (23)$$

Donde:

$Nd$  : Número de años observados de la ocurrencia de deslizamientos.

$N_{Rank}$ : Número de total de años de observación.

La probabilidad de excedencia de una lluvia  $B$  se calculó en función de la distribución de valores extremos de mejor ajuste.

$$P(B) = 1 - CDF(B) \quad (24)$$

La probabilidad de excedencia de una lluvia de magnitud  $B$  cuando ocurre un deslizamiento

$$P(B/A) = \frac{N_{LL} d}{Nd} \quad (25)$$

Donde:

$N_{LL} d$ : Número de lluvias antecedentes a los deslizamientos que exceden una lluvia  $B$ , la cual está asociada a la probabilidad  $P(B)$ .

$Nd$  : Número de años observados de la ocurrencia de deslizamientos.

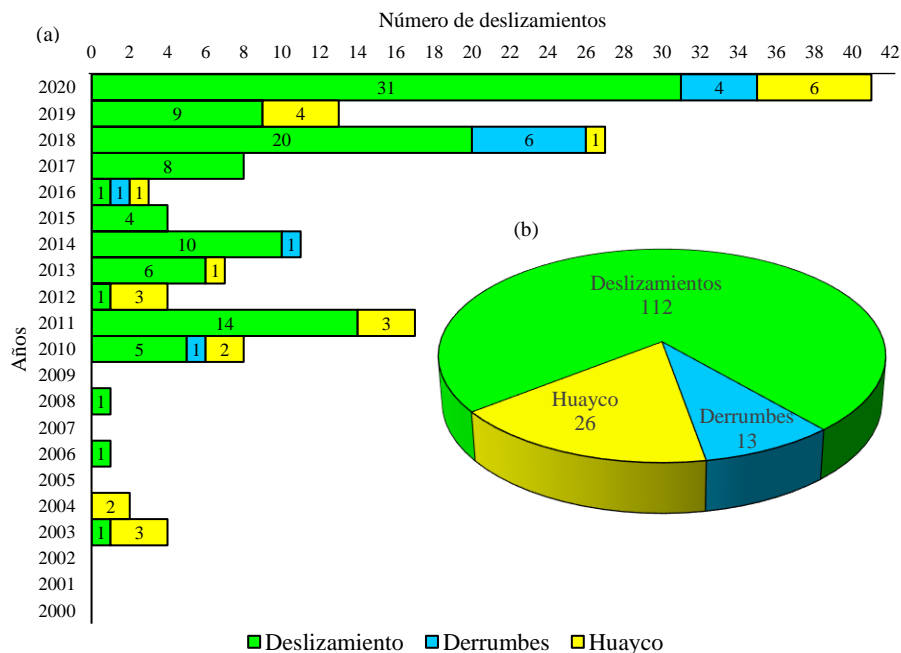
Finalmente, la probabilidad de que produzca un deslizamiento dado un evento de lluvia con la probabilidad de excedencia  $P(B)$  es:

$$P(A/B) = P(B/A) * \frac{P(A)}{P(B)} \quad (26)$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Deslizamientos históricos durante el periodo 2000 al 2020 en la provincia de Leoncio Prado.

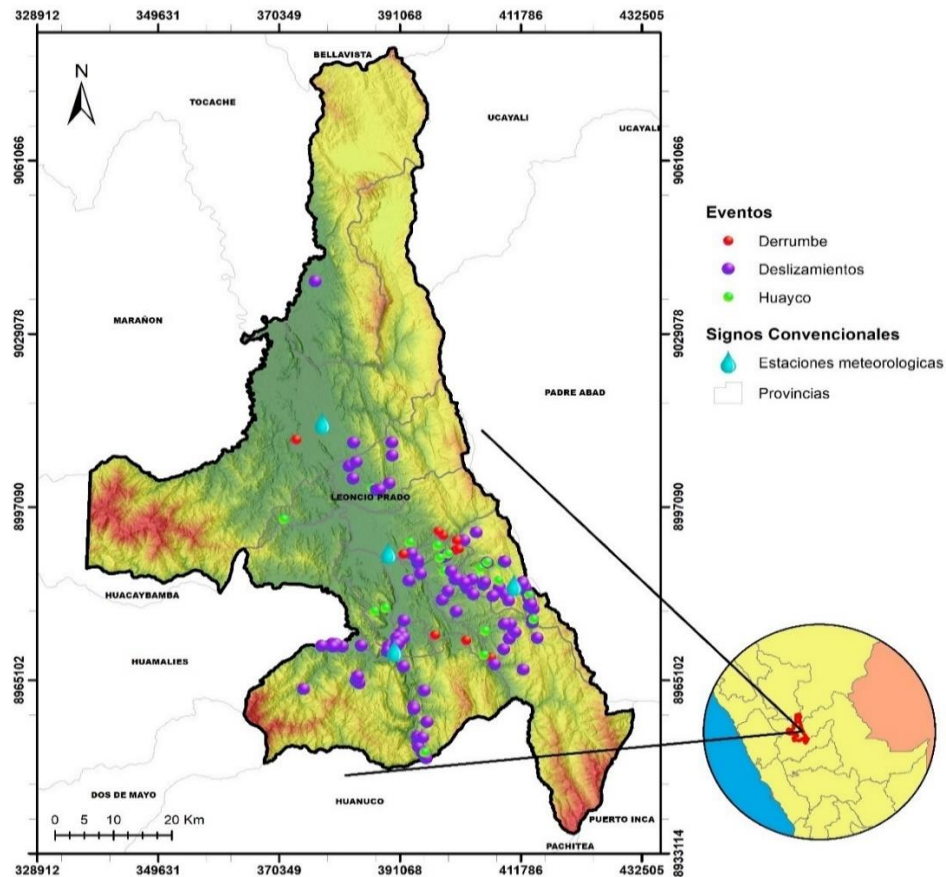
Se registraron 161 eventos de deslizamientos históricos en el periodo 2000 al 2020 en la provincia de Leoncio Prado (Anexo 1. Tabla 16 - 22), de estos fueron excluidos 10 eventos de deslizamientos por no contar con la localización exacta (latitud, longitud y altitud). Por lo tanto, quedaron seleccionados 151 eventos de deslizamientos (112 deslizamientos, 13 derrumbes y 26 huaycos), como se observa en la Figura 9b y en los mapas de inventario de deslizamientos de tierra (Mapa N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7). Además, en la Figura 9a se observa la distribución de los deslizamientos en un periodo de 20 años, el año 2020 presentó mayor ocurrencia de deslizamientos, seguidamente el año 2018 y los años 2000, 2001, 2002, 2005, 2007 y 2009 no se contaron registros de ocurrencias de deslizamientos.



**Figura 9.** Deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado en el periodo 2000-2020. (a) eventos de deslizamientos por año y (b) total de eventos de deslizamientos.

Además, para el proceso de aproximación espacial (métodos de interpolación), se descartaron 13 eventos de deslizamientos por no contar con la fecha de ocurrencia, quedando finalmente 138 eventos de deslizamientos, pero estos eventos descartados, sí formaron parte del mapa de inventario de deslizamientos de tierra. Se consideraron en la selección de los

eventos de deslizamientos algunos de los criterios propuestos por Aristizábal et al. (2011), que la base de datos de los deslizamientos debe contar con periodos mayores de recolección debido al aumento de fuentes de información, eventos causados por la acción de la lluvia y eventos que cuentan con información espacial precisa y fecha de ocurrencia.



**Figura 10.** Distribución espacial de los deslizamientos históricos en la provincia de Leoncio Prado del periodo 2000-2020.

La mayoría de los eventos de deslizamientos descartados fueron por carecer de información base como la ubicación exacta y fecha de ocurrencia. Estas limitaciones en la recolección de información base de los deslizamientos históricos puede ser por muchos factores como indica Polemio y Petrucci (2010), que la recolección de información de deslizamientos no puede considerarse completa por factores accidentales, provocando la pérdida de información, por ejemplo los fenómenos que ocurrieron en áreas despobladas y no indujo daños pueden no registrarse porque la mayoría de las fuentes disponibles están más relacionadas con los daños que con el fenómeno en sí, y la certeza también puede afectar en la fecha de ocurrencia de deslizamientos. De la misma manera Guzzetti et al. (2002) indica que, el inventario de deslizamientos históricos nunca está completo por estas razones como la evidencia de la existencia de deslizamientos de tierra se elimina rápidamente por la erosión incluidos los

nuevos deslizamientos de tierra, el crecimiento de la vegetación, la actividad humana y el tiempo límite de un deslizamiento de tierra se vuelve cada vez más borroso, lo que dificulta identificar y mapear con precisión.

En la Figura 10 y el mapa de inventario de deslizamientos (Mapa N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) se muestra la distribución espacial de la ocurrencia de los deslizamientos en un periodo de 20 años, asimismo se incluyó a los eventos de deslizamientos que cuentan con la ubicación exacta y sin fecha de ocurrencia. Aun así, la elaboración del mapa de inventario de deslizamientos de la Provincia de Leoncio Prado se tuvo en cuenta a los criterios propuestos por Hansen (1984) citado por Guzzetti et al. (2002) disponer con la ubicación exacta, fecha de ocurrencia y tipo de deslizamientos. Por otra parte, el mapa de inventario de deslizamientos fue elaborado a una escala (1:150,00) con la información histórica adquirida del SINPAD, COEN, informes técnicos y plataformas digitales, causados por un solo evento desencadenante (precipitación) y para un periodo de 20 años. Asimismo, Guzzetti et al. (2012) señala que, el mapa de inventario de deslizamientos pertenece a pequeña escala y según el tipo de mapeo, es un mapa de inventario de archivo y geomorfológico (histórico y eventos), ya que muestra información sobre deslizamientos de tierra obtenida de la literatura u otras fuentes de archivos, fecha de ocurrencia y los efectos acumulativos de muchos eventos de deslizamientos de tierra durante un período de decenas, cientos o miles de años.

El mapa de inventario de deslizamientos de tierra constituye una herramienta básica para la evaluación de peligros de deslizamientos de tierra para diferentes escalas y contribuye a mejorar las estrategias en la gestión de riesgos de peligros naturales (Raspini et al., 2016). Asimismo, se puede prepararse con la recopilación de información histórica de las distintas instituciones públicas, comunicación escrita y digital, imágenes satelitales y estudios en campo (Guzzetti et al., 2000). Además nos ha permitido contar con un registro de los eventos de deslizamientos históricos que no servirá como información base para determinar los umbrales de lluvia detonantes de deslizamientos.

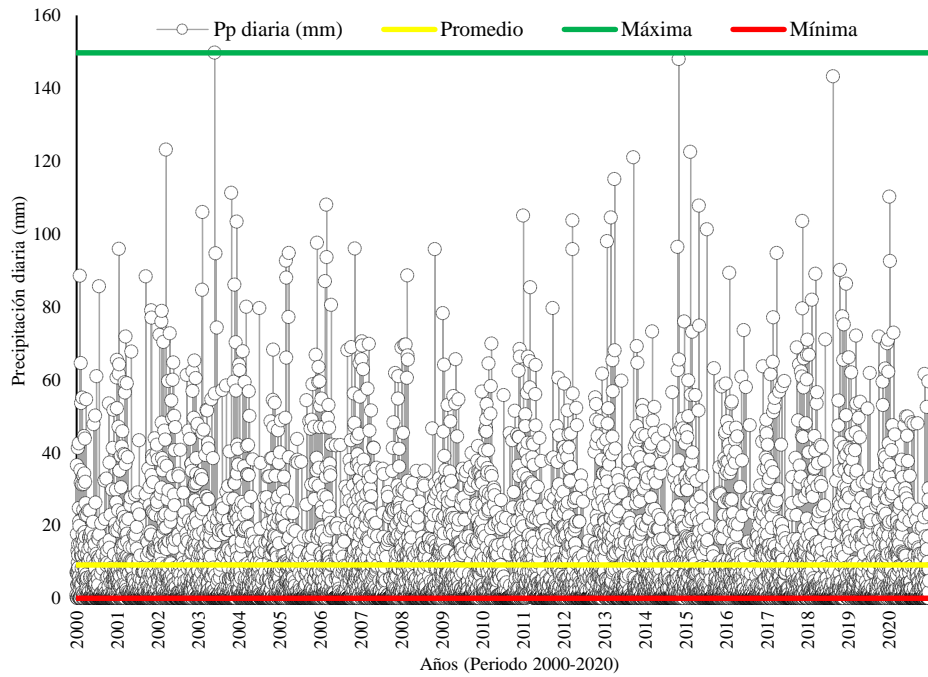
## **4.2. Aproximación de precipitaciones antecedentes con los deslizamientos observados**

### **4.2.1. Análisis exploratorio de lluvias diarias**

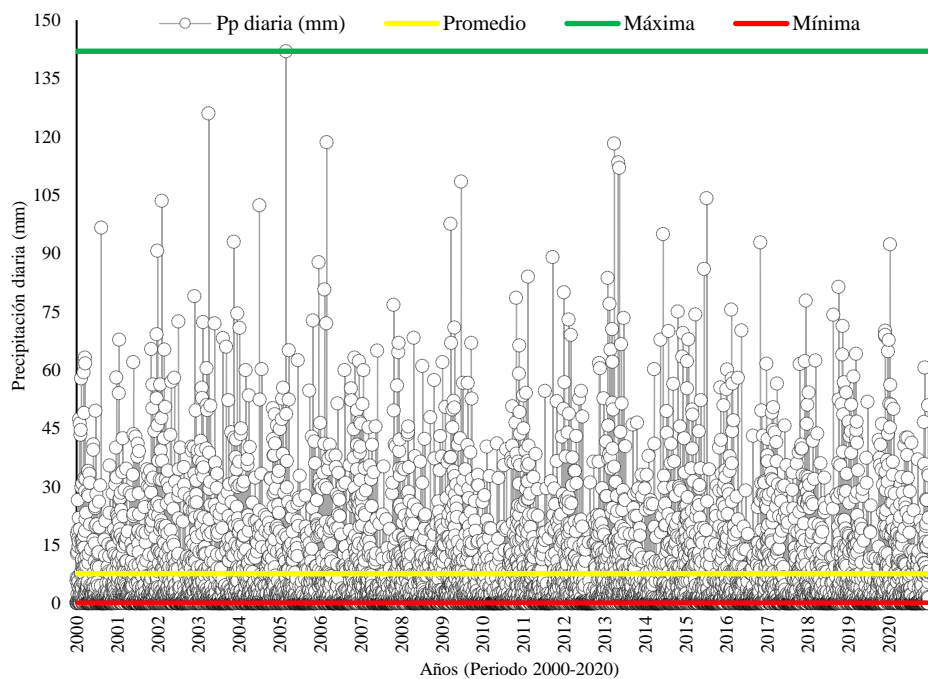
#### **a. Análisis gráfico**

En la Figura 11, 12, 13 y 14, se exhibe a los histogramas de las series de precipitaciones diarias de las estaciones de Tingo María, Tulumayo, Aucayacu y La Divisoria del periodo 2000 - 2020. De este modo la distribución de la precipitación diaria varía en gran medida por encima

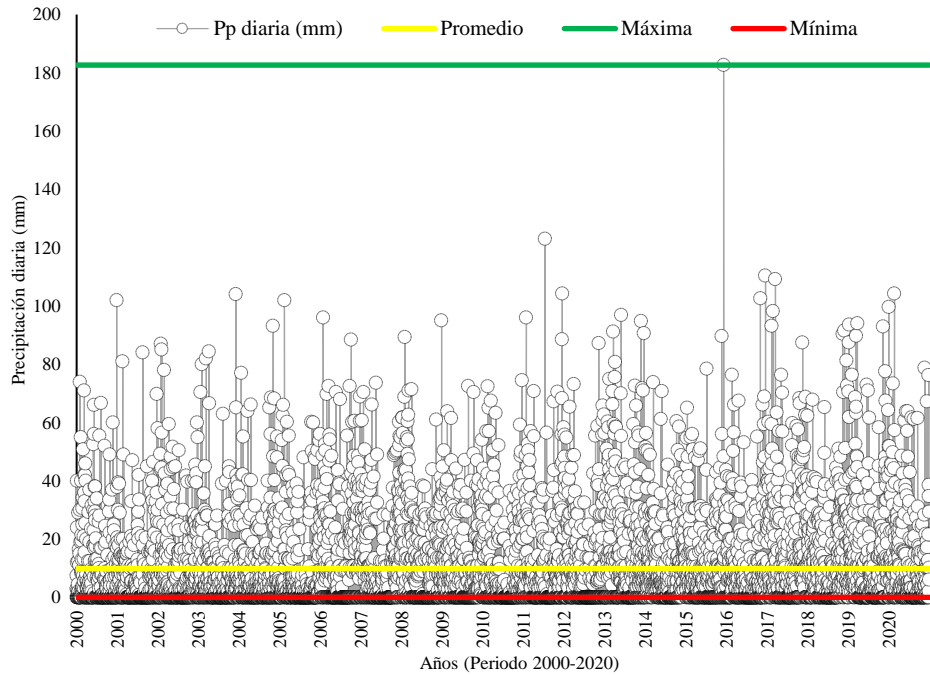
de la media durante todo el año, con alturas máximas en forma ascendente con 128 mm La Divisoria, 142 mm Tulumayo, 149.70 mm Tingo María y 182.70 mm Aucayacu. Estos eventos son frecuentes en el tiempo en todas las estaciones sin apartarse de los conocidos, excepto el salto en el año 2016 de la estación Aucayacu.



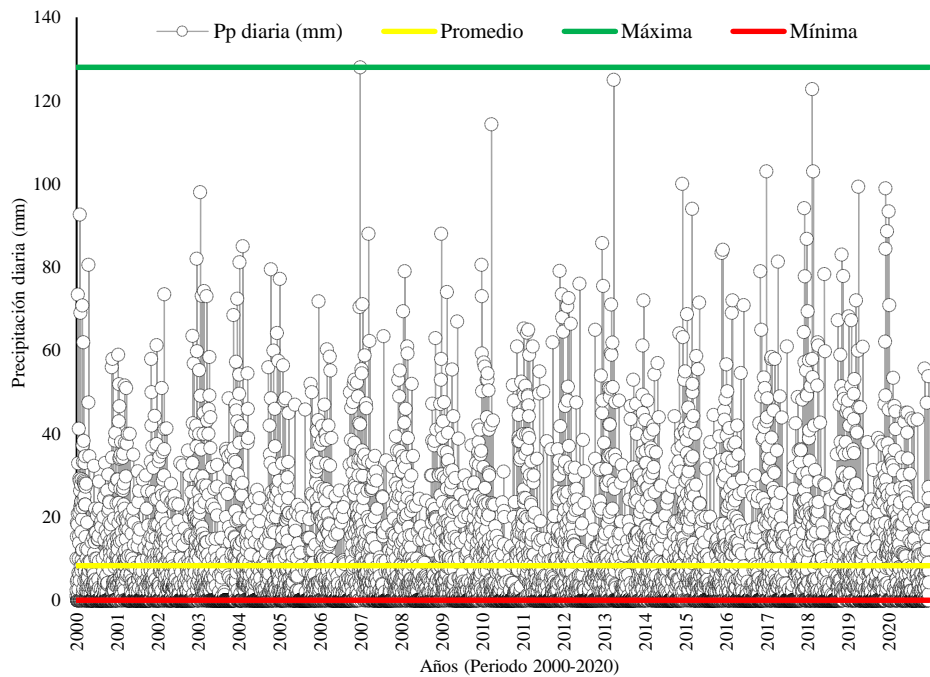
**Figura 11.** Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación Tingo María.



**Figura 12.** Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación Tulumayo.



**Figura 13.** Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación Aucayacu.



**Figura 14.** Comportamiento de precipitación diaria del periodo de 2000 al 2020 - Estación La Divisoria.

Ademas, en la Tabla 4 se muestra a los estadísticos de la precipitación diaria para cada estación, periodo 2000 – 2020. La medida del valor central y su variación respecto a las precipitaciones diarias en forma ascendente corresponden 7.57 mm +/- 13.48 Tulumayo, 8.34 mm +/- 14.14 La Divisoria, 9.19 mm +/- 15.57 Tingo María y 9.99 mm +/-15.93 Aucayacu.

Por otro lado las estaciones utilizadas muestra según su coeficiente de asimetría una distribución asimétrica positiva.

**Tabla 4.** Estadísticos de precipitaciones diarias para el periodo de 2000 - 2020.

Estación	Estadísticos	Valor
Tingo María	Máxima	149.7
	Mínima	0
	Promedio	9.19
	Desviación Estándar	15.57
	Coeficiente de Asimetría	2.82
Tulumayo	Máxima	142
	Mínima	0
	Promedio	7.57
	Desviación Estándar	13.48
	Coeficiente de Asimetría	3.01
Aucayacu	Máxima	182.7
	Mínima	0
	Promedio	9.99
	Desviación Estándar	15.93
	Coeficiente de Asimetría	2.42
La Divisoria	Máxima	128
	Mínima	0
	Promedio	8.34
	Desviación Estándar	14.14
	Coeficiente de Asimetría	2.67

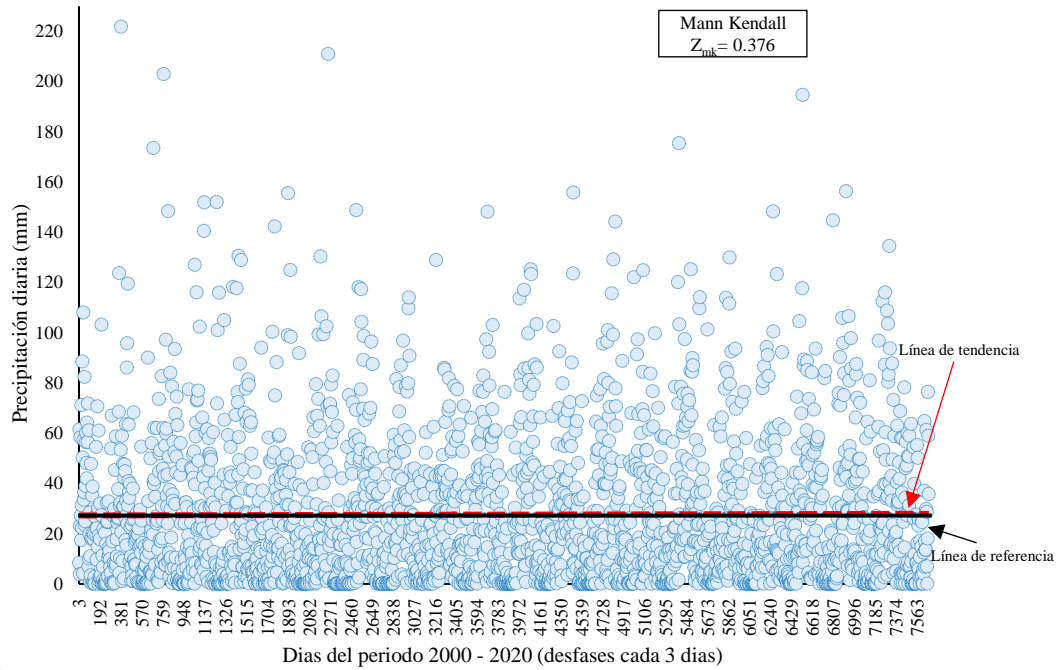
### b. Análisis de Tendencia

En la Tabla 5 se muestra la tendencia negativo y positivo de las precipitaciones diarias (desfase de 3 días) según la prueba Mann Kendall con una significancia al 0.05 (-1.96 – +1.96). Li et al. (2018) y Roccati et al. (2020) mencionan esta prueba detecta tendencias significativas en la serie de tiempo con patrones cambiantes de las precipitaciones con los momentos en que ocurrieron los deslizamientos.

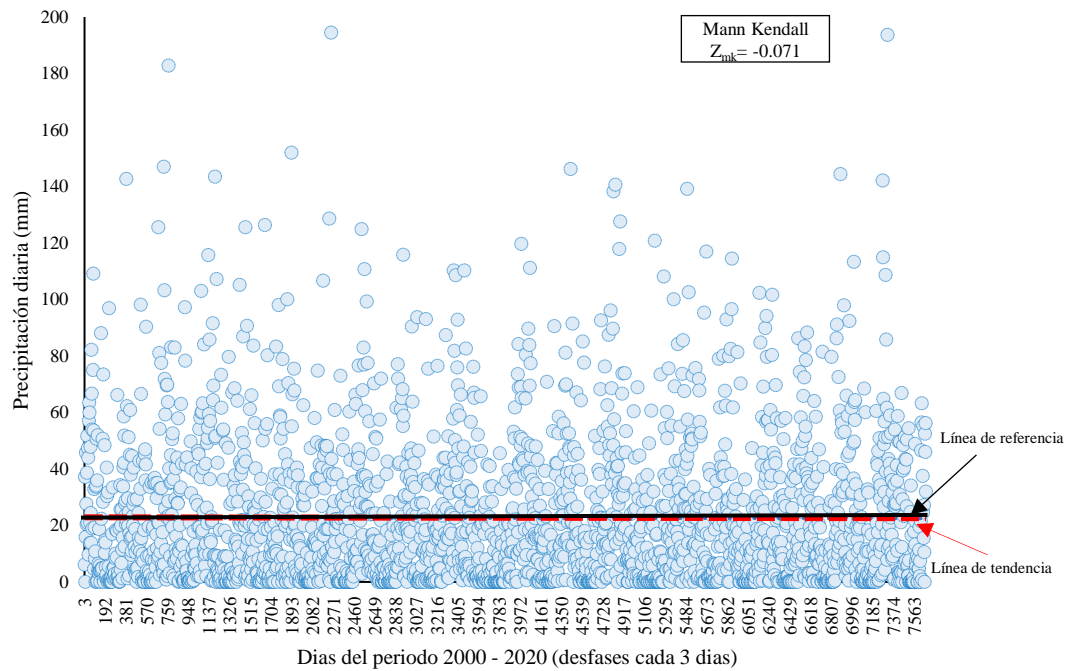
**Tabla 5.** Test Mann Kendall aplicado para detección de tendencias de precipitaciones diarias del año 2000 – 2020.

Estación	Estadístico de Mann Kendall (S)	Prueba Estandarizado ( $Z_{mk}$ )	Significancia
Tingo María	16225	0.376	Tnsc
Tulumayo	-3077	-0.071	Tnsd
Aucayacu	293152	6.800	Tsc
La Divisoria	69694	1.617	Tnsc

Tnsc: Tendencia no significativa creciente, Tnsd: Tendencia no significativa decreciente y Tsc: Tendencia significativa creciente



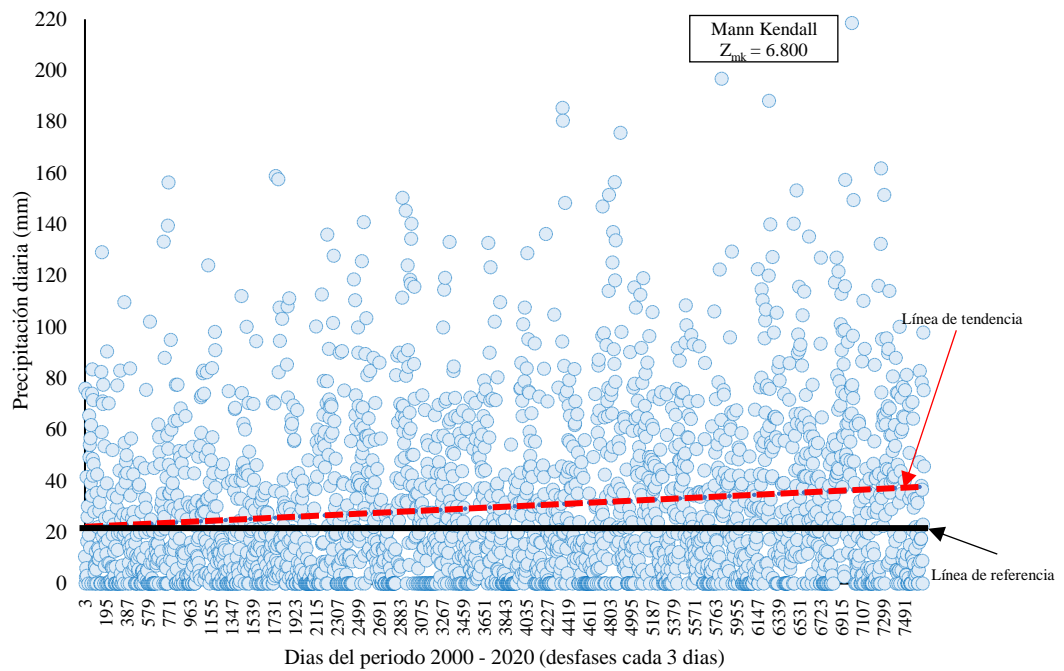
**Figura 15.** Tendencia de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 - Estación Tingo María.



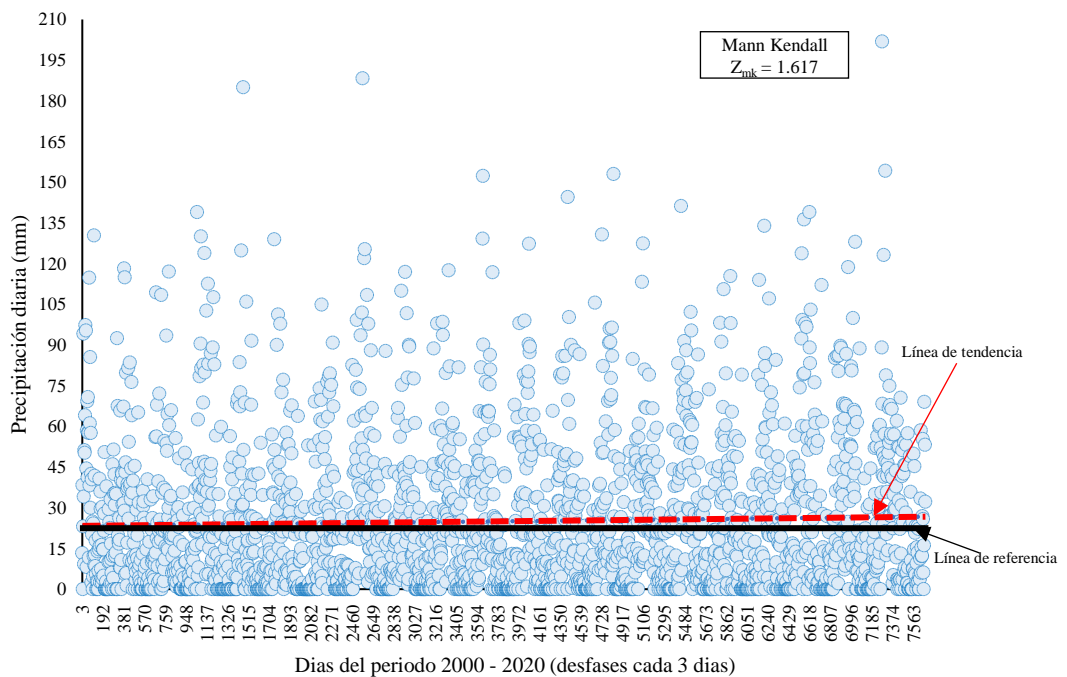
**Figura 16.** Tendencias de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 - Estación Tulumayo.

La Estación de Tingo María presentó una tendencia no significativa creciente con  $Z_{mk}=0.376$ , es decir que hay aumento de precipitación diaria no tan significativo como se observa en la Figura 15, Tulumayo muestra una tendencia no significativa decreciente con  $Z_{mk}=-0.071$ , es decir que hay disminución de la precipitación diaria no tan significativa (Figura 16), Aucayacu tiene una tendencia significativa creciente con  $Z_{mk}= 6.800$ , es decir que hay incremento de la

precipitación diaria significativa (Figura 17) y la estación La Divisoria muestra una tendencia no significativa creciente con  $Z_{mk} = 1.617$ , es decir que hay un aumento ligero en las precipitaciones diarias en los últimos años del periodo (Figura 18). En resumen, las estaciones en sus precipitaciones diarias no muestran una gran variabilidad en cuanto a la tendencia, excepto en la estación de Aucayacu que sí, se observa una tendencia creciente visible.



**Figura 17.** Tendencia de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 - Estación Aucayacu.



**Figura 18.** Tendencia de precipitaciones diarias del periodo 2000-2020 – Estación La Divisoria.

#### 4.2.2. Interpolación espacial de precipitaciones antecedentes

Tal como señala FAO (2003), los métodos de interpolación de polígono de Thiessen (THI), Inverso de la Distancia Ponderada (IDW) y Regresión Lineal Simple (RLS), para predecir la lluvia antecedente en el punto exacto donde ocurrió el deslizamiento, fueron aplicados a la lluvia de día de evento y antecedentes (3, 5, 7, 10, 15 y 30 días) de las estaciones meteorológicas, dichos valores calculados se muestran en el Anexo 1 (Tabla 23).

**Tabla 6.** Correlación de las precipitaciones observadas e interpoladas.

Método de Interpolación	Día de evento	Días antecedentes					
		3	5	7	10	15	30
IDW	0.922	0.920	0.922	0.927	0.939	0.944	0.943
RLS	0.880	0.890	0.890	0.890	0.920	0.930	0.940

Según la correlación de Pearson entre las lluvias observadas e interpoladas, tanto en el día del evento y antecedentes, el mejor método es el Inverso de la Distancia Ponderada, como se observa en la Tabla 6. De tal manera la precipitación observada, se tomó a los valores calculados por el método de Polígono de Thiessen, ya que asume el mismo valor de las estaciones en un área determinada, como lo señala UDA-Consultig (2018) y Villon (2002) es un método exacto de interpolación local que asume a los valores desconocidos de los puntos en una superficie igual al valor del punto conocido más cercano, es decir delimita la zona de influencia de cada estación dentro del conjunto de estaciones.

Los métodos de interpolación usados en la zona de estudio como el polígono de Thiessen, no calcula las lluvias antecedentes en el punto donde ocurrió los deslizamientos, pero sí delimita la zona de influencia y se obtiene el mismo valor de cada estación, esto se debería por las limitaciones que presenta el método, ya que es inexacto y no puede incluir ciertos factores externos como la topografía que pueden influir en los valores registrados en los puntos de datos observados (UDA-Consultig, 2018; Goovaerts, 2000). Mientras Ponderación de distancia inversa (IDW) sí, calcula las lluvias antecedentes en los puntos donde ocurrió los deslizamientos, a pesar que solo contamos con cuatro estaciones y con distancias grandes entre ellas, esto se debe que el método es determinístico, simple, intuitivo y exacto basado en el principio que impone a los valores de los datos más cercanos a la ubicación de predicción, tienen mayor influencia en el valor de predicción, que los valores más alejados (UDA-

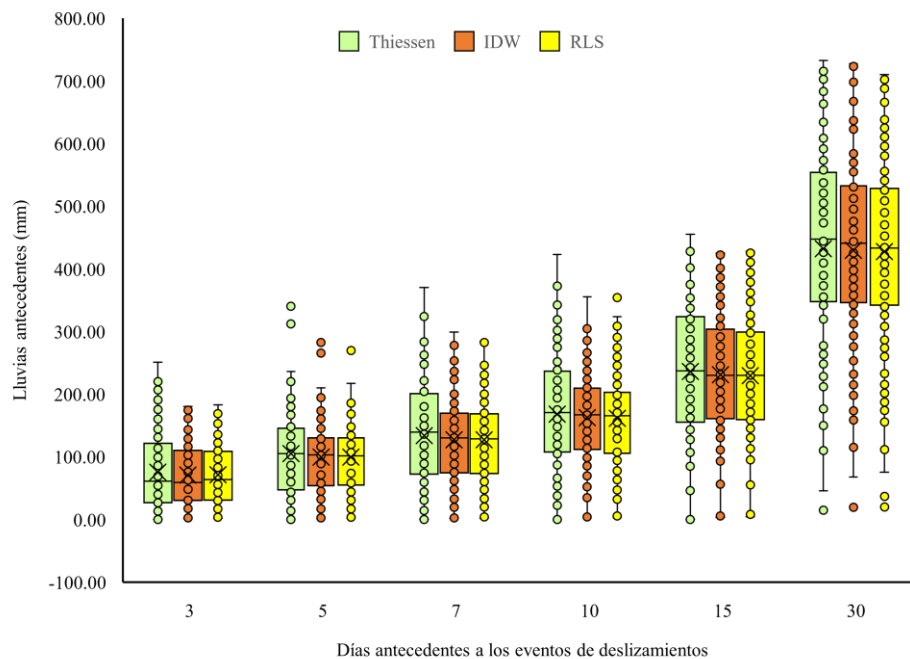
Consultig, 2018). Asimismo, Kravchenko (2003) recomienda emplear este método para conjuntos de datos pequeños, para los que no se conocen los parámetros del variograma y para conjuntos de datos con grandes distancias entre los puntos de la muestra.

Finalmente, el método de regresión lineal simple (RLS) también calculó las lluvias antecedentes en el punto donde ocurrió los deslizamientos, pero no todos presentan una buena correlación entre la precipitación y la altitud; por lo tanto, esta limitante puede provocar un cálculo erróneo, como indica Ly et al. (2013), se basa en la relación que exista entre la precipitación y elevación más cercanos a la ubicación de la estimación. Además, la correlación entre la elevación y la precipitación tiene que ser fuerte y mayor a 0.75, para lograr integrar la información de las estaciones cercanas (Goovaerts, 2000).

### 4.2.3. Análisis de precipitaciones antecedentes

#### a. Diagrama de cajas

En la Figura 19 se observa la distribución de las lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días en el punto donde ocurrió los deslizamientos, que corresponde al cálculo de cada método de interpolación.



**Figura 19.** Lluvias antecedentes de cada método de interpolación.

Por lo tanto, el cálculo de lluvias antecedentes en los tres métodos de interpolación (Thiessen, IDW Y RLS), las lluvias antecedentes de 3 y 5 días presenta una distribución positiva, lluvias antecedentes de 7 y 10 días muestra una distribución positiva con tendencia

muy cercana a una distribución normal, lluvias antecedentes de 15 días presenta una distribución negativa, excepto para el método de RLS que muestra una distribución positiva y muy cercano a una distribución normal y por último las lluvias antecedentes de 30 días presenta una distribución negativa. Asimismo, se observa a los valores atípicos leves (máximos y mínimo), los cuales son los círculos o puntos que se encuentran fuera de los bigotes en el diagrama de cajas, como se observa en la figura 19. En resumen, la distribución de las lluvias antecedentes es similar para IDW y RLS, mientras para Thiessen muestra una pequeña diferencia.

De acuerdo con Roccati et al. (2020) el análisis de lluvias diarias y antecedentes son importantes para conocer aquellas precipitaciones capaces de desencadenar deslizamientos superficiales y la información sobre distribución y tendencias de la precipitación son esenciales para evaluar las medidas más adecuadas para pronosticar amenazas naturales con la finalidad de reducir el riesgo de deslizamientos y al mismo tiempo desarrollar un ordenamiento territorial más sostenible.

#### **b. Datos dudosos**

En la Tabla 7 se muestra las pruebas de Test de Grubbs y Water Resources Council para los tres métodos de interpolación. La prueba de Test de Grubbs obtuvo como dato dudoso al valor máximo de lluvias antecedentes de 5 días para el método de Thiessen y IDW, mientras la prueba de Water Resources dio como dato dudoso al valor mínimo de lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días para los tres métodos de interpolación, optando eliminar como dato dudoso al valor mínimo.

Por otra parte, al eliminar las precipitaciones antecedentes atípicas, se descartaron 4 eventos de deslizamientos de los 138 eventos seleccionados para el método de interpolación, quedando finalmente 134 eventos de deslizamientos aptos para el cálculo de umbrales de lluvia. De la misma forma, Mayorga (2003) utilizó para la selección de los eventos el método de clasificación, excluyendo eventos que se consideraron causados por las acciones antrópicas, eventos que poseen lluvias atípicas, eventos que poseen datos pluviométricos y obtenidos de estaciones lejanas (a más de 10 km). Por otro lado, Aristizábal et al. (2011) descarta la base de datos de precipitación debido a la baja calidad de registros históricos de lluvias antecedentes a la fecha de ocurrencia de los deslizamientos, periodos en el cual las mediciones y lecturas de la precipitación eran menos precisos y confiables, que estos datos podrían afectar o distorsionar el cálculo de umbrales de la lluvia detonante a los deslizamientos.

**Tabla 7.** Prueba de datos dudosos a las lluvias antecedentes.

Estación	Días Antecedentes	Lluvias antecedentes		Dato Outlier		Dato Outlier Eliminado
		Máxima (mm)	Mínima (mm)	Test de Grubbs	Water Resources Council	
THIESSEN	3	251.1	0	-	0	0
	5	340.2	0	340.2	0	0
	7	370.2	0	-	0	0
	10	422.9	0	-	0	0
	15	455.1	0	-	0	0
	30	732.8	14.9	-	14.9	14.9
IDW	3	180.23	1.4	-	1.4	1.4
	5	282.29	1.4	282.29	1.4	1.4
	7	299.23	1.66	-	1.66	1.66
	10	355.39	2.46	-	2.46	2.46
	15	425.05	3.45	-	3.45	3.45
	30	727.62	19.2	-	19.2	19.2
RLS	3	182.82	1.65	-	1.65	1.65
	5	269.91	1.65	-	1.65	1.65
	7	283.81	1.97	-	1.97	1.97
	10	353.94	2.89	-	2.89	2.89
	15	428.09	4.1	-	4.1	4.1
	30	710.01	20.01	-	20.01	20.01

De acuerdo con la correlación de Pearson y análisis de lluvias antecedentes (diagrama de cajas y la prueba de datos dudosos), el mejor método de interpolación es el IDW, que mejor se adecua a la base de datos de precipitación obtenidos y la zona de estudio. Para culminar en la Tabla 8 se muestra los estadísticos de las lluvias antecedentes a la ocurrencia de los deslizamientos seleccionado para el cálculo de los umbrales detonantes de los deslizamientos.

**Tabla 8.** Estadísticos de la lluvia del evento y lluvias antecedentes a la ocurrencia de los deslizamientos seleccionados.

Método	Estadísticos	Día evento	Lluvias antecedentes a los deslizamientos					
			3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días
IDW	Máxima	70.54	180.2	282.29	299.2	355.39	425.05	727.62
	Mínima	0	9.5	16.69	19.64	34.6	56.33	67.73
	Promedio	18.8	73.04	102.55	130.9	166.98	237.98	441.52
	Des. Estándar	16.5	43.26	49.47	59.08	69.9	88.58	139.8
	C. Asimetría	1.01	0.5	0.57	0.25	0.2	0.19	-0.33

Nota: Selección final 134 eventos de deslizamientos.

### 4.3. Umbrales de lluvia detonante de deslizamientos

#### 4.3.1. Prueba de bondad de ajuste

En la Tabla 9 se muestra a los resultados de la prueba de bondad de ajuste con el método de Smirnov- Kolmogorov, para comprobar si las lluvias antecedentes provienen o no de una muestra de distribución normal. Por lo tanto, todas las lluvias antecedentes aceptan la hipótesis o es decir que la muestra si provienen de una distribución normal y tiene un buen ajuste.

**Tabla 9.** Prueba de ajuste de bondad de Smirnov- Kolmogorov.

Valores estadísticos	Lluvias antecedentes a los deslizamientos					
	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días
$\Delta$ máx.	0.073	0.037	0.033	0.036	0.045	0.063
Valor crítico $\Delta_0$	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
Sig. ( $\Delta$ máx. $<$ $\Delta_0$ )	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Nivel de significancia al 0.05%

#### 4.3.2. Ajuste de la distribución de valores extremos

Con las lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días, se obtuvieron los parámetros y las frecuencias fueron ajustadas a la distribución de probabilidad teórica Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson III, Gumbel y Log Gumbel, Tabla 10.

**Tabla 10.** Parámetros estadísticos de las funciones de distribución.

Distribuciones Teóricas	Parámetros estadísticos	Lluvias antecedentes					
		3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días
Normal	Media	73.04	102.55	130.85	166.98	237.98	441.52
	Des. Estándar	43.26	49.47	59.08	69.9	88.58	139.8
	Coef. Asimetría	0.5	0.57	0.25	0.2	0.19	-0.33
Log Normal	$u_y$	4.08	4.49	4.75	5.01	5.39	6.02
	$s_y$	0.71	0.57	0.55	0.51	0.43	0.41
	Coef. Asimetría	-0.6	-0.76	-0.89	-1.01	-0.95	-1.73
Pearson III	De Posición ( $x_0$ )	-101.62	-71.07	-336.07	-544.42	-716.15	-408.54
	alfa ( $\alpha$ )	16.3	12.32	62.45	103.58	116.01	36.97
	beta ( $\beta$ )	10.71	14.09	7.48	6.87	8.22	22.99
Log Pearson III	De Posición ( $x_0$ )	6.44	5.98	5.98	6.02	6.29	6.5
	alfa ( $\alpha$ )	11.08	6.86	5.05	3.94	4.41	1.34
	beta ( $\beta$ )	-0.21	-0.22	-0.24	-0.26	-0.2	-0.35
Gumbel	De Posición ( $\mu$ )	53.57	80.29	104.27	135.53	198.12	378.61
	Alfa ( $\alpha$ )	33.73	38.57	46.07	54.5	69.07	109.01
Log Gumbel	De Posición ( $\mu$ )	3.76	4.24	4.5	4.78	5.2	5.84
	Alfa ( $\alpha$ )	0.55	0.44	0.43	0.4	0.33	0.32

Para finalizar, que distribución teórica obtuvo mejor ajuste, se realizó el cálculo de error estándar como se muestra en la Tabla 11, donde se observa la distribución teórica Pearson III obtuvo el menor error en todas las precipitaciones antecedentes (6.91, 7.25, 5.88, 6.41, 10.38 y 12.81); por lo tanto, tiene el mejor ajuste.

**Tabla 11.** Error Estándar de ajuste de las funciones de la distribución.

Distribución de probabilidad	Lluvias antecedentes					
	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días
Normal	9.33	9.46	7.15	7.33	11.13	16.61
Log Normal	20.88	17.61	23.94	27.44	28.73	68.16
Pearson III	<b>6.91</b>	<b>7.25</b>	<b>5.88</b>	<b>6.41</b>	<b>10.38</b>	<b>12.81</b>
Log Pearson III	16.11	14.62	14.25	14.84	19.20	27.46
Gumbel	8.17	8.51	10.87	13.51	19.42	42.41
Log Gumbel	54.00	43.09	55.72	62.08	65.29	126.48

#### 4.3.3. Lluvias antecedentes para cada periodo de retorno

Las lluvias antecedentes fueron calculadas para cada periodo de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años mediante la distribución teórica de Pearson III. De manera que, representa como la lluvia B para cada probabilidad de excedencia, la lluvia B de 3 días es 69.48 mm, 5 días es 97.87 mm, 7 días es 128.36 mm, 10 días es 164.7 mm, 15 días es 235.24 mm y de 30 días es 449.17 mm para la probabilidad de excedencia de 0.5 ( $T_r = 2$  años); de la misma manera presenta la lluvia B para diferentes probabilidades de excedencias 0.8, 0.9, 0.96 y 0.98 como se muestra en la Tabla 12.

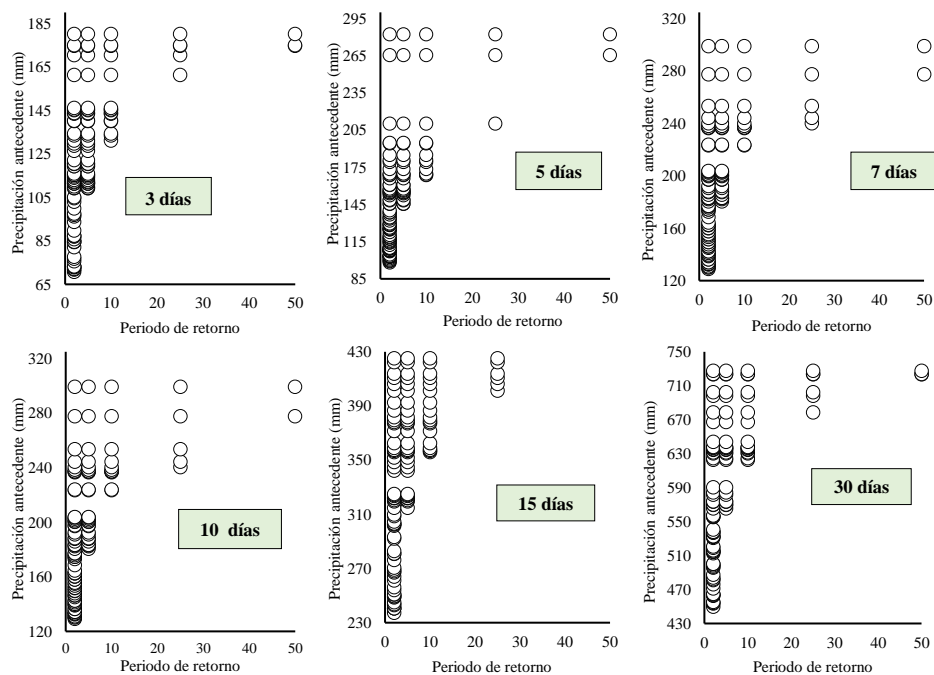
**Tabla 12.** Lluvias antecedentes calculada para cada probabilidad de excedencia.

T (años)	F	Lluvias antecedentes					
		3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días
2	0.5	69.48	97.87	128.36	164.7	235.24	449.17
5	0.8	108.02	142.23	179.72	225.05	311.62	560.85
10	0.9	130.26	168.19	207.99	257.91	353.12	615.04
25	0.96	155.61	198.04	239.25	293.95	398.58	669.75
50	0.98	172.90	218.54	260.06	317.80	428.60	703.44

#### 4.3.4. Probabilidad condicional de los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos

En la Tabla 13 y la Figura 20 muestra los umbrales de lluvias mínimos y máximos que puedan provocar deslizamientos en la Provincia de Leoncio Prado basados por lluvias

antecedentes. Los umbrales mínimos de lluvias antecedentes de 3 días es 70.83 mm, 5 días es 98.25 mm, 7 días es 129.00 mm, 10 días 166.63 mm, 15 días 237.15 mm y 30 días 448.67 mm y los umbrales máximos para lluvias antecedentes de 3 días es 180.23 mm, 5 días es 282.29 mm, 7 días es 299.23 mm, 10 días 355.39 mm, 15 días 425.05 mm y 30 días 777.62 mm para un periodo de retorno de 2 años. De la misma manera presenta a los umbrales de lluvias mínimos y máximos para los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años. De modo que, los umbrales de lluvia representan según Reichenbach et al. (1998); Crosta y Frattini (2001); Guzzetti et al. (2007) como el nivel mínimo o máximo de la precipitación detonante necesario para que probablemente provoque un deslizamiento de tierra. Asimismo, el umbral mínimo es el nivel más bajo necesario para que ocurra un deslizamiento de tierra y por debajo del cual no ocurre ningún deslizamiento y un umbral máximo es límite que por encima del cual siempre ocurre un deslizamiento.



**Figura 20.** Umbrales de lluvias para el inicio de los deslizamientos de tierra en la provincia de Leoncio Prado.

Los umbrales de lluvia obtenidos para la zona estudio son basados en lluvias antecedentes a la ocurrencia de los deslizamientos, como también menciona Guzzetti et al. (2007); Tien et al. (2013) los umbrales de lluvia son basados en el análisis de los eventos de lluvia pasados y la ocurrencia de los deslizamientos de tierra. Por otro lado, Reichenbach et al. (1998) los parámetros de precipitación más comúnmente investigados son la precipitación acumulada, lluvia antecedente, intensidad y duración de la lluvia.

**Tabla 13.** Umbrales de lluvias mínimas y máximas detonantes de los deslizamientos.

N°	Periodo de retorno	Días	Umbrales	
			Mínimos (mm)	Máximos (mm)
1	2	3	70.83	180.23
		5	98.25	282.29
		7	129.00	299.23
		10	166.63	355.39
		15	237.15	425.05
		30	449.67	727.62
2	5	3	109.29	180.23
		5	145.50	282.29
		7	180.57	299.23
		10	226.26	355.39
		15	314.64	425.05
		30	565.43	727.62
3	10	3	131.09	180.23
		5	168.74	282.29
		7	223.36	299.23
		10	266.05	355.39
		15	355.87	425.05
		30	622.64	727.62
4	25	3	161.37	180.23
		5	210.08	282.29
		7	240.28	299.23
		10	295.78	355.39
		15	401.30	425.05
		30	678.40	727.62
5	50	3	174.64	180.23
		5	265.55	282.29
		7	277.65	299.23
		10	355.39	-
		15	-	-
		30	723.22	727.62

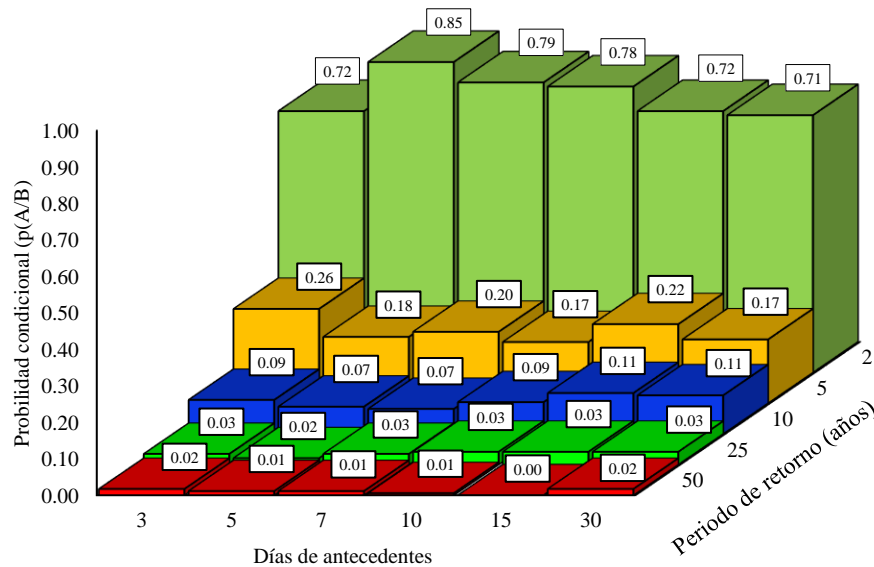
El cálculo de los umbrales de lluvia es importante, como lo indica Reichenbach et al. (1998), ya que demuestra su definición y aplicación en los sistemas de alerta, este se refiere a la medición de la precipitación en grandes áreas, de manera simple y económica, los datos de lluvia pronosticados con suficiente información en el área de estudio permiten una buena resolución de los umbrales de lluvia. Por otro lado, los umbrales de lluvia se pueden vincular a

los modelos geotécnicos específicos del sitio, mejorando en gran medida la predicción temporal de deslizamientos de tierra poco profundos. Pero también existe muchas limitaciones, en la recolección de datos de los deslizamientos históricos que carecen de información base como la ubicación exacta, fecha de ocurrencia y descripción detallada de cada tipo deslizamientos e información incompleta de precipitaciones diarias y poca distribución de las estaciones meteorológicas en la provincia de Leoncio Prado, que nos conllevaría al error en los resultados o no tener buena precisión en el pronóstico. Asimismo, Reichenbach et al. (1998); Lee et al. (2021) menciona otras limitaciones, de que la lluvia no es la causa principal de la ocurrencia de los deslizamientos, los deslizamientos son difíciles de predecir basándose solo en la lluvia y hay ciertos casos en los que no se produce un deslizamiento de tierra incluso cuando se superan los umbrales de lluvia.

Algunos autores recomiendan para el pronóstico de la lluvia o probabilidad de que ocurran deslizamientos de tierra debe estimarse con variables de lluvia más específicas Lee et al. (2021), considera evaluar con detalle el análisis de umbrales y aplicar el análisis de las series de lluvia y probabilidad de excedencia (Aristizábal et al., 2011). De la misma manera Kanungo y Sharma (2014) recomienda, utilizar las mediciones de precipitación antecedente para establecer un umbral basado en la cantidad de precipitación antecedente antes de los deslizamientos de tierra, por lo que la precipitación antecedente controla el nivel de humedad del suelo en el proceso de saturación lenta de la capa del suelo y también influye en el nivel freático. Pero presenta dificultad importante en el uso de las mediciones de precipitaciones antecedentes para predecir la ocurrencia de deslizamientos de tierra.

En la Tabla 14 y Figura 21 se muestra la probabilidad condicional de los umbrales de lluvia detonantes de deslizamientos calculado con el método bayesiano unidimensional basados en las lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15, 30 días a la ocurrencia de los deslizamientos, para un periodo de 20 años. La probabilidad condicional de que ocurra un deslizamiento dada una lluvia acumulada con una probabilidad de excedencia de  $P(B) = 0.5$  o  $Tr = 2$  años resultó para lluvias antecedentes de 3 días de 0.72, 5 días de 0.85, 7 días de 0.79, 10 días de 0.78, 15 días de 0.72 y 30 días de 0.71, presentando una probabilidad alta para que ocurra un deslizamiento o es decir dada una lluvia acumulada para un periodo de retorno de 2 años si ocurre un deslizamiento. Asimismo, la probabilidad de condicional de que ocurra un deslizamiento dada una lluvia acumulada con los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años presentó una probabilidad baja (0.0 a 0.26) o es decir dada una lluvia acumulada para estos periodos de retorno, no ocurría deslizamientos. En resumen, los umbrales de lluvia detonante de los

deslizamientos en la Provincia de Leoncio Prado con mayor probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos fueron todas las lluvias antecedentes 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días, para un periodo de retorno de 2 años. El mejor umbral de lluvia detonante de los deslizamientos fue la lluvia antecedente de 5 días presentando una probabilidad de ocurrencia de 0.85.



**Figura 21.** Probabilidad condicional de deslizamientos de tierra en función de las lluvias antecedentes.

La probabilidad condicional de los umbrales detonante de deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado calculado con el método del modelo bayesiano, que es un método fácil, estadísticamente riguroso y arroja un valor de probabilidad de deslizamiento de 0 a 1, para cada combinación de las lluvias antecedentes (Dikshit y Satyam, 2017). Asimismo, aplica para variables dependiendo de la calidad y cantidad de datos de lluvia y deslizamientos de tierra (Sarkar y Dorji, 2019). Por otro lado, siguió los pasos importantes para la construcción del modelo de probabilidad bayesiano propuestos por Driver y Alemi (1995), Do y Yin (2018) que son: decidir sobre los eventos a pronosticar (umbrales de lluvia detonante de deslizamientos), identificar las pistas (los eventos de deslizamientos y lluvias antecedentes), evaluar las estimaciones de probabilidad y usar la fórmula de Bayes para pronosticar.

Asimismo, en la investigación se utilizó la probabilidad bayesiana unidimensional utilizando un solo parámetro que fue las lluvias antecedentes a la ocurrencia de los deslizamientos para determinar la probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos de tierra (Sarkar y Dorji, 2019).

**Tabla 14.** Los valores de probabilidad del análisis bayesiano unidimensional que se calcularon en función de lluvia antecedente en el periodo de 20 años.

Periodo de retorno	Días antecedentes	N_d	N_rank	N_D	N_ll, d	P(A)	P(B)	P(B/A)	P(A/B)
2	3				64			0.478	0.716
	5				76			0.567	0.851
	7				71		0.5	0.53	0.795
	10				70			0.522	0.784
	15				64			0.478	0.716
	30				63			0.47	0.705
5	3				37			0.276	0.259
	5				26			0.194	0.182
	7				28		0.8	0.209	0.196
	10				24			0.179	0.168
	15				31			0.231	0.217
	30				25			0.187	0.175
10	3				15			0.112	0.093
	5				12			0.09	0.075
	7				11		0.75	0.082	0.068
	10	15	20	134	14			0.104	0.087
	15				18			0.134	0.112
	30				17			0.127	0.106
25	3				5			0.037	0.029
	5				3			0.022	0.017
	7				5		0.96	0.037	0.029
	10				6			0.045	0.035
	15				6			0.045	0.035
	30				6			0.045	0.035
50	3				3			0.022	0.017
	5				2			0.015	0.011
	7				2		0.98	0.015	0.011
	10				1			0.007	0.006
	15				0			0	0
	30				3			0.022	0.017

N\_d: Número de años en los que se observaron los deslizamientos, N\_rank: Número total de años observación, N\_D: Número de deslizamientos observados y N\_ll,d, d: Número de lluvias antecedentes a los deslizamientos que exceden a una lluvia de magnitud B.

Los umbrales de lluvia detonante de deslizamientos calculados para la provincia de Leoncio Prado, Perú basado en lluvias antecedente para un periodo de retorno de 2 años resultó una probabilidad alta a la ocurrencia de deslizamientos; asimismo resultó los umbrales de

lluvias mínimos, mucho más alto en comparación al estudio realizado por Aristizábal et al. (2011) en el valle de Aburrá – Colombia, donde lluvias antecedentes de 30 días obtuvo 60 mm, 60 días es 160 mm y 90 días es 200 mm. Pero la precipitación antecedente es el mejor condicionante para la ocurrencia de movimientos en masa en el Valle de Aburrá. Mientras Pradenas (2014), en la provincia de Concepción- Chile, el umbral característico es condicionado por las lluvias antecedente son superiores a 44 mm en 30 días, para este valor la probabilidad de ocurrencia de deslizamiento se incrementa drásticamente, siendo éste su umbral mínimo.

Al contrario Berti et al. (2012) en la región de Emilia-Romaña de Italia los deslizamientos no están fuertemente relacionados con la lluvia antecedente de 14 y 30 días. Pero en India en la región de Chamoli-Joshimath, Garhwal Himalayas, Kanungo y Sharma (2014) revela que, en cuanto a la relación de lluvias antecedentes a la ocurrencia de los deslizamientos se requiere una lluvia antecedente mínima de 10 días de 55 mm y una lluvia antecedente de 20 días de 185 mm para el inicio de deslizamientos y finalmente Do y Yin (2018) en la ciudad de Ha Giang y sus alrededores – Vietnam, el umbral mínimo empírico de lluvia en la activación de deslizamientos es  $40.8 - 0.201R_{3ad}$ . y los valores de probabilidad varía de 0,03 a 0,44.

## V. CONCLUSIÓN

1. Se identificaron 151 deslizamientos históricos (112 deslizamientos, 13 derrumbes y 26 huaycos) durante el periodo 2000 al 2020 en la provincia de Leoncio Prado. Con un mapa de inventario de pequeña escala (1:150,00), tipo de archivo y geomorfológico (histórico y de eventos).
2. La aproximación de las precipitaciones antecedentes con deslizamientos observados en la zona de estudio y la base de datos de precipitaciones corresponde con el método de interpolación de Ponderación de Distancia Inversa (IDW).
3. Los umbrales de lluvia detonante de los deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado resultaron con una probabilidad alta que varía entre 0.71 a 0.85 en todas las lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días para un periodo de retorno de 2 años y para los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años presenta una probabilidad baja que varía entre 0.0 a 0.26. Los umbrales de lluvias antecedentes de 3, 5, 7, 10, 15 y 30 días para un periodo de retorno de 2 años, probabilísticamente son detonantes de los deslizamientos en la provincia de Leoncio Prado. El mejor umbral de lluvia detonante de los deslizamientos fue la lluvia antecedente de 5 días presentando una probabilidad de ocurrencia de 0.85 con un umbral mínimo de 98.25 mm y un umbral máximo 282.29 mm.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Mejorar en la exactitud de la ubicación, fecha de ocurrencia y descripción detallada de cada tipo de movimiento en masa.
2. Realizar inventarios de deslizamientos continuo y detallado con fotografías aéreas y medidas en campo.
3. Incrementar el número de estaciones meteorológicas en la provincia de Leoncio Prado, mejorando la accesibilidad de la información temporal y espacial.
4. Continuar con la investigación, incluyendo otras variables como la lluvia acumulada, intensidad y duración, incorporando las variables físicas como la topografía, cobertura de vegetal y tipo de suelo, humedad, entre otros.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, T., Azevedo, p. y Farias, A. (2015). Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 8 (6), 1601-1614. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150090>
- Antelo, M. y Long, M. (2014). Estimación de datos faltantes de precipitación diaria para las distintas ecorregiones de la República Argentina. <https://www.ina.gov.ar/ifrh-2014/Eje3/3.02.pdf>
- Aristizábal, E., González, T., Montoya, J., Vélez, J, Martínez, H. Guerra, A. (2011). Análisis de umbrales empíricos de lluvia para el pronóstico de movimientos en masa en el valle de Aburrá, Colombia. *Revista EIA*, 15, 95-111. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n15/n15a09.pdf>
- Berti, M., Martina, M., Franceschini, S., Pignone, S., Simoni, A. y Pizziolo, M. (2012). Probabilistic rainfall thresholds for landslide occurrence using a Bayesian approach. *Journal of Geophysical Research*, 117. <https://doi.org/10.1029/2012JF002367>
- Brunsdon, D. (1993). Mass movement; the research frontier and beyond: a geomorphological approach. *Geomorphology*, 7, 85-128. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(93\)90013-R](https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90013-R)
- Campos. D. (2015). Nota técnica. Ajuste de las distribuciones GVE, LOG y PAG con momentos L depurados (1, 0). *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(4), 153-167. <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353543299011.pdf>
- Canales, C. (2011). *Cálculo de umbrales para la ciudad de Tegucigalpa (Producto 1)*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra y Convenio SERNA/UNAH. <https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/07/calculo-de-umbrales-tegucigalpa-anc3a1lisis-precipitaciones-2011.pdf>
- Castro, D. (2022). *Umbrales de precipitación para deslizamientos de tierra en la cuenca del río Rímac* [Tesis posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5237>
- CENEPRED (Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres). (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos*

- Naturales*. Versión 02. Lima. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>
- Chow, V., Maidment, D. y Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Mc Graw Hill. Bogotá.
- COEN (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional). (2020). *Emergencias COEN*. Instituto Nacional de Defensa Civil. <https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/>
- Crosta, G. y Frattini, P. (2001). Rainfall thresholds for triggering soil slips and debris Flow. [https://www.researchgate.net/publication/285298340\\_Rainfall\\_thresholds\\_for\\_triggering\\_soil\\_slips\\_and\\_debris\\_flow](https://www.researchgate.net/publication/285298340_Rainfall_thresholds_for_triggering_soil_slips_and_debris_flow)
- Damián, R. y Huamán, H. (2017). *Estimación de umbrales de precipitación, para un sistema de alerta temprana en deslizamiento de laderas, en el distrito de Cuenca, provincia y región de Huancavelica* [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1456>
- Dikshit, A. y Satyam, N. (14 -16 de diciembre de 2017). *Rainfall Thresholds for Landslide Occurrence in Kalimpong using Bayesian Approach* [conferencia]. Indian Geotechnical Conference 2017 GeoNEst, IIT Guwahati, India. [https://www.researchgate.net/publication/319402160\\_Rainfall\\_Thresholds\\_for\\_Landslide\\_Occurrence\\_in\\_Kalimpong\\_using\\_Bayesian\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/319402160_Rainfall_Thresholds_for_Landslide_Occurrence_in_Kalimpong_using_Bayesian_Approach)
- Dikshit, A. y Satyam, N. (2019). Probabilistic rainfall thresholds in Chibo, India: estimation and validation using monitoring system. *Journal of Mountain Science*, 16(4), 870 - 883. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-5189-6>
- Do, H. y Yin, K. (2018). Rainfall Threshold Analysis and Bayesian Probability Method for Landslide Initiation Based on Landslides and Rainfall Events in the Past. *Open Journal of Geology*, 8 (7), 674 - 696. <https://doi.org/10.4236/ojg.2018.87040>
- Driver, J. y Alemi, F. (1995). Forecasting Without Historical Data: Bayesian Probability Models Utilizing Expert Opinions. *Journal of medical systems*, 19(4), 359 - 374. <https://doi.org/10.1007/BF02257266>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2003). *Manual curso análisis espacial Arcview 8.2*. Proyecto regional ordenamiento territorial rural sostenible. Santiago, Chile. <https://docplayer.es/72310567-Manual-curso-analisis-espacial-arcview-8-2-proyecto-regional-ordenamiento-territorial-rural-sostenible-proyecto-gcp-rla-139-jpn.html>

- González, A. y Caetano, E. (2017) Probabilistic Rainfall Thresholds for Landslide Episodes in the Sierra Norte De Puebla, México. *Natural Resources*, 8 (3), 254-267. <https://doi.org/10.4236/nr.2017.83014>
- Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228, 113-129. [https://doi.org/10.1016/S001694\(00\)00144-X](https://doi.org/10.1016/S001694(00)00144-X)
- Guzzetti, F. Cardinali, M., Reichenbach, P. y Carrara, A. (2000). Comparing Landslide Maps: A Case Study in the Upper Tiber River Basin, Central Italy. *Environmental Management*, 25 (3), 247-263. <https://doi.org/10.1007/s002679910020>
- Guzzetti, F., Aleotti, P., Malamud, B. y Turcotte, D. (2002). Comparison of three landslide event inventories in Central and Northern Italy. *Mediterranean Storms*. [https://www.researchgate.net/publication/224011816\\_Comparison\\_of\\_three\\_landslide\\_event\\_inventories\\_in\\_central\\_and\\_northern\\_Italy](https://www.researchgate.net/publication/224011816_Comparison_of_three_landslide_event_inventories_in_central_and_northern_Italy)
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M. y Stark, C. (2007) Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 98, 239–267. <https://doi.org/10.1007/s00703-007-0262-7>
- Guzzetti, F., Mondini, A., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M. y Chang, K. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problema. *Earth-Science Reviews*, 112, 42 - 66. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>
- Highland, L. y Bobrowsky, P. (2008). *Manual de derrumbes: Guía para entender todo sobre los derrumbes*. Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA. <https://www.udocz.com/apuntes/259210/27-manual-de-derrumbes-usgs>
- Hungr, O., Evans, S., Bovis, M. y Hutchinson, J. (2001). A Review of the classification of landslides of the flow types. *Environmental y Engineering Geoscience*, 7(3), 221-238. <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.7.3.221>
- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil). (2011). *Manual de estimación del riesgo ante movimiento en masa en laderas* (Cuaderno Técnico N°03). Dirección Nacional de Prevención (DNP) y Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos (UEER). Lima, Perú. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1744/doc1744-1a.pdf>
- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil). (2020). *Reporte de emergencias*. Oficina General de Tecnología de la Información y Comunicaciones. <https://www.gob.pe/10157-acceder-a-informacion-estadistica-del-indeci>

- INGEMMET (Instituto geológico minero y metalúrgico). (2005). *Movimiento en masa: Deslizamiento y huaycos en la Cuenca de la quebrada Paihua* (Informe técnico N° A6871). Dirección de Geología ambiental. Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2193>
- Kanungo, D. Sharma, S. (2014). Landslides. *Journal of the International Consortium on Landslides*, 11 (4), 629 - 638. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0438-9>
- Kravchenko, A. (2003). Influence of Spatial Structure on Accuracy of Interpolation Methods. *Soil Science Society of America Journal*, 67(5), 1564 – 1571. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1564>
- Lee, W., Park, S. y Sung, H. (2021). The optimal rainfall thresholds and probabilistic rainfall conditions for a landslide early warning system for Chuncheon, Republic of Korea. *Landslides* 18, 1721-1739. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01603-3>
- Li, L., Zeng, N., Liu, R. y Gong, S. (2018). Trends Analysis of Rainfall Patterns Triggering Landslide over the Gorges Reservoir Region. *Earth and Environmental Science*, 170(3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/3/032012>
- Lloyd, C. (2005). Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain. *Journal of Hydrology*, 308, 128 -150. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.10.026>
- Ly, S., Charles, C. y Degré, A. (2013). Different methods for spatial interpolation of rainfall data for operational hydrology and hydrological modeling at watershed scale. A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(2), 392-406. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1225842.v1>
- Mayorga, R. (2003). Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. *Meteorología Colombiana* 7, 157-168. <https://docplayer.es/45373076-Determinacion-de-umbrales-de-lluvia-detonante-de-deslizamientos-en-colombia-determining-rainfall-thresholds-that-trigger-landslides-in-colombia.html>
- MPLP (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado). (2019). *Plan de desarrollo local concertado 2019 - 2021 con enfoque al 2030*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-san-carlos/contabilidad-i/pdc-leoncio-prado-2019-2021-con-enfoque-al-2030/16311458>
- Patricia, S. (2015). *Estimación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en las microcuencas de los Corregimientos de Villa Restrepo y Juntas de la Cuenca Combeima*

*Ibagué – Tolima* (Trabajo de grado de Magíster en Planificación y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas, Universidad del Tolima). <https://1library.co/document/dzx8v0dq-estimacion-umbrales-detonante-deslizamientos-microcuencas-corregimientos-restrepo-combeima.html>

- PMA- Geociencias para las Comunidades Andinas (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas) (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería. <http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/2792>
- Polemio, M. y Petrucci, O. (2010). Occurrence of landslide events and the role of climate in the twentieth century in Calabria, southern Italy. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 43 (4), 403-415. <https://doi.org/10.1144/1470-9236/09-006>
- Pradenas, M. (2014). *Umbral empírico de deslizamiento por precipitación, para la Provincia de Concepción* [Proyecto de para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad del Bío Bío]. Repositorio Digital Sistema de Bibliotecas Universidad del Bío Bío. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/810>
- Raspini, F., Ciampalini, A., Bianchini, S. Bardi, F., Traglia, F., Basile, G. y Moretti, S. (2016). Updated landslide inventory of the area between the Furiano and Rosmarino creeks (Sicily, Italy). *Journal of Maps*, 12(5), 1010-1019. <https://doi.org/10.1080/17445647.2015.1114975>
- P. Reichenbach, P., Cardinali, M., De Vita, P. y Guzzetti, F. (1998) Regional hydrological thresholds for landslides and floods in the Tiber River Basin (central Italy). *Environmental Geology*, 35, 146 – 159. <https://doi.org/10.1007/s002540050301>
- Roccati, A., Paliaga, G., Luino, F., Faccini, F. y Turconi, T. (2020). Rainfall Threshold for Shallow Landslides Initiation and Analysis of Long-Term Rainfall Trends in a Mediterranean Area. *Atmosphere*, 11(12), 1367. <https://doi.org/10.3390/atmos11121367>
- Sarkar, R. y Dorji, K. (2019). Determination of the Probabilities of Landslide Events - A Case Study of Bhutan. *Hydrology*, 6 (2), 52. <https://doi.org/10.3390/hydrology6020052>
- SINPAD (Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación). (2003 - 2018). *Registros de emergencias y peligros* <http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/mapa/Mapa.asp?Tipo=0&Visita=Visita>

- SINPADv2.0 (Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación). (2019-2020). *Lista de emergencias*. <http://sinpad2.indec.gov.pe/sinpad2/faces/public/listSinpadEnviadosPubli.xhtml>
- Tien, D., Pradhan, B., Lofman, O., Revhaug, I. y Dick, O. (2013). Regional prediction of landslide hazard using probability analysis of intense rainfall in the Hoa Binh province, Vietnam. *Nat Hazards*, 66 (2), 707–730. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0510-0>
- UDA – Consulting, (2018). Spatial interpolation methods. <http://www.udiconsulting.com/node/255>
- USGS (U.S. Geological Survey). (2004). *Landslide Types and Processes* (Fact sheet 2004 – 3072). Science for changing World. <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>
- Villón, M. (2002). *Hidrología* (2.<sup>da</sup> ed.). Villon, febrero del 2002, Lima- Perú.
- Villón, M: (2006). *Hidrología estadística*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## **ANEXO**

**Anexo 1.** Base de datos**Tabla 15.** Estaciones meteorológicas utilizadas.

N°	Código	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m)	Parámetros	Periodo
			Este (m)	Norte (m)			
1	109027	Tingo María	390121	8970701	678.85	PP diaria (mm)	2000 - 2020
2	109028	Tulumayo	389088.54	8988734	633.00	PP diaria (mm)	2000 - 2020
3	108025	La Divisoria	410584.68	8982834	1694.16	PP diaria (mm)	2000 - 2020
4	108033	Aucayacu	377776.91	9012717	583.87	PP diaria (mm)	2000 - 2020

Fuente. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), 2021

**Tabla 16.** Registros de deslizamientos históricos del año 2000 -2020 del distrito de Daniel Alomía Robles.

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Lugar de evento	Fecha	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)	Fuente	Codigo Simpad /Coen
						X	Y			
1	H-DAR-01	Huayco	Topa	Tramo Topa - Alto Huayhuante	5/01/2004	405666.73	8974138.61	747.23	SINPAD -INDECI	00003333
2	H-DAR-02	Huayco	Topa	Tramos Topa - San Pablo	5/04/2010	409650.51	8975361.73	833.00	SINPAD -INDECI	00038630
3	DL-DAR-01	Derrumbe	Topa	Tramos Topa - San Pablo	5/04/2010	408769.12	8975254.05	836.41	SINPAD-INDECI	00038630
4	DL-DAR-02	Deslizamiento	Huayhuante	Caserío Huayhuante	3/03/2011	400701.02	8977745.23	735.13	SINPAD -INDECI	00043992
5	DL-DAR-03	Deslizamiento	San Carlos	Tramo Peregrino - Nuevo Milenium	27/02/2014	399086.74	8988194.86	752.39	SINPAD -INDECI	00065853
6	DL-DAR-04	Deslizamiento	La libertad	Tramo Peregrino - Nuevo Milenium	27/02/2014	402082.39	8990896.51	1167.11	SINPAD -INDECI	00065853
7	DL-DAR-05	Derrumbe	La Colorada	Tramo La Colorada	20/12/2014	406732.63	8969304.22	872.71	COEN-INDECI	Info. de Emergencia N°842 - 28/12/2014 (Informe N°04)
8	DL-DAR-06	Deslizamiento	Los Peregrinos	Tingo María - Aucayacu (km 16+500)	1/03/2017	394103.68	8986739.96	698.32	URANIO TV DIGITAL	
9	DL-DAR-07	Deslizamiento	Vista Alegre	Vista Alegre	11/08/2018	410512.00	8973974.00	1052.33	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
10	DL-DAR-08	Deslizamiento	San Sebastián	San Sebastián	2018	402547.00	8982107.00	894.87	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
11	DL-DAR-09	Deslizamiento	Diego Ferrero	Diego Ferrero	2018	403652.00	8980960.00	800.91	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
12	DL-DAR-10	Deslizamiento	Alto Marona	Alto Marona	2018	398327.00	8979939.00	752.97	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
13	DL-DAR-11	Deslizamiento	11 de octubre	11 de octubre	2018	409806.00	8972742.00	1122.97	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
14	DL-DAR-12	Deslizamiento	Jorge Chávez	Jorge Chávez	2018	408873.00	8970803.00	1183.91	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
15	DL-DAR-13	Deslizamiento	La Colorada	La Colorada	2018	407312.00	8968051.00	773.84	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
16	DL-DAR-14	Deslizamiento	Pueblo Libre	Pueblo Libre	2018	412199.00	8967052.00	1231.64	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
17	DL-DAR-15	Deslizamiento	San Carlos	San Carlos	2018	398715.00	8987937.00	774.97	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
18	DL-DAR-16	Derrumbe	La Libertad	La Libertad	2018	400609.00	8989099.00	856.99	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
19	DL-DAR-17	Derrumbe	La Libertad	La Libertad	2018	401169.00	8989306.00	938.48	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
20	DL-DAR-18	Derrumbe	La Libertad	La Libertad	2018	400845.00	8990890.00	1107.65	P.E.S.M.D.H. - Nov. 2018	
21	H-DAR-03	Huayco	Rio Tigre	Rio Tigre	2018	398596.23	8985151.35	800.22	Imagen Satelital 2018	Google Earth
22	DL-DAR-19	Deslizamiento	Cafesa	Tramo Antonio Raimondi - Las vegas - Cafesa	2018	399839.21	8985237.00	890.86	Imagen Satelital 2018	Google Earth
23	DL-DAR-20	Deslizamiento	Antonio Raimondi - Las vegas	Tramo Tingo María - Aguaytía	27/03/2019	401722.00	8983408.00	976.01	ZONA TINGALEZA	
24	DL-DAR-21	Deslizamiento	Antonio Raimondi - Las vegas	Tramo Tingo María - Pucallpa (Km 475+600 - 475	7/10/2019	400496.69	8983715.19	956.24	COEN-INDECI	Reporte complementario N°19-11-2019 - Reporte N°7
25	DL-DAR-22	Deslizamiento	San Carlos	Tramo San Carlos - Alfonso Ugarte	5/12/2019	398691.38	8987910.47	761.38	COEN-INDECI	Reporte complementario N°3061-11/12/2019- Reporte N°2
26	DL-DAR-23	Deslizamiento	Vista Alegre	Vista Alegre	9/12/2019	410828.60	8973960.08	1105.82	COEN-INDECI	Reporte complementario N°002-1/01/2020-Reporte N°3
27	H-DAR-04	Huayco	San Carlos	Tramo San Carlos - Nuevo Milenio	2/01/2020	399341.92	8988416.81	744.08	COEN-INDECI	Reporte complementario N°370-22-01-2020-Reporte N°2
28	H-DAR-05	Huayco	San Cristóbal	San Cristóbal	2/01/2020	397514.43	8989932.47	744.64	COEN-INDECI	Reporte complementario N°370-22-01-2020-Reporte N°2
29	H-DAR-06	Huayco	Alfonso Ugarte	Tramo Alfonso Ugarte - San Carlos	2/01/2020	397899.76	8987651.53	744.10	COEN-INDECI	Reporte complementario N°370-22-01-2020-Reporte N°2
30	DL-DAR-24	Deslizamiento	San Pablo	San pablo alto	15/01/2020	409999.71	8975502.29	845.46	SINPAD -INDECI	116062
31	DL-DAR-25	Deslizamiento	Alto peregrino	Tramo Tingo María - Aucayacu	15/01/2020	394046.60	8987317.27	676.98	SINPAD -INDECI	116062
32	DL-DAR-26	Deslizamiento	San Pablo	San Pablo	16/01/2020	408988.15	8975450.78	850.94	COEN-INDECI	Reporte complementario N°313-18-01-2020-Reporte N°1
33	DL-DAR-27	Deslizamiento	La chancadora	Tramo Tingo María - Aucayacu	20/01/2020	394598.39	8984727.48	658.28	SINPAD -INDECI	116062
34	DL-DAR-28	Deslizamiento	Flores de Belén	Flores de Belén	21/01/2020	399294.87	8981521.29	835.15	SINPAD -INDECI	116062
35	DL-DAR-29	Deslizamiento	Antonio Raimondi - Las vegas	Antonio Raimondi - Las vegas	6/02/2020	400785.00	8983826.00	968.43	COEN-INDECI	Reporte complementario N°061-28-02-2021-Reporte N°4

P.E.S.M.D.H: Proyecto Escenarios para simulacro para multipeligro para departamento de Huánuco - noviembre 2018

Nota: Los 13 eventos de deslizamientos seleccionados de color verde no forma parte para la interpolación, pero sí en el mapa de inventario.

**Tabla 17.** Registros de deslizamientos históricos del año 2000-2020 del distrito de Hermilio Valdizán.

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Lugar de evento	Fecha	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)	Fuente	Codigo SINPAD / COEN
						X	Y			
1	H-HV-01	Huayco	Hermilio Valdizán	Hermilio Valdizán	19/01/2003	408146.92	8982376.17	1358.78	SINPAD -INDECI	0000088
2	H-HV-02	Huayco	José M. Ugarteche	José M. Ugarteche	19/01/2003	408299.41	8986376.97	1059.99	SINPAD -INDECI	0000088
3	H-HV-03	Huayco	José Bernardo Alcedo	Caserío José Bernardo Salcedo	15/12/2003	404848.88	8985751.15	1200.50	SINPAD -INDECI	00009268
4	H-HV-04	Huayco	José Bernardo Alcedo	Tramo Caserío Bernardo Alcedo (km 5)	9/01/2004	404333.31	8984082.33	1207.97	SINPAD -INDECI	00003421
5	DL-HV-01	Deslizamiento	Juan Velasco Alvarado	Juan Velasco Alvarado	3/02/2008	413743.62	8975713.60	1094.51	SINPAD -INDECI	00025349
6	DL-HV-02	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	CC.PP. San Agustín	22/03/2010	412156.74	8982461.97	1636.73	SINPAD -INDECI	00038170
7	DL-HV-03	Deslizamiento	Puerto Alegre	Puerto Alegre	22/03/2010	413135.00	8980225.00	1338.72	SINPAD -INDECI	00038170
8	H-HV-05	Huayco	Juan Velasco Alvarado	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (12+600 km)	22/03/2010	413866.25	8976261.11	1088.25	SINPAD -INDECI	00038170
9	DL-HV-04	Deslizamiento	Nuevo Tupac Amaru	Nuevo Tupac Amaru	22/03/2010	414581.59	8972880.87	1166.52	SINPAD -INDECI	00038170
10	DL-HV-05	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	CC.PP. San Agustín	18/02/2011	412313.27	8982588.87	1637.49	SINPAD -INDECI	00043958
11	DL-HV-06	Deslizamiento	Hermilio Valdizán	Hermilio Valdizán	7/04/2011	408149.41	8982269.33	1353.94	SINPAD -INDECI	00045999
12	DL-HV-07	Deslizamiento	Sortilegio	Sortilegio	7/04/2011	405384.72	8982721.15	1213.55	SINPAD -INDECI	00044762
13	DL-HV-08	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 00+200)	8/01/2013	412496.00	8982320.00	1593.14	SINPAD -INDECI	00063013
14	DL-HV-09	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 03+250 - 03+390)	8/01/2013	413135.55	8980769.85	1383.38	SINPAD -INDECI	00063013
15	DL-HV-10	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 04+500 - 04+540)	8/01/2013	413468.93	8979377.72	1318.96	SINPAD -INDECI	00063013
16	DL-HV-11	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 10+400 - 10+500)	8/01/2013	413915.05	8978251.55	1165.11	SINPAD -INDECI	00063013
17	DL-HV-12	Deslizamiento	Sortilegio	Tramo Tingo María - Aguaytía	8/03/2013	403481.00	8983698.00	1057.62	SINPAD -INDECI	00057142
18	DL-HV-13	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 3+100 -3+600)	8/01/2014	412819.00	8981300.00	1456.98	SINPAD -INDECI	00063310
19	DL-HV-14	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 4+300-4+600)	8/01/2014	413419.95	8979645.97	1331.02	SINPAD -INDECI	00063310
20	DL-HV-15	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 6+400-6+600)	8/01/2014	413236.81	8978720.33	1209.34	SINPAD -INDECI	00063310
21	DL-HV-16	Deslizamiento	Juan Velasco Alvarado	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (Sector Río Tigre)	12/02/2014	413808.59	8976293.49	1087.54	COEN-INDECI	Info. de Emergencia N°173-28/02/14 (Informe N° 04)
22	DL-HV-17	Deslizamiento	Nuevo Milenium	Tramo Peregrino - Nuevo Milenium	27/02/2014	404145.55	8992388.84	1280.66	SINPAD -INDECI	00065853
23	DL-HV-18	Deslizamiento	San Sebastián	San Sebastián	7/08/2017	402173.49	8983011.63	950.39	SINPAD -INDECI	00089024
24	DL-HV-19	Deslizamiento	Hermilio Valdizán	Tramos Hermilio Valdizán - Jose María Ugarteche - Manuel Mesones	7/08/2017	408074.68	8982146.23	1363.82	SINPAD -INDECI	00089024
25	DL-HV-20	Deslizamiento	Margarita	Margarita	7/08/2017				SINPAD -INDECI	00089024
26	DL-HV-21	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo Puerto Alegre - Juan Velasco Alvarado	7/08/2017	413142.00	8980192.00	1337.36	SINPAD -INDECI	00089024
27	DL-HV-22	Deslizamiento	Río Azul	Tramo de Río Azul - Margarita	7/08/2017	412083.60	8983218.86	1527.66	SINPAD -INDECI	00089024
28	DL-HV-23	Deslizamiento	Simón Bolívar	Tramo Puente Chino - Puente Pumahuasi (km 463+200)	27/12/2017	409086.51	8980982.85	1540.14	COEN	Boletín Informativo de emergencias - COEN
29	DL-HV-24	Deslizamiento	Sortilegio	Tramo Sortilegio - Shangai	4/02/2018	405613.34	8983159.82	1216.27	SINPAD -INDECI	00091779
30	DL-HV-25	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	Tramo CC.PP. San Agustín - Puerto Alegre - Juan Velasco Alvarado	30/10/2018	412547.22	8982055.64	1545.40	SINPAD -INDECI	00096581
31	DL-HV-26	Deslizamiento	Simón Bolívar	Tramo Simón Bolívar	30/10/2018	409701.69	8979773.24	1465.80	SINPAD -INDECI	00096581
32	DL-HV-27	Deslizamiento	Capitán Marino Bustamante	Tramo al Capitán Marino Bustamante	30/10/2018	407005.00	8980620.00	1334.72	SINPAD -INDECI	00096581
33	DL-HV-28	Deslizamiento	3 de octubre	Tramo José Bernardo Alcedo - 3 de octubre	30/10/2018	406065.00	8986848.00	1058.41	SINPAD -INDECI	00096581
34	H-HV-05	Huayco	CC.PP. San Agustín	Tramo CC.PP. San Agustín - Juan Velasco Alvarado	5/04/2019	413230.00	8980792.00	1380.28	SINPAD -INDECI	104461
35	DL-HV-28	Deslizamiento	CC.PP. Manuel Mesones	Tramo CC.PP. José María Ugarteche - Manuel Mesones Muro	5/04/2019	408945.25	8987022.96	1315.31	SINPAD -INDECI	104461
36	H-HV-06	Huayco	3 de octubre	Tramo Shangai - 3 de octubre	5/04/2019	406025.82	8986866.55	1054.43	COEN-INDECI	Reporte Complementario N° 920 - 07/04/2019 -Reporte N°
37	H-HV-07	Huayco	Hermilio Valdizán	Tramo Hermilio Valdizán - CP. José María Ugarteche	5/04/2019	407961.97	8986848.25	1368.94	SINPAD -INDECI	104461
38	H-HV-08	Huayco	Juan Velasco Alvarado	Juan Velasco Alvarado	8/03/2020	413944.44	8976325.03	1100.99	SINPAD -INDECI	120607
39	DL-HV-29	Deslizamiento	CC.PP. Manuel Mesones	CC.PP Manuel Mesones Muro	9/03/2020	409061.67	8986962.26	1332.69	COEN-INDECI	Reporte Preliminar N°640-10-03-2020
40	DL-HV-30	Deslizamiento	San Agustín	Sector San Agustín a la altura km 457+500	7/04/2020	410804.46	8982498.18	1680.42	COEN-INDECI	Info. de Emergencia N° 263 - 7/4/2020 - (Informe N° 2)
41	DL-HV-31	Deslizamiento	San Agustín	Sector San Isidro (Carretera Federico Basadre en el km 457)	5/06/2020	411173.00	8982348.00	1680.31	URANIO TV	
42	DL-HV-32	Deslizamiento	San Agustín	Tramo de Río Azul - Margarita	3/12/2020	412027.95	8982812.91	1608.82	COEN-INDECI	Reporte Preliminar N°4539-16-12-2020 - Reporte N°2
43	DL-HV-33	Deslizamiento	Puerto Alegre	Puerto Alegre - Juan Velasco	28/12/2020	413476.37	8979118.17	1312.77	URANIO TV	

Nota: Los eventos de deslizamientos seleccionados de color amarillo no son consideradas en el mapa de inventario de deslizamientos

**Tabla 18.** Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Mariano Dámaso Beraún.

Código	Tipo de evento	Localidad	Lugar de evento	Fecha	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)	Fuente	Codigo SINPAD / COEN
					X	Y			
H-HV-01		Huayco	Hermilio Valkizán	19/01/2003	408146.92	8982376.17	1358.78	SINPAD -INDECI	00000088
H-HV-02		Huayco	José M. Ugarteche	19/01/2003	408299.41	8986376.97	1059.99	SINPAD -INDECI	00000088
H-HV-03		Huayco	José Bernardo Alcedo	15/12/2003	404848.88	8985751.15	1200.50	SINPAD -INDECI	00009268
H-HV-04		Huayco	José Bernardo Alcedo	09/01/2004	404333.31	8984082.33	1207.97	SINPAD -INDECI	00003421
DL-HV-01	Deslizamiento	Juan Velasco Alvarado	Juan Velasco Alvarado	03/02/2008	413743.62	8975713.60	1094.51	SINPAD -INDECI	00025349
DL-HV-02	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	CC.PP. San Agustín	22/03/2010	412156.74	8982461.97	1636.73	SINPAD -INDECI	00038170
DL-HV-03	Deslizamiento	Puerto Alegre	Puerto Alegre	22/03/2010	413135.00	8980225.00	1338.72	SINPAD -INDECI	00038170
H-HV-05		Huayco	Juan Velasco Alvarado	22/03/2010	413866.25	8976261.11	1088.25	SINPAD -INDECI	00038170
DL-HV-04	Deslizamiento	Nuevo Tupac Amaru	Nuevo Tupac Amaru	22/03/2010	414581.59	8972880.87	1166.52	SINPAD -INDECI	00038170
DL-HV-05	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	CC.PP. San Agustín	18/02/2011	412313.27	8982588.87	1637.49	SINPAD -INDECI	00043958
DL-HV-06	Deslizamiento	Hermilio Valkizán	Hermilio Valkizán	07/04/2011	408149.41	8982269.33	1353.94	SINPAD -INDECI	00045999
DL-HV-07	Deslizamiento	Sortilegio	Sortilegio	07/04/2011	405384.72	8982721.15	1213.55	SINPAD -INDECI	00044762
DL-HV-08	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 00+200)	08/01/2013	412496.00	8982320.00	1593.14	SINPAD -INDECI	00063013
DL-HV-09	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 03+250 - 03+390)	08/01/2013	413135.55	8980769.85	1383.38	SINPAD -INDECI	00063013
DL-HV-10	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 04+500 - 04+540)	08/01/2013	413468.93	8979377.72	1318.96	SINPAD -INDECI	00063013
DL-HV-11	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 10+400 - 10+500)	08/01/2013	413915.05	8978251.55	1165.11	SINPAD -INDECI	00063013
DL-HV-12	Deslizamiento	Sortilegio	Tramo Tingo María - Aguaytía	08/03/2013	403481.00	8983698.00	1057.62	SINPAD -INDECI	00057142
DL-HV-13	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 3+100 -3+600)	08/01/2014	412819.00	8981300.00	1456.98	SINPAD -INDECI	00063310
DL-HV-14	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 4+300-4+600)	08/01/2014	413419.95	8979645.97	1331.02	SINPAD -INDECI	00063310
DL-HV-15	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (km 6+400-6+600)	08/01/2014	413236.81	8978720.33	1209.34	SINPAD -INDECI	00063310
DL-HV-16	Deslizamiento	Juan Velasco Alvarado	Tramo San Agustín - Juan Velasco Alvarado (Sector Río Tigre)	12/02/2014	413808.59	8976293.49	1087.54	COEN-INDECI	Info. de Emergencia N°173-28/02/14 (Informe N° 04)
DL-HV-17	Deslizamiento	Nuevo Milenium	Tramo Peregrino - Nuevo Milenium	27/02/2014	404145.55	8992388.84	1280.66	SINPAD -INDECI	00065853
DL-HV-18	Deslizamiento	San Sebastián	San Sebastián	07/08/2017	402173.49	8983011.63	950.39	SINPAD -INDECI	00089024
DL-HV-19	Deslizamiento	Hermilio Valkizán	Tramos Hermilio Valdizán - Jose María Ugarteche - Manuel Mesones	07/08/2017	408074.68	8982146.23	1363.82	SINPAD -INDECI	00089024
DL-HV-20	Deslizamiento	Margarita	Margarita	07/08/2017				SINPAD -INDECI	00089024
DL-HV-21	Deslizamiento	Puerto Alegre	Tramo Puerto Alegre - Juan Velasco Alvarado	07/08/2017	413142.00	8980192.00	1337.36	SINPAD -INDECI	00089024
DL-HV-22	Deslizamiento	Río Azul	Tramo de Río Azul - Margarita	07/08/2017	412083.60	8983218.86	1527.66	SINPAD -INDECI	00089024
DL-HV-23	Deslizamiento	Simón Bolívar	Tramo Puente Chino - Puente Pumahuasi (km 463+200)	27/12/2017	409086.51	8980982.85	1540.14	COEN	Boletín Informativo de emergencias - COEN
DL-HV-24	Deslizamiento	Sortilegio	Tramo Sortilegio - Shangai	04/02/2018	405613.34	8983159.82	1216.27	SINPAD -INDECI	00091779
DL-HV-25	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	Tramo CC.PP. San Agustín - Puerto Alegre - Juan Velasco Alvarado	30/10/2018	412547.22	8982055.64	1545.40	SINPAD -INDECI	00096581
DL-HV-26	Deslizamiento	Simón Bolívar	Tramo Simón Bolívar	30/10/2018	409701.69	8979773.24	1465.80	SINPAD -INDECI	00096581
DL-HV-27	Deslizamiento	Capitán Marino Bustamante	Tramo al Capitán Marino Bustamante	30/10/2018	407005.00	8980620.00	1334.72	SINPAD -INDECI	00096581
DL-HV-28	Deslizamiento	3 de octubre	Tramo José Bernardo Alcedo - 3 de octubre	30/10/2018	406065.00	8986848.00	1058.41	SINPAD -INDECI	00096581
H-HV-06		Huayco	CC.PP. San Agustín	05/04/2019	413230.00	8980792.00	1380.28	SINPAD -INDECI	104461
DL-HV-29	Deslizamiento	CC.PP. Manuel Mesones	Tramo CC.PP. José María Ugarteche - Manuel Mesones Muro	05/04/2019	408945.25	8987022.96	1315.31	SINPAD -INDECI	104461
H-HV-07		Huayco	3 de octubre	05/04/2019	406025.82	8986866.55	1054.43	COEN-INDECI	Reporte Complementario N° 920 - 07/04/2019 -Reporte N°
H-HV-08		Huayco	Hermilio Valkizán	05/04/2019	407961.97	8983467.25	1368.94	SINPAD -INDECI	104461
H-HV-09		Huayco	Juan Velasco Alvarado	08/03/2020	413944.44	8976325.03	1100.99	SINPAD -INDECI	120607
DL-HV-31	Deslizamiento	CC.PP. Manuel Mesones	CC.PP Manuel Mesones Muro	09/03/2020	409061.67	8986962.26	1332.69	COEN-INDECI	Reporte Preliminar N°640-10-03-2020
DL-HV-32	Deslizamiento	San Agustín	Sector San Agustín a la altura km 457+500	07/04/2020	410804.46	8982498.18	1680.42	COEN-INDECI	Info. de Emergencia N° 263 - 7/4/2020 - (Informe N° 2)
DL-HV-33	Deslizamiento	San Agustín	Sector San Isidro (Carretera Federico Basadre en el km 457)	05/06/2020	411173.00	8982348.00	1680.31	URANIO TV	
DL-HV-34	Deslizamiento	San Agustín	Tramo de Río Azul - Margarita	03/12/2020	412027.95	8982812.91	1608.82	COEN-INDECI	Reporte Preliminar N°4539-16-12-2020 - Reporte N°2
DL-HV-35	Deslizamiento	Puerto Alegre	Puerto Alegre - Juan Velasco	28/12/2020	413476.37	8979118.17	1312.77	URANIO TV	

Nota: Los eventos de deslizamientos seleccionados de color amarillo no son consideradas en el mapa de inventario de deslizamientos.

**Tabla 19.** Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Rupa Rupa.

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Lugar de evento	Fecha	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)	Fuente	Codigo Sinpad /Coen
						X	Y			
1	DL-RP-01	Deslizamiento	Tingo María	AA. HH Prolongación Cayumba	11/02/2003	390412.69	8971410.14	697.76	SINPAD -INDECI	0000268
2	DL-RP-02	Deslizamiento	Tingo María	AA.HH. Jesús Alberto Páez	3/01/2011	391034.17	8972408.25	705.52	SINPAD -INDECI	00043763
3	DL-RP-03	Deslizamiento	Tingo María	Tingo María	3/01/2011				SINPAD -INDECI	00043800
4	DL-RP-04	Deslizamiento	Tingo María	Asunción Saldaña (Lote N° 148)	4/01/2011	390340.16	8971237.26	687.00	SINPAD -INDECI	00043791
5	DL-RP-05	Deslizamiento	Tingo María	AA.HH. Pedro Abad Saavedra (Mz A -Lote N° 13)	5/01/2011	390498.95	8971793.10	688.59	SINPAD -INDECI	00043786
6	DL-RP-06	Deslizamiento	Tingo María	Asociación de vivienda Ramiro Alvarado Celis	20/01/2011	391285.95	8973829.48	710.59	SINPAD -INDECI	00043796
7	DL-RP-07	Deslizamiento	Tingo María	AA.HH. Pedro Abad Saavedra	8/03/2011	390569.77	8971765.95	699.94	SINPAD -INDECI	00044338
8	DL-RP-08	Deslizamiento	Tingo María	Pueblo Joven Primero de Julio (Mz A)	9/03/2011	390831.57	8971911.85	699.58	SINPAD -INDECI	00044763
9	DL-RP-09	Deslizamiento	Tingo María	AA.HH. Pedro Abad Saavedra (Mz L - Lote N° 10)	24/03/2011	390560.85	8971828.80	686.86	SINPAD -INDECI	00044388
10	DL-RP-10	Deslizamiento	Tingo María	Tingo María	27/03/2011				SINPAD -INDECI	00043637
11	DL-RP-11	Deslizamiento	Tingo María	Asociación Sven Erickson (Mz S - Lote N° 4)	28/03/2011	390428.72	8971595.16	693.14	SINPAD -INDECI	00044387
12	DL-RP-12	Deslizamiento	Tingo María	AA.HH. 10 de Noviembre	30/09/2011	390824.20	8972039.98	698.25	SINPAD -INDECI	00049027
13	DL-RP-13	Deslizamiento	Tingo María	AA.HH. Jesús Alberto Páez (Mz G- Lote N° 15)	20/10/2011	390988.82	8972421.33	694.12	SINPAD -INDECI	00048998
14	DL-RP-14	Deslizamiento	Tingo María	Los Rosales (Tingo María - Supte)	19/10/2013	391711.00	8972960.00	680.42	COEN-INDECI	Info. de Emergencia N°490-30/10/13 (Informe N° 11)
15	DL-RP-15	Derrumbe	Tingo María	IV Sector de la Asociación de vivienda Sven Erickson	22/12/2016	390705.90	8971406.00	722.61	URANIO TV	
16	DL-RP-16	Deslizamiento	Tingo María	9 de Octubre	17/11/2017	390562.82	8972921.34	685.05	URANIO TV	
17	DL-RP-17	Deslizamiento	Tingo María	Tingo María	30/04/2018				SINPAD -INDECI	00093481
18	DL-RP-18	Deslizamiento	Tingo María	Zona norte de la ciudad de Tingo María	11/05/2018	390466.97	8972863.33	682.72	URANIO TV	
19	DL-RP-19	Deslizamiento	Tingo María	Tingo María	11/06/2018				SINPAD -INDECI	00094165
20	DL-RP-20	Deslizamiento	Tingo María	Tingo María	21/08/2018				SINPAD -INDECI	00095406
21	DL-RP-21	Derrumbe	Tingo María	AA.HH. Pedro Abad Saavedra	8/10/2018	390680.47	8971791.00	703.69	SHALOMPLUSTV TINGO	
22	DL-RP-22	Deslizamiento	Tingo María	Asociación Habitacional Sven Erickson (Sector II)	9/01/2020	390633.43	8971504.99	716.24	SINPAD -INDECI	115849
23	DL-RP-23	Deslizamiento	Tingo María	AA.HH. Jesús Alberto Páez	14/01/2020	391072.48	8972323.17	718.99	SINPAD -INDECI	116190
24	DL-RP-24	Deslizamiento	Tingo María	PP.JJ. Sven Erickson (Mz A - Lote N° 12)	23/12/2020	390456.60	8971637.77	698.30	SINPAD -INDECI	131892

Nota: Los eventos de deslizamientos seleccionados de color amarillo no son consideradas en el mapa de inventario de deslizamientos

**Tabla 20.** Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Castillo Grande y Luyando.

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Lugar de evento	Fecha	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)	Fuente	Codigo Sinpad /Coen
						X	Y			
1	DL-CG-01	Deslizamiento	Jacintillo	Tramo Corpac - Bella (Km 5+50)	1/12/2010	389049.00	8970834.00	742.77	SINPAD -INDECI	00041376
2	DL-CG-02	Deslizamiento	Castillo Grande	Tramo Corpac - Bella	26/12/2010	389163.16	8971335.20	719.82	SINPAD -INDECI	00041735
3	H-CG-01	Huayco	CC.PP. Papayal	CC.PP. Papayal	20/03/2012	388580.30	8978399.89	654.75	SINPAD -INDECI	00050917
4	H-CG-02	Huayco	Moyano	Caserío Moyano	20/03/2012	386676.67	8977806.92	834.35	SINPAD -INDECI	00053067
5	DL-CG-03	Deslizamiento	Localidad Jacintillo	Tramo Tingo María - Monzón	6/01/2020	388890.00	8970474.00	759.93	COEN-INDECI	Reporte complementario N°110-7-01-2020-Reporte N°2
6	H-LY-01	Huayco	Alto San Juan	Tramo al Alto San Juan (Km 4+00)	27/02/2013	405500.38	8969702.52	763.03	SINPAD -INDECI	00056936
7	DL-LY-01	Deslizamiento	Pozo Azul	Carretera Fernando Belaunde Terry (Altura de la	13/11/2017	392579.23	8983449.44	718.66	URANIO TV	
8	DL-LY-02	Derrumbe	Huáscar	Tramos caminos rurales Huáscar	20/05/2018	397080.07	8973409.24	752.88	SINPAD -INDECI	00094759
9	DL-LY-03	Deslizamiento	Naranjillo	27 de Julio	26/02/2019	391730.00	8976091.00	690.99	INGEMMET	Informe Técnico N° A7056
10	DL-LY-04	Derrumbe	Sanja seca	Tramo Villa Rica - Puente Piedra Felipe Pinglo	11/02/2020	402443.47	8972470.24	755.40	SINPAD -INDECI	118510

**Tabla 21.** Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Pueblo Nuevo y Santo Domingo de Anda.

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Lugar de evento	Fecha	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)	Fuente	Codigo Sinpad /Coen
						X	Y			
1	DL-PN-01	Deslizamiento	Pendecia	Margen derecha del caserío Pendecia	6/01/2006	393019.20	8988447.58	666.72	SINPAD-INDECI	00013907
2	H-PN-01	Huayco	Mariano Melgar	Caserío de Mariano Melgar	14/03/2011	392774.01	8990501.48	725.58	SINPAD-INDECI	00044341
3	H-PN-02	Huayco	Pueblo Nuevo	Caserío Santa Martha	1/03/2017	371158.62	8994735.09	807.52	SINPAD-INDECI	00085679
4	DL-PN-02	Derrumbe	Los Milagros	Carretera Central Tingo María - Aucayacu	15/01/2020	391654.69	8988352.95	655.26	SINPAD-INDECI	116159
5	DL-PN-03	Derrumbe	Buena Vista	Tramo San Cristóbal- Buena vista	10/03/2020	398495.47	8991840.93	797.05	SINPAD-INDECI	120964
6	DL-PN-04	Derrumbe	La colpa	Tramo San Cristóbal - caserío La Colpa	10/03/2020	397706.18	8992582.20	934.31	SINPAD-INDECI	120964
7	H-SDA-01	Huayco	Pacae	Tramos Pacae - Pampa Hermoza	16/12/2011	386261.00	9000625.00	724.53	SINPAD-INDECI	00048822
8	H-SDA-02	Huayco	Pampa Hermosa	Tramo Pampa Hermosa - Enrique Valera	22/02/2012	387502.58	9000208.75	685.79	SINPAD-INDECI	00050897
9	DL-SDA-01	Deslizamiento	Pacae	Localidad de Pacae	16/01/2015	383023.93	9002309.99	624.92	COEN-INDECI	Reporte de situación N°077-21-01-2015-Reporte N°06
10	DL-SDA-02	Deslizamiento	Angashyacu	Tramo Angashyacu - Rio Azul	25/11/2018	382340.28	9004609.90	642.15	SINPAD-INDECI	00096907
11	DL-SDA-03	Deslizamiento	Pampa Hermosa	Tramos Enrique Varela - Tacna - Montero	25/11/2018	387045.12	9000236.39	680.31	SINPAD-INDECI	00096907
12	H-SDA-03	Huayco	Enrique Varela	Tramo Pampa Hermoza - Enrique Varela	26/03/2019	389227.67	9001216.75	765.49	SINPAD-INDECI	104534
13	DL-SDA-04	Deslizamiento	Tacna	Tramo del caserío Tacna	25/02/2020	389701.96	9008980.71	908.65	SINPAD-INDECI	119608
14	DL-SDA-05	Deslizamiento	Montero	Tramo del caserío de Montero	25/02/2020	389740.77	9006554.06	968.78	SINPAD-INDECI	119608
15	DL-SDA-06	Deslizamiento	Enrique Varela	caserío de Enrique Varela	25/02/2020	389233.05	9001444.74	736.82	SINPAD-INDECI	119608
16	DL-SDA-07	Deslizamiento	Pampa Hermosa	Tramo caserío de Pampa Hermosa	25/02/2020	387559.24	9000228.37	676.88	SINPAD-INDECI	119608
17	DL-SDA-08	Deslizamiento	Cerro Azul	Tramo al camino vecinal al caserío de Cerro Azul	11/03/2020	383557.53	9005380.72	682.03	SINPAD-INDECI	120793

**Tabla 22.** Registros de deslizamientos históricos del año 2000 - 2020 del distrito de Pucayacu y José Crespo y Castillo.

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Lugar de evento	Fecha	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)	Fuente	Codigo Sinpad /Coen
						X	Y			
1	H-PY-01	Huayco	La Loma	Tramo Caserío La Loma	12/01/2020	376423.94	9038946.66	606.31	SINPAD-INDECI	118005
2	DL-PY-01	Deslizamiento	Bajo Pucayacu	Tramo Bajo Pucayacu	14/02/2020				SINPAD-INDECI	118696
3	DL-PY-02	Deslizamiento	La Loma	Tramo Caserío La Loma	19/02/2020	376541.32	9038708.40	627.19	SINPAD-INDECI	119101
4	DL-AY-01	Deslizamiento	Aucayacu	Aucayacu	16/02/2011				SINPAD-INDECI	00044214
5	DL-AY-02	Deslizamiento	Aucayacu	Zona denominada Carpish	27/03/2011				SINPAD-INDECI	00044205
6	DL-AY-03	Deslizamiento	Tupac Amaru	Tupac Amaru	16/01/2015	383111.35	9008959.00	680.10	COEN-INDECI	Reporte de situación N°077-21-01-2015-Reporte N°06
7	DL-AY-04	Derrumbe	Cerro Alegre	Tramos de San Isidro de Languemack - Víctor Languemack - Cerro alegre	15/01/2018	373314.53	9009516.95	608.85	SINPAD-INDECI	00091331

Nota: Los eventos de deslizamientos seleccionados de color amarillo no son considerados en el mapa de inventario de deslizamientos

**Tabla 23.** Datos de precipitación de día evento y antecedentes calculados en el punto de la ocurrencia de los deslizamientos.

N°	Codigo	Inventario de deslizamientos historicos					Metodos de interpolación																				
		Tipos de movimientos de masa	Fecha de evento	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m.)	Poligono de Thiessen (THI)						Ponderación de Distancia Inversa (IDW)					Regresión Lineal Simple (RLS)									
				Este (m)	Norte (m)		lluvia de evento	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días	lluvia de evento	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días	lluvia de	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días
1	H-HV-01	Huayco	19/01/2003	408146.92	8982376.17	1358.78	22.40	144.40	174.70	204.70	287.40	379.50	500.10	20.77	122.11	145.67	172.95	245.66	320.45	449.67	19.91	113.19	134.20	160.30	229.39	297.84	430.84
2	H-HV-02	Huayco	19/01/2003	408299.41	8986376.97	1059.99	22.40	144.40	174.70	204.70	287.40	379.50	500.10	19.69	111.49	132.02	157.91	226.26	293.36	426.24	17.11	84.76	97.65	119.98	177.50	225.58	369.78
3	DL-RP-04	Deslizamientos	11/02/2003	390412.69	8971410.14	697.76	13.60	25.80	177.20	210.20	318.80	365.80	502.80	13.64	26.31	168.74	200.09	308.12	357.56	499.70	13.61	26.06	168.83	200.27	308.43	357.97	498.59
4	H-HV-03	Huayco	15/12/2003	404848.88	8985751.15	1200.50	13.50	45.40	73.40	127.00	194.40	310.00	436.40	11.40	70.83	93.23	133.00	198.67	301.58	464.64	11.40	70.90	93.29	133.02	198.69	301.57	464.71
5	H-DAR-01	Huayco	5/01/2004	405666.73	8974138.61	747.23	54.20	115.30	135.00	165.90	174.90	245.50	561.80	32.56	82.12	90.94	116.82	133.21	213.77	519.15	20.26	59.24	61.55	84.55	103.70	188.69	482.30
6	H-HV-04	Huayco	9/01/2004	404333.31	8984082.33	1207.97	13.50	132.50	236.30	247.80	286.80	319.80	578.80	8.05	114.65	194.79	201.32	230.25	269.18	531.65	8.16	115.07	195.74	202.37	231.52	270.39	532.87
7	DL-PN-01	Deslizamientos	6/01/2006	393019.20	8988447.58	666.72	18.10	20.30	66.70	114.80	147.90	198.10	373.30	17.29	32.07	76.64	112.31	153.60	213.80	397.83	14.19	26.53	73.63	112.51	160.03	216.51	398.81
8	DL-HV-01	Deslizamientos	3/02/2008	413743.62	8975713.60	1094.51	32.00	133.70	151.20	204.90	231.10	276.00	521.20	27.36	104.60	122.78	188.15	210.79	243.58	484.01	26.63	97.48	117.11	187.01	208.57	237.06	480.11
9	DL-HV-02	Deslizamientos	22/03/2010	412156.74	8982461.97	1636.73	0.00	123.10	127.00	169.10	179.60	191.90	505.20	1.57	115.38	120.26	162.70	175.62	187.92	481.88	0.88	121.05	125.36	167.19	178.90	191.47	496.09
10	DL-HV-03	Deslizamientos	22/03/2010	413135.00	8980225.00	1338.72	0.00	123.10	127.00	169.10	179.60	191.90	505.20	3.03	109.29	115.06	157.90	173.09	185.46	463.33	3.56	104.87	111.09	154.40	170.52	182.69	452.27
11	H-HV-05	Huayco	22/03/2010	413866.25	8976261.11	1088.25	0.00	123.10	127.00	169.10	179.60	191.90	505.20	4.97	102.99	109.94	153.46	171.67	184.28	443.81	6.20	92.80	100.78	145.38	165.77	177.88	413.30
12	DL-HV-04	Deslizamientos	22/03/2010	414581.59	8972880.87	1166.52	0.00	123.10	127.00	169.10	179.60	191.90	505.20	6.18	100.01	107.69	151.73	171.85	184.67	434.46	6.22	99.74	107.45	151.52	171.70	184.50	433.80
13	H-DAR-02	Huayco	5/04/2010	409650.51	8975361.73	833.00	43.20	70.10	102.70	105.00	105.00	237.50	319.60	24.00	51.89	72.22	74.25	77.66	185.81	293.71	8.96	43.88	55.65	57.56	63.93	148.11	271.08
14	DL-DAR-01	Derrumbes	5/04/2010	408769.12	8975254.05	836.41	43.20	70.10	102.70	105.00	105.00	237.50	319.60	23.30	51.09	70.95	72.98	76.51	184.01	293.14	9.07	43.52	55.27	57.18	63.50	148.34	271.72
15	DL-CG-01	Deslizamientos	1/12/2010	389049.00	8970834.00	742.77	10.30	89.30	128.30	181.20	298.80	361.90	473.50	10.01	87.24	128.22	182.28	293.25	355.87	470.99	10.16	86.89	127.72	180.85	292.04	355.18	470.35
16	DL-CG-02	Deslizamientos	26/12/2010	389163.16	8971335.20	719.82	0.00	60.50	85.20	102.70	148.20	171.10	409.30	0.00	58.99	83.09	101.54	142.11	169.23	407.98	0.00	59.02	83.09	101.47	142.02	169.11	407.60
17	H-MDB-01	Huayco	3/01/2011	393389.05	8959748.59	725.03	19.70	136.70	139.80	140.00	186.50	242.70	414.50	16.81	112.06	115.91	116.93	155.05	215.53	370.54	17.99	113.99	116.47	117.82	155.37	219.19	378.43
18	DL-RP-05	Deslizamientos	3/01/2011	391034.17	8972408.25	705.52	19.70	136.70	139.80	140.00	186.50	242.70	414.50	18.45	126.47	129.75	130.30	173.62	231.03	395.82	18.77	127.01	129.92	130.56	173.74	232.03	397.97
19	DL-RP-07	Deslizamientos	4/01/2011	390340.16	8971237.26	687.00	41.20	175.50	177.90	181.00	206.70	272.60	389.40	40.35	170.50	173.58	176.87	201.88	267.96	384.25	40.88	171.40	174.39	177.58	202.53	269.12	385.53
20	DL-RP-08	Deslizamientos	5/01/2011	390498.95	8971793.10	688.59	24.80	190.70	202.70	205.80	206.00	291.20	414.20	24.49	180.23	194.31	197.52	197.95	280.97	404.20	25.05	182.82	196.55	199.47	199.96	283.11	407.52
21	DL-RP-09	Deslizamientos	20/01/2011	391285.95	8973829.48	710.59	50.50	50.90	51.50	53.60	66.20	134.00	400.40	46.29	47.90	48.87	57.34	72.97	139.96	381.92	46.64	47.80	48.91	53.49	66.77	130.29	375.54
22	DL-HV-05	Deslizamientos	18/02/2011	412313.27	8982588.87	1637.49	15.50	121.90	220.20	251.20	327.70	412.40	643.30	15.82	112.28	210.08	240.28	316.84	406.20	636.88	15.86	117.98	217.02	247.31	323.92	410.31	639.65
23	DL-DAR-02	Deslizamientos	3/03/2011	400701.02	8977745.23	735.13	30.10	76.40	136.80	179.90	238.60	405.80	713.00	41.19	93.85	119.00	151.92	212.39	321.82	643.86	44.42	98.35	109.33	136.40	199.06	285.12	610.54
24	DL-RP-10	Deslizamientos	8/03/2011	390569.77	8971765.95	699.94	10.20	51.80	202.10	262.30	295.80	383.50	715.50	10.60	48.80	184.84	238.39	274.10	362.60	698.05	10.64	49.17	185.81	239.46	274.25	362.50	697.17
25	DL-RP-11	Deslizamientos	9/03/2011	390831.57	8971911.85	699.58	0.50	39.70	137.60	205.00	292.40	376.70	683.10	2.83	39.14	124.70	187.67	266.52	351.92	667.34	3.49	39.88	126.25	189.18	268.64	351.70	666.07
26	H-PN-01	Huayco	14/03/2011	392774.01	8990501.48	725.58	2.10	4.60	16.90	41.50	57.20	107.10	409.20	5.63	9.50	26.93	48.00	78.32	150.67	462.38	4.72	8.21	26.50	47.37	79.50	152.86	456.48
27	DL-RP-12	Deslizamientos	24/03/2011	390560.85	8971828.80	686.86	21.00	64.00	104.70	120.70	134.70	148.00	524.20	19.34	58.57	95.98	113.55	130.54	145.87	498.16	19.62	59.06	96.82	113.48	129.73	145.36	496.66
28	DL-RP-14	Deslizamientos	28/03/2011	390428.72	8971595.16	693.14	31.50	98.10	139.80	162.10	215.30	233.30	541.90	28.35	89.84	128.86	149.53	200.15	221.84	514.03	28.53	90.16	129.24	150.12	200.90	221.66	514.07
29	DL-HV-06	Deslizamientos	7/04/2011	408149.41	8982269.33	1353.94	0.00	69.30	80.30	90.30	154.60	196.80	346.40	1.18	71.80	91.36	99.71	159.32	205.86	348.44	1.53	74.29	96.12	103.74	160.84	208.28	349.34
30	DL-HV-07	Deslizamientos	7/04/2011	405384.72	8982721.15	1213.55	0.00	69.30	80.30	90.30	154.60	196.80	346.40	2.11	73.23	99.63	106.70	162.56	212.32	349.04	2.29	74.48	102.03	108.73	163.33	213.54	349.49
31	DL-RP-15	Deslizamientos	30/09/2011	390824.20	8972039.98	698.25	38.60	42.10	45.80	135.90	158.90	170.80	281.00	35.19	38.73	41.85	127.92	148.85	161.30	264.06	36.17	39.49	42.65	128.63	150.07	162.71	265.01
32	DL-RP-16	Deslizamientos	20/10/2011	390988.82	8972421.33	694.12	0.50	7.90	11.90	14.40	53.40	89.30	263.70	0.67	9.51	16.69	19.64	57.34	92.97	258.58	0.78	9.10	16.98	19.93	58.86	94.99	263.73
33	H-SDA-01	Huayco	16/12/2011	386261.00	9000625.00	724.53	5.80	61.90	87.30	110.60	110.80	143.10	248.30	23.91	105.13	152.36	183.12	185.87	210.88	329.32	25.65	107.19	156.85	187.64	190.61	214.01	326.72
34	H-SDA-02	Huayco	22/02/2012	387502.58	9000208.75	685.79	6.70	37.80	112.70	210.10	239.50	306.10	485.40	3.50	49.99	117.30	192.48	231.34	308.59	500.17	3.58	50.29	119.83	192.60	232.57	308.35	495.32
35	H-CG-01	Huayco	20/03/2012	388580.30	8978399.89	654.75	3.80	220.30	223.10	227.40	243.00	342.00	481.60	4.05	131.09	134.50	136.43	157.08	248.56	384.84	4.32	143.84	148.05	150.07	173.74	263.19	395.02
36	H-CG-02	Huayco	20/03/2012	386676.67	8977806.92	834.35	3.80	220.30	223.10	227.40	243.00	342.00	481.60	4.05	133.45	136.90	138.89	159.57	250.91	387.63	3.99	130.68	133.96	135.92	155.95	247.74	385.42
37	DL-MDB-02	Deslizamientos	19/11/2012	383573.00	8965184.00	912.28	0.00	78.50	86.50	93.50	119.20	162.30	351.70	3.39	53.48	83.64	88.86	123.27	169.62	321.12	5.59	52.72	81.61	87.27	118.78	162.10	308.02
38	DL-HV-08	Deslizamientos	8/01/2013	412496.00	8982320.00	1593.14	0.00	27.60	42.60	59.10	67.80	131.30	438.80	0.09	27.33	44.54	61.98	73.33	140.08	431.60	0.06	27.21	43.84	60.34	71.00	135.80	432.80
39	DL-HV-09	Deslizamientos	8/01/2013	413135.55	8980769.85	1383.38	0.00	27.60	42.60	59.10	67.80	131.30	438.80	0.1													

Inventario de deslizamientos historicos										Metodos de interpolación																	
N°	Codigo	Tipos de movimientos de masa	Fecha de evento	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m.)	Poligono de Thiessen (THI)						Ponderación de Distancia Inversa (IDW)						Regresión Lineal Simple (RLS)								
				Este (m)	Norte (m)		lluvia de evento	3 dias	5 dias	7 dias	10 dias	15 dias	30 dias	lluvia de evento	3 dias	5 dias	7 dias	10 dias	15 dias	30 dias	lluvia de	3 dias	5 dias	7 dias	10 dias	15 dias	30 dias
47	DL-HV-15	Deslizamientos	8/01/2014	413236.81	8978720.33	1209.34	35.90	57.40	105.40	150.80	150.80	172.10	490.10	31.93	58.28	96.34	129.00	133.17	153.90	421.05	31.01	60.06	95.36	123.16	128.74	150.25	398.48
48	DL-HV-16	Deslizamientos	12/02/2014	413808.59	8976293.49	1087.54	7.00	43.50	61.90	88.90	136.60	174.40	416.30	7.37	36.07	49.53	72.87	114.10	158.09	342.93	7.60	34.12	46.14	68.63	107.22	154.89	319.57
49	DL-DAR-03	Deslizamientos	27/02/2014	402082.39	8990896.51	1167.11	1.50	21.30	60.00	82.50	122.30	212.70	380.10	12.08	27.91	52.43	71.66	98.95	176.50	312.02	9.11	24.90	52.20	72.95	103.55	181.95	320.40
50	DL-DAR-04	Deslizamientos	27/02/2014	404145.55	8992388.84	1280.66	1.50	21.30	60.00	82.50	122.30	212.70	380.10	12.05	28.53	53.97	72.84	100.33	179.61	318.78	7.43	23.83	53.60	74.85	107.51	188.13	331.86
51	DL-HV-17	Deslizamientos	27/02/2014	399086.74	8988194.86	752.39	0.00	3.90	9.20	43.30	77.00	113.40	177.20	12.20	26.74	49.48	69.37	96.21	170.34	298.61	16.36	30.98	49.81	67.56	89.74	162.68	286.84
52	DL-DAR-05	Deslizamientos	20/12/2014	394144.92	8953559.41	759.46	75.90	87.60	95.30	110.10	127.50	253.20	447.60	58.01	84.59	102.98	118.63	136.91	240.65	444.63	57.34	83.06	98.98	114.03	131.23	236.88	435.83
53	DL-MDB-03	Deslizamientos	20/12/2014	394239.00	8952755.00	769.93	75.90	87.60	95.30	110.10	127.50	253.20	447.60	57.81	84.58	103.10	118.77	137.07	240.58	444.78	57.18	83.15	99.36	114.46	131.75	237.05	436.55
54	DL-MDB-04	Deslizamientos	20/12/2014	394901.00	8951691.00	792.41	75.90	87.60	95.30	110.10	127.50	253.20	447.60	57.51	84.58	103.33	119.02	137.37	240.51	445.12	56.98	83.36	100.14	115.35	132.84	237.50	438.10
55	DL-MDB-05	Derrumbe	20/12/2014	406732.63	8969304.22	872.71	53.00	94.30	133.10	153.10	179.40	263.60	514.20	55.99	85.78	108.24	124.64	144.19	242.92	454.04	55.10	83.76	102.95	118.55	136.67	237.92	442.37
56	DL-MDB-06	Deslizamientos	6/01/2015	381198.92	8971300.57	772.32	0.50	36.80	70.70	112.60	180.60	212.10	434.60	1.26	36.83	71.30	108.17	167.73	218.56	444.18	1.06	35.87	69.23	106.20	164.87	214.16	439.00
57	DL-MDB-07	Deslizamientos	7/01/2015	379459.00	8971810.00	770.26	1.20	23.90	38.50	104.20	139.30	210.10	426.20	1.61	27.12	45.08	100.90	140.62	212.83	437.70	1.53	26.05	42.39	98.16	136.71	207.77	431.33
58	DL-AY-03	Deslizamientos	16/01/2015	383023.93	9002309.99	624.92	9.40	104.20	158.90	209.60	215.80	254.80	510.90	3.78	114.11	154.67	200.49	207.49	267.05	512.53	4.27	111.12	149.91	196.57	203.14	254.33	490.01
59	DL-SDA-01	Deslizamientos	16/01/2015	383111.35	9008959.00	680.10	9.40	104.20	158.90	209.60	215.80	254.80	510.90	5.70	110.15	156.01	203.51	210.47	263.88	514.70	5.83	109.34	154.72	202.44	209.29	260.43	508.60
60	DL-MDB-08	Deslizamientos	22/05/2016	394042.80	8954710.08	856.10	1.40	2.20	73.10	84.90	94.50	131.80	153.30	3.95	10.95	65.59	72.54	95.40	130.70	173.65	3.96	10.62	66.88	73.89	95.86	131.90	173.88
61	DL-RP-18	Derrumbe	22/12/2016	390705.90	8971406.00	722.61	38.60	56.60	62.20	74.10	91.20	153.10	352.60	36.79	55.20	62.80	74.19	94.18	158.03	358.10	36.82	55.30	62.36	73.84	94.18	157.56	357.40
62	DL-DAR-06	Deslizamientos	1/03/2017	394103.68	8986739.96	698.32	28.60	146.20	181.90	182.60	218.80	294.40	416.50	30.39	134.33	179.32	180.57	212.99	280.83	455.48	27.54	138.61	190.10	191.57	226.64	300.81	473.01
63	H-PN-02	Huayco	1/03/2017	371158.62	8994735.09	807.52	28.60	146.20	181.90	182.60	218.80	294.40	416.50	24.82	119.39	180.72	183.28	224.63	302.35	520.45	25.33	118.63	178.80	181.32	222.20	298.79	517.33
64	DL-HV-18	Deslizamientos	7/08/2017	402173.49	8983011.63	950.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.90	0.00	5.07	5.07	5.92	8.95	12.28	30.58	0.00	6.91	6.91	8.23	12.13	17.16	36.61
65	DL-HV-19	Deslizamientos	7/08/2017	408074.68	8982146.23	1363.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.90	0.00	2.33	2.33	2.74	4.10	5.65	21.96	0.00	3.31	3.31	3.96	5.79	8.25	25.17
66	DL-HV-20	Deslizamientos	7/08/2017	413142.00	8980192.00	1337.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.90	0.00	2.76	2.76	3.25	4.84	6.69	23.17	0.00	3.66	3.66	4.38	6.40	9.08	26.13
67	DL-HV-21	Deslizamientos	7/08/2017	412083.60	8983218.86	1527.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.90	0.00	1.40	1.40	1.66	2.46	3.45	19.20	0.00	1.65	1.65	1.97	2.89	4.10	20.01
68	DL-HV-22	Deslizamientos	13/11/2017	392579.23	8983449.44	718.66	7.20	66.40	108.00	141.50	183.10	193.20	355.00	18.41	72.88	103.61	132.76	185.92	215.67	398.21	17.47	76.66	106.98	138.57	193.89	222.09	415.37
69	DL-RP-19	Deslizamientos	17/11/2017	390562.82	8972921.34	685.05	79.50	207.00	312.30	323.80	342.10	412.50	646.00	70.54	174.98	265.55	277.65	304.43	377.19	590.42	71.38	177.59	269.74	282.62	309.40	382.56	603.57
70	DL-HV-23	Deslizamientos	27/12/2017	409086.51	8980982.85	1540.14	24.30	160.60	166.90	187.70	246.10	258.10	669.50	20.85	140.10	145.50	162.64	223.41	244.96	622.64	21.38	145.99	151.72	170.09	230.41	248.04	634.87
71	DL-HV-24	Derrumbe	15/01/2018	373314.53	9009516.95	608.85	13.70	58.10	93.20	129.00	170.60	339.00	525.40	14.89	75.74	101.43	128.27	169.68	323.57	530.85	11.05	74.43	100.39	128.36	170.64	325.38	525.43
72	DL-LY-02	Deslizamientos	4/02/2018	405613.34	8983159.82	1216.27	15.10	18.80	18.80	70.20	91.20	146.80	365.40	13.63	17.49	25.51	56.74	69.73	117.69	333.62	13.55	17.54	26.60	54.98	66.83	113.93	329.80
73	DL-RP-21	Deslizamientos	11/05/2018	390466.97	8972863.33	682.72	41.60	55.40	89.50	100.60	132.40	183.10	270.40	34.35	48.18	77.81	88.77	113.67	167.00	253.33	35.83	49.84	80.45	92.47	117.94	171.63	260.12
74	DL-AY-04	Derrumbe	20/05/2018	397080.07	8973409.24	752.88	1.20	36.30	37.20	42.60	98.30	132.70	263.70	1.76	34.45	38.82	44.05	85.48	111.28	226.02	2.50	34.75	40.40	45.72	89.80	118.84	240.59
75	DL-DAR-07	Deslizamientos	11/08/2018	410512.00	8973974.00	1052.33	0.00	11.40	19.40	32.40	45.90	45.90	45.90	0.24	10.59	22.92	41.31	52.38	56.33	67.73	0.28	10.87	25.32	45.30	55.95	60.51	75.46
76	DL-RP-24	Derrumbe	8/10/2018	390680.47	8971791.00	703.69	54.20	125.90	139.00	158.50	174.90	181.60	228.40	50.59	119.41	133.39	155.66	173.31	182.05	231.96	51.33	120.92	134.92	156.41	174.46	182.60	232.96
77	DL-HV-25	Deslizamientos	30/10/2018	412547.22	8982055.64	1545.40	2.10	19.90	117.00	144.00	170.80	230.30	392.80	3.29	24.54	112.29	142.42	172.97	231.12	407.85	2.98	23.43	112.96	142.07	171.98	230.25	403.84
78	DL-HV-26	Deslizamientos	30/10/2018	409701.69	8979773.24	1465.80	2.10	19.90	117.00	144.00	170.80	230.30	392.80	3.79	26.75	109.90	141.25	173.96	231.37	414.78	3.40	25.32	110.75	140.80	172.69	230.27	409.64
79	DL-HV-27	Deslizamientos	30/10/2018	407005.00	8980620.00	1334.72	2.10	19.90	117.00	144.00	170.80	230.30	392.80	4.30	28.69	107.51	140.04	174.37	231.05	420.76	4.28	28.60	107.56	140.01	174.29	230.98	420.45
80	DL-HV-28	Deslizamientos	30/10/2018	406065.00	8986848.00	1058.41	2.10	19.90	117.00	144.00	170.80	230.30	392.80	5.22	30.73	104.63	139.31	173.59	229.47	427.32	6.59	35.75	101.66	140.90	178.07	233.38	445.37
81	DL-MDB-09	Deslizamientos	21/11/2018	384080.00	8964502.00	1057.17	29.30	96.10	119.60	143.80	172.30	297.40	437.70	18.17	87.01	109.30	134.21	187.58	309.74	480.89	18.16	89.68	116.28	138.94	184.28	303.03	478.72
82	DL-SDA-02	Deslizamientos	25/11/2018	387045.12	9000236.39	680.31	28.70	86.10	90.30	144.80	193.90	338.80	478.70	25.52	72.20	82.89	149.66	191.66	322.11	515.85	26.43	71.50	82.31	147.73	188.40	327.10	515.34
83	DL-SDA-03	Deslizamientos	25/11/2018	382340.28	9004609.90	642.15	33.20	44.00	52.40	129.40	155.40	314.50	594.70	27.16	64.57	75.14	145.10	182.79	319.38	536.99	28.04	63.89	74.59	143.26	179.67	324.15	536.51
84	DL-MDB-10	Deslizamientos	2/12/2018	393404.00	8960173.00	739.13	35.20	78.40	122.90	165.10	240.20	337.30	537.60	28.57	62.90	107.69	154.84	216.86	304.57	537.84	29.79	65.19	113.88	158.50	218.77	305.34	540.88
85	DL-MDB-11	Deslizamientos	30/01/2019	395231.86	8963145.80	829.37	40.60	138.40	174.20	190.20	202.90	258.50	557.70	41.88	111.41	134.49	147.93	170.01	234.44	514.52	41.36	111.88	134.94	148.41	170.18	234.20	515.49
86	DL-LY-03	Deslizamientos	26/02/20																								

Inventario de deslizamientos historicos										Metodos de interpolación																	
N°	Codigo	Tipos de movimientos de masa	Fecha de evento	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m.)	Poligono de Thiessen (THI)						Ponderación de Distancia Inversa (IDW)						Regresión Lineal Simple (RLS)								
				Este (m)	Norte (m)		lluvia de evento	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días	lluvia de evento	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días	lluvia de	3 días	5 días	7 días	10 días	15 días	30 días
93	H-HV-07	Huayco	5/04/2019	406025.82	8986866.55	1054.43	25.20	188.00	193.30	221.70	246.20	354.00	558.60	18.12	113.10	125.17	142.48	182.10	302.79	555.02	15.15	84.87	99.27	112.87	159.35	287.88	564.78
94	DL-MDB-13	Huayco	5/04/2019	407961.97	8983467.25	1368.94	25.20	188.00	193.30	221.70	246.20	354.00	558.60	21.12	146.10	154.92	177.13	210.12	324.81	555.77	19.99	135.35	145.06	165.85	201.46	319.13	559.49
95	DL-DAR-21	Deslizamientos	7/10/2019	400496.69	8983715.19	956.24	3.10	19.50	43.10	54.60	106.60	127.60	176.40	6.84	67.89	88.94	106.72	140.92	156.05	198.09	7.61	74.10	94.66	112.99	145.29	160.44	201.39
96	DL-DAR-22	Deslizamientos	5/12/2019	398691.38	8987910.47	761.38	49.20	251.10	340.20	370.20	422.90	428.00	608.60	28.56	174.64	282.29	299.23	315.11	344.71	496.89	24.12	158.33	269.91	283.81	290.62	326.55	474.59
97	DL-DAR-23	Deslizamientos	9/12/2019	410828.60	8973960.08	1105.82	2.10	32.20	180.30	283.30	372.40	455.10	610.60	11.16	52.70	160.79	253.56	355.39	401.30	573.13	12.27	55.77	158.10	249.52	353.94	394.38	567.88
98	DL-MDB-14	Deslizamientos	1/01/2020	383801.00	8965844.00	924.22	33.50	113.80	187.00	229.50	252.00	364.00	663.30	54.99	115.22	169.85	223.36	253.33	356.92	678.40	57.48	114.39	168.72	217.60	248.68	362.00	688.03
99	H-DAR-04	Huayco	2/01/2020	399341.92	8988416.81	744.08	17.90	121.40	125.00	233.40	284.60	353.40	702.50	35.35	145.49	160.49	236.57	285.49	381.54	727.62	33.75	144.23	154.02	243.21	292.94	374.46	709.30
100	H-DAR-05	Huayco	2/01/2020	397514.43	8989932.47	744.64	17.90	121.40	125.00	233.40	284.60	353.40	702.50	33.66	143.44	156.63	237.26	286.60	378.04	723.22	32.50	142.54	151.96	242.05	291.98	372.93	710.01
101	H-DAR-06	Huayco	2/01/2020	397899.76	8987651.53	744.10	17.90	121.40	125.00	233.40	284.60	353.40	702.50	34.25	143.79	157.81	237.14	286.02	379.54	723.59	32.94	142.75	152.48	242.60	292.16	373.70	708.50
102	DL-CG-03	Deslizamientos	6/01/2020	388890.00	8970474.00	759.93	0.00	28.10	104.10	167.20	257.60	322.60	566.40	1.70	28.25	109.51	168.59	251.54	321.96	565.43	3.06	30.15	112.56	170.72	253.39	322.53	567.51
103	DL-MDB-15	Deslizamientos	7/01/2020	395675.36	8957351.28	1181.22	20.90	41.80	91.50	187.10	207.60	343.50	578.50	28.68	52.33	98.25	202.65	222.19	348.43	581.60	44.48	77.98	129.64	230.88	260.14	367.65	617.90
104	DL-MDB-16	Deslizamientos	8/01/2020	395514.00	8950647.86	879.38	110.20	110.20	110.20	110.20	110.20	110.20	110.20	63.22	97.66	102.50	174.56	193.76	254.05	401.93	64.46	96.95	101.55	172.67	192.01	252.71	397.88
105	DL-MDB-17	Deslizamientos	9/01/2020	390633.43	8971504.99	716.24	3.40	134.50	155.40	205.10	301.70	434.60	643.90	3.42	128.83	148.67	197.26	295.78	425.05	637.96	3.44	129.01	148.87	197.54	296.03	425.16	638.33
106	DL-RP-25	Deslizamientos	9/01/2020	391659.88	8967613.96	710.99	3.40	134.50	155.40	205.10	301.70	434.60	643.90	3.48	120.42	138.55	185.80	287.45	410.70	630.13	3.11	118.63	136.73	182.77	284.52	410.69	625.14
107	H-PY-01	Huayco	12/01/2020	376423.94	9038946.66	606.31	10.90	26.60	91.70	91.70	143.60	284.80	570.30	11.06	24.51	100.37	111.35	161.50	291.94	573.80	13.79	25.47	103.30	106.29	153.95	279.99	563.70
108	DL-RP-26	Deslizamientos	14/01/2020	391072.48	8972323.17	718.99	0.40	131.00	136.40	267.50	288.40	434.70	732.80	9.15	120.53	126.33	244.43	266.05	413.76	702.28	9.84	122.18	127.95	246.29	267.18	414.50	702.17
109	DL-PN-02	Deslizamientos	15/01/2020	394046.60	8987317.27	676.98	56.20	194.80	201.50	254.50	274.90	401.80	634.00	36.85	140.21	148.22	203.77	240.25	386.65	636.65	38.28	153.19	160.79	224.33	247.76	393.90	636.83
110	DL-DAR-24	Derrumbe	15/01/2020	391654.69	8988352.95	655.26	56.20	194.80	201.50	254.50	274.90	401.80	634.00	44.24	161.37	168.89	223.96	253.37	392.56	635.13	45.06	168.92	176.21	235.94	257.74	396.79	635.24
111	DL-DAR-25	Deslizamientos	15/01/2020	409999.71	8975502.29	845.46	16.80	20.30	32.80	40.70	158.70	324.20	617.60	20.58	73.33	83.35	123.36	197.43	358.87	634.27	24.48	108.78	117.68	179.51	217.96	378.69	634.76
112	DL-DAR-26	Deslizamientos	16/01/2020	408988.15	8975450.78	850.94	13.40	33.70	46.20	54.10	160.70	326.30	618.00	10.29	76.89	93.59	100.78	201.46	342.07	631.51	8.65	103.73	122.65	129.35	221.83	347.73	629.32
113	DL-DAR-27	Deslizamientos	20/01/2020	394598.39	8984727.48	658.28	0.20	6.20	68.20	205.70	213.50	286.90	581.00	2.62	17.52	58.03	146.50	164.26	261.09	569.61	1.44	16.80	58.41	160.34	180.20	269.97	580.14
114	DL-DAR-28	Deslizamientos	21/01/2020	399294.87	8981521.29	835.15	33.60	41.80	77.70	94.50	110.50	225.00	521.90	32.96	42.83	62.82	116.84	173.73	276.24	584.10	33.35	44.79	61.89	122.67	186.32	285.01	595.92
115	DL-DAR-29	Deslizamientos	6/02/2020	400785.00	8983826.00	968.43	32.40	99.30	124.60	160.30	194.20	255.00	444.30	32.00	96.31	117.38	132.45	166.63	237.15	495.46	32.30	96.50	116.82	129.81	164.48	237.28	502.13
116	DL-LY-04	Derrumbe	11/02/2020	402443.47	8972470.24	755.40	0.00	38.70	73.00	149.30	193.70	236.50	446.30	0.26	73.14	107.26	162.45	199.82	249.60	476.05	0.52	70.00	106.08	165.48	195.74	240.20	495.89
117	DL-MDB-18	Deslizamientos	17/02/2020	377642.00	8971425.00	823.41	0.00	73.50	77.60	79.90	119.30	243.30	381.90	5.02	63.41	76.38	88.89	146.75	256.12	426.29	5.27	63.53	76.61	89.48	147.06	256.44	426.47
118	DL-PY-02	Deslizamientos	19/02/2020	376541.32	9038708.40	627.19	9.80	54.10	54.10	62.20	153.70	304.70	573.30	4.30	38.26	65.61	79.31	145.01	270.54	487.39	4.94	30.86	60.30	71.78	134.23	265.18	477.95
119	DL-SDA-04	Deslizamientos	25/02/2020	389233.05	9001444.74	736.82	6.10	24.40	31.30	34.70	87.10	112.20	282.40	17.77	53.03	93.30	102.50	158.34	190.31	426.07	18.54	52.19	94.87	102.97	157.99	186.11	422.45
120	DL-SDA-05	Deslizamientos	25/02/2020	387559.24	9000228.37	676.88	6.10	24.40	31.30	34.70	87.10	112.20	282.40	17.56	52.10	91.40	100.34	156.08	187.50	421.29	18.89	50.65	94.11	101.15	155.46	180.23	415.03
121	DL-SDA-06	Deslizamientos	25/02/2020	389701.96	9008980.71	908.65	22.20	79.60	194.60	204.40	248.70	274.90	591.60	19.31	59.59	114.23	124.08	178.41	210.35	464.13	17.96	61.06	111.49	123.24	179.03	217.70	470.46
122	DL-SDA-07	Deslizamientos	25/02/2020	389740.77	9006554.06	968.78	22.20	79.60	194.60	204.40	248.70	274.90	591.60	18.91	57.78	108.09	117.81	172.67	204.77	453.40	16.97	59.89	104.15	116.62	173.57	215.33	462.49
123	H-HV-08	Huayco	8/03/2020	413944.44	8976325.03	1100.99	0.00	41.10	43.70	107.50	149.60	253.50	481.20	0.07	30.27	32.52	81.17	115.25	204.22	411.36	0.09	26.77	28.89	72.66	105.04	189.44	394.03
124	DL-HV-29	Deslizamientos	9/03/2020	409061.67	8986962.26	1332.69	2.10	43.20	43.20	91.20	130.20	208.90	483.30	2.75	34.22	35.25	69.74	106.62	177.48	427.63	2.77	34.05	35.12	69.31	106.20	176.91	426.80
125	DL-PN-03	Derrumbe	10/03/2020	398495.47	8991840.93	797.05	2.50	3.30	11.70	12.40	44.60	88.30	229.10	8.63	11.79	32.67	34.41	79.67	145.17	339.35	9.84	13.39	31.51	33.14	74.09	136.96	326.13
126	DL-PN-04	Derrumbe	10/03/2020	397706.18	8992582.20	934.31	2.50	3.30	11.70	12.40	44.60	88.30	229.10	8.66	11.82	32.14	33.83	78.45	143.12	336.08	8.34	11.38	32.46	34.18	79.96	145.34	339.65
127	DL-SDA-08	Deslizamientos	11/03/2020	383557.53	9005380.72	682.03	4.10	42.70	59.70	71.60	111.00	204.30	457.00	2.44	25.15	42.62	48.69	87.05	164.69	359.15	2.60	26.21	41.87	48.26	84.35	160.88	350.27
128	DL-HV-30	Deslizamientos	7/04/2020	410804.46	8982498.18	1680.42	13.49	43.00	52.47	64.82	95.26	136.43	274.32	13.55	43.20	52.72	65.13	95.71	137.08	275.95	13.48	42.98	52.44	64.79	95.20	136.35	274.03
129	DL-HV-31	Deslizamientos	5/06/2020	411173.00	8982348.00	1680.31	45.05	86.72	117.65	117.65	117.65	201.32	283.03	45.41	87.41	118.59	118.59	118.59	202.93	285.30	44.92	86.47	117.31	117.31	117.31	200.75	282.22
130	DL-MDB-19	Deslizamientos	9/07/2020	393444.44	8959735.17	823.41	33.58	79.11	111.76	136.59	136.59	186.96	341.75	32.96	77.66	109.71	134.09	134.09	183.54	335.50	33.60	79.15	111.81	136.66	136.66	187.06	341.92
131	DL-MDB-20	Deslizamientos	14/11/2020	380111.42	8971759.18	750.73	12.42	16.48	22.26	22.26	22.26	46.78	110.12	21.27	29.80	34.23											

Anexo 2. Recoleccion y procesamiento de base datos.

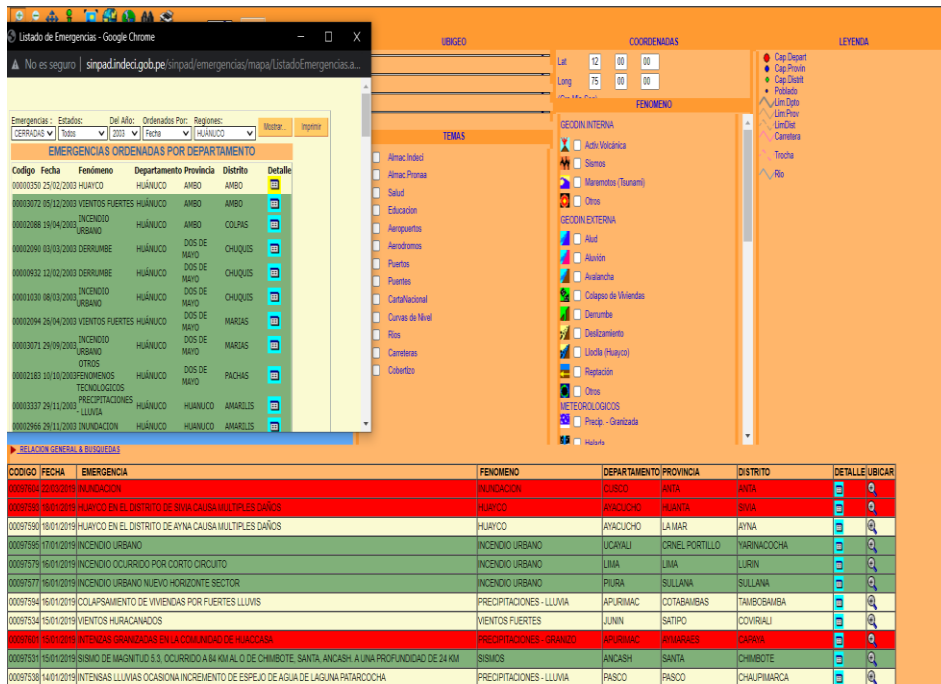


Figura 22. Recolección de información de deslizamientos de SINPADv1 (2003- 2018).

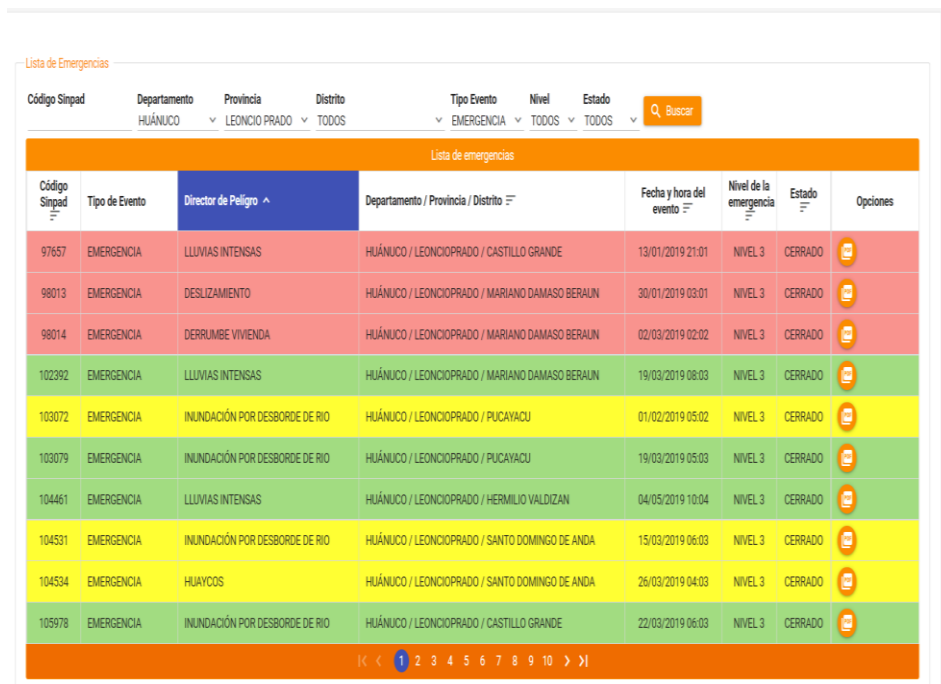


Figura 23. Recolección de información de deslizamientos de SINPADv2.0 (2019- actualidad).



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**



FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTO		
Denominación:		
Datos:	Nombre del que registra:	Bach. Norma Inés Acha Alhway
	Fecha de registro:	16 de junio 2021
Ubicación	Provincia:	Leoncio Prado
	Distrito:	Daniel Alomía Robles - Pumahuasi
	Localidad del evento:	Caserío Antonio Raymondí (Los Vegas)
Coordenadas UTM	Este (m)	400785.00 E
	Norte (m)	8983826.00 S
	Altitud (m.s.n.m)	
Fecha del evento	Día/Mes/Año:	06/02/2020
	Hora:	12:20 PM
Tipo de material	Roca:	
	Detrito:	<input checked="" type="checkbox"/>
	Suelo:	<input checked="" type="checkbox"/>
	Caída:	
	Volcamiento:	
	Propagación:	
	Flujo:	
	Activo:	
	Suspendido:	
	Reactivado:	
Causa del evento	Precipitación:	<input checked="" type="checkbox"/>
	Terremoto:	
	Otra:	
Daños ocasionados	Viviendas	
	Carreteras y caminos:	
	Terrenos de cultivo:	
	Red de electricidad:	
	Otras construcciones:	
	Fallecidos:	
	Heridos:	
Tipo de Cobertura del suelo	Suelo desnudo:	
	Puma:	<input checked="" type="checkbox"/>
	Arbusto:	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cultivos:	
Otros datos de interés	- Suelo arcillo arenoso + grava - Humedad: Seco pero al pie del deslizamiento se encuentra húmedo (simple vista).	

Figura 24. Recolección de información en campo de los deslizamientos.

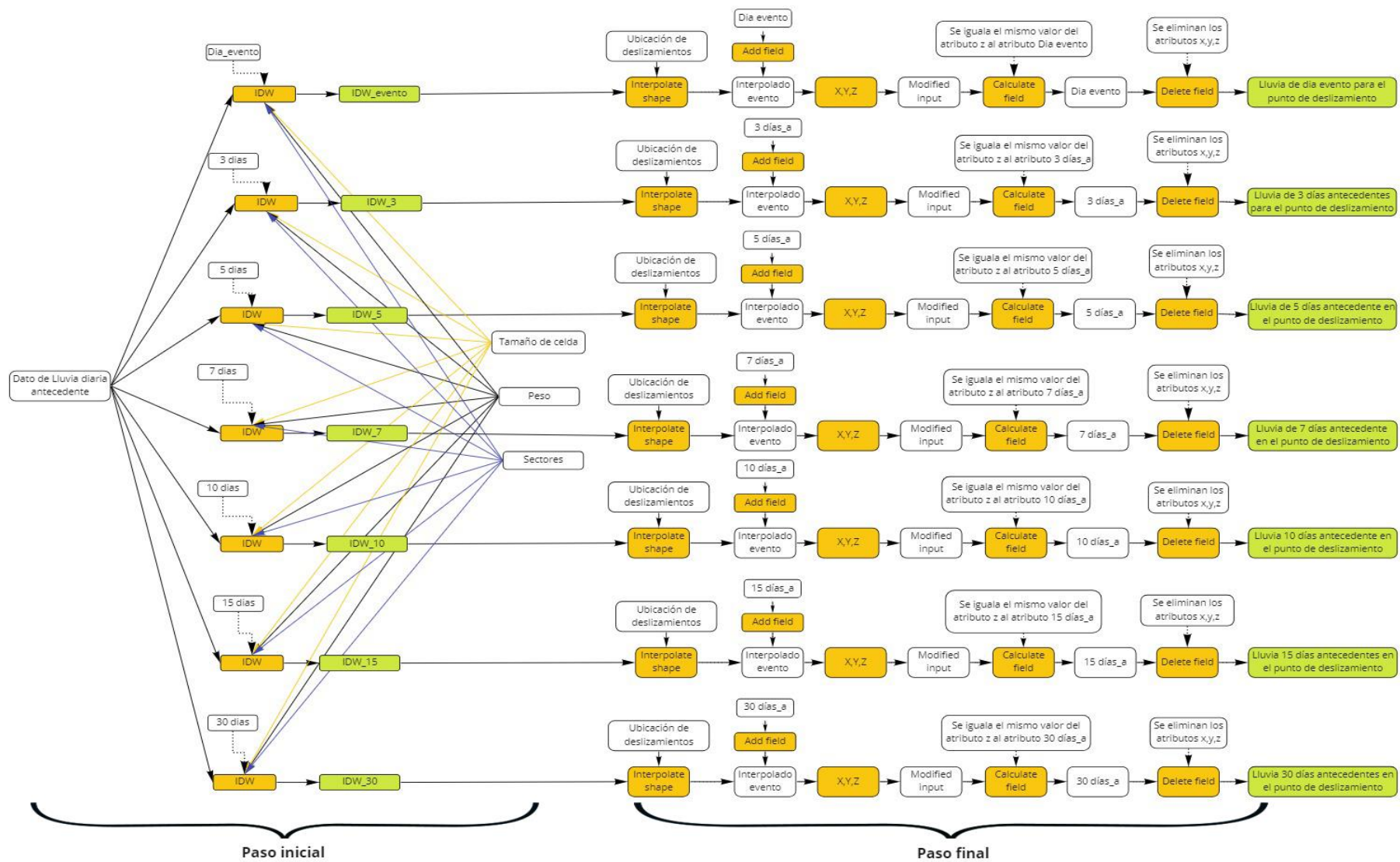
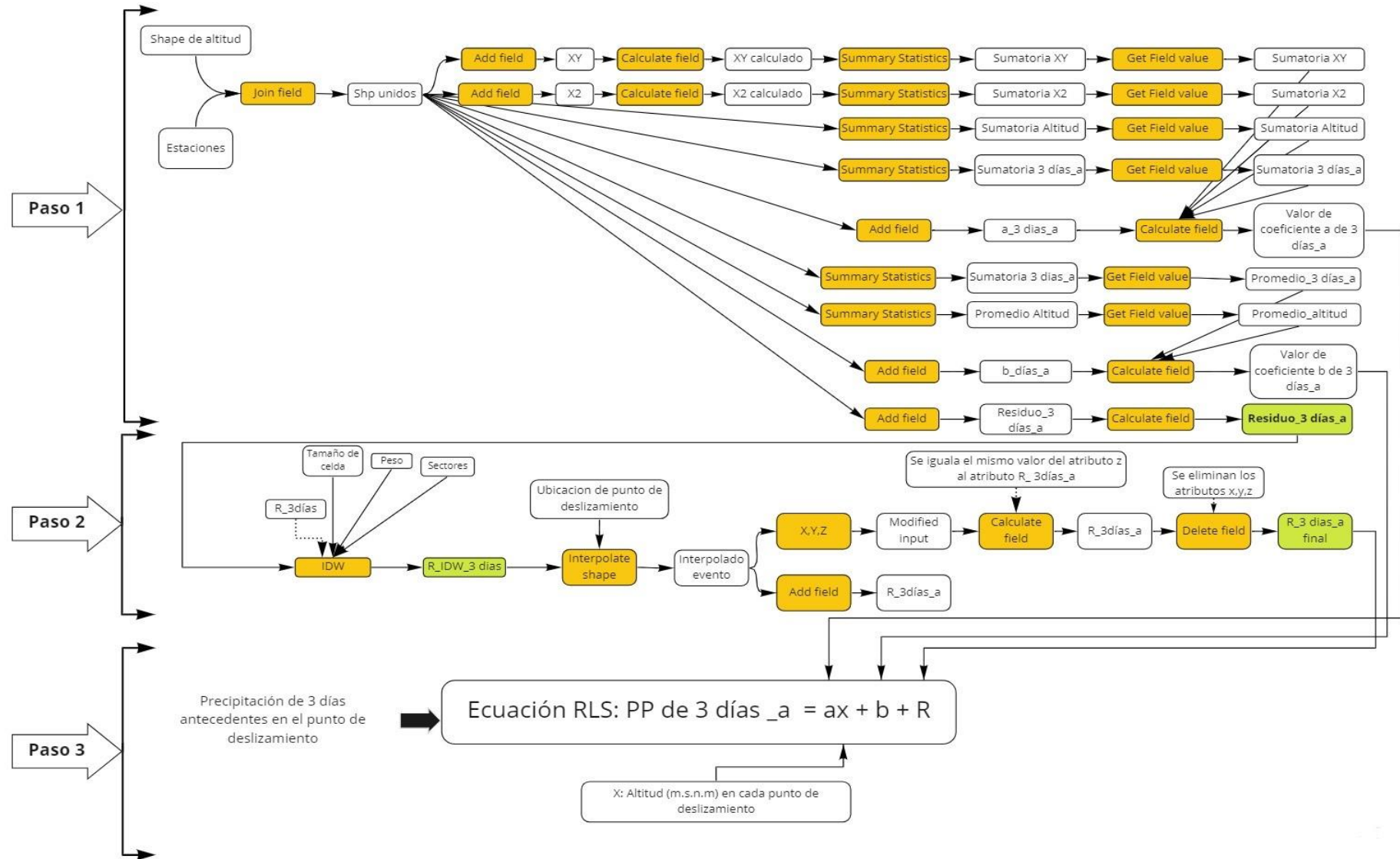


Figura 25. Proceso de interpolación IDW con ModelBuilder en ArcGIS.



**Figura 26.** Proceso de interpolación de Regresion Lineal Simple con ModelBuilder en ArcGIS (Paso 1 y 2) y en Excel (Paso 3).

**Anexo 3. Panel fotográfico**

**Figura 27.** Recopilando la información base en campo de los deslizamientos.



**Figura 28.** Eventos de deslizamientos. (a) Tambillo Grande en el tramo Huánuco – Tingo María (Km 109 +00) ocurrido en la fecha 02/12/2018, tomado por Alerta Peru y (b) Tramo del caserío de Nueva América ocurrido en la fecha de 14/11/2020.



**Figura 29.** Eventos de deslizamientos. (a) Tramo Bella Alta – Rio Tigre ocurrido en la fecha 01/1/2020 y (b) Tramo Tingo María – Monzón (caserio Inti) ocurrido en la fecha de 1/12/2020.



**Figura 30.** Deslizamiento en la localidad de Lota tramo Tingo María – Monzón, ocurrido en la fecha 06/01/2015.



**Figura 31.** Deslizamiento en la Asociación Habitacional Sven Ericsson, Sector II -Tingo María ocurrido en la fecha 09/01/2020. Tomado por Zona Tingaleza.



**Figura 32.** Deslizamiento en Sector de 9 de Octubre – Tingo María ocurrido en la fecha 17/11/2017. Tomado por Uranio Tv Digital.



**Figura 33.** Deslizamiento en la Zona norte de la ciudad de Tingo María – Tingo María ocurrido en la fecha 11/05/2018. (a) Vista en el momento de la ocurrencia. Tomado por Uranio Tv Digital y (b) Vista aérea en el año 2021.



**Figura 34.** Deslizamiento en Jacintillo en el tramo Corpac – Bella Alta ( km 5+050)- Castillo Grande, ocurrido en la fecha 01/12/2020. (a) Vista en el momento de la ocurrencia, tomado por Zona Tingaleza y (b) Vista aérea en el año 2021.



**Figura 35.** Deslizamiento en la localidad Pozo azul carretera Fernando Belaunde Terry a la altura de la garganta del diablo – Luyando, ocurrido en la fecha 13/11/2017. Tomado por Uranio Tv.



**Figura 36.** Eventos de deslizamientos. (a) Huayco en la localidad San Cristobal ocurrido en la fecha de 02/01/2020 y (b) Deslizamiento en localidad Antonio Raimondi – Las Vegas ocurrido en la fecha 06/02/2020.



**Figura 37.** Deslizamiento en la localidad Peregrinos, tramo Tingo María - Aucayacu, ocurrido en la fecha 1/03/2017.



**Figura 38.** Derrumbe en la localidad Los Milagros en el tramo Tingo María - Aucayacu, ocurrido en la fecha 15/01/2020. (a) Vista en el momento de la ocurrencia, tomado por Tingo María Noticias y (b) Vista aérea en el año 2021.



**Figura 39.** Deslizamiento en la localidad Tupac, ocurrido en la fecha 16/01/2015. Tomado por Diario uno y La república.



**Figura 40.** Eventos de deslizamientos ocurrido en la fecha 05/04/2019. (a) Huayco en la localidad de Hermilio Valdizán y (b) Deslizamiento en el tramo CC.PP. José María Ugarteche - Manuel Mesones Muro. Tomado por Avance social noticias.

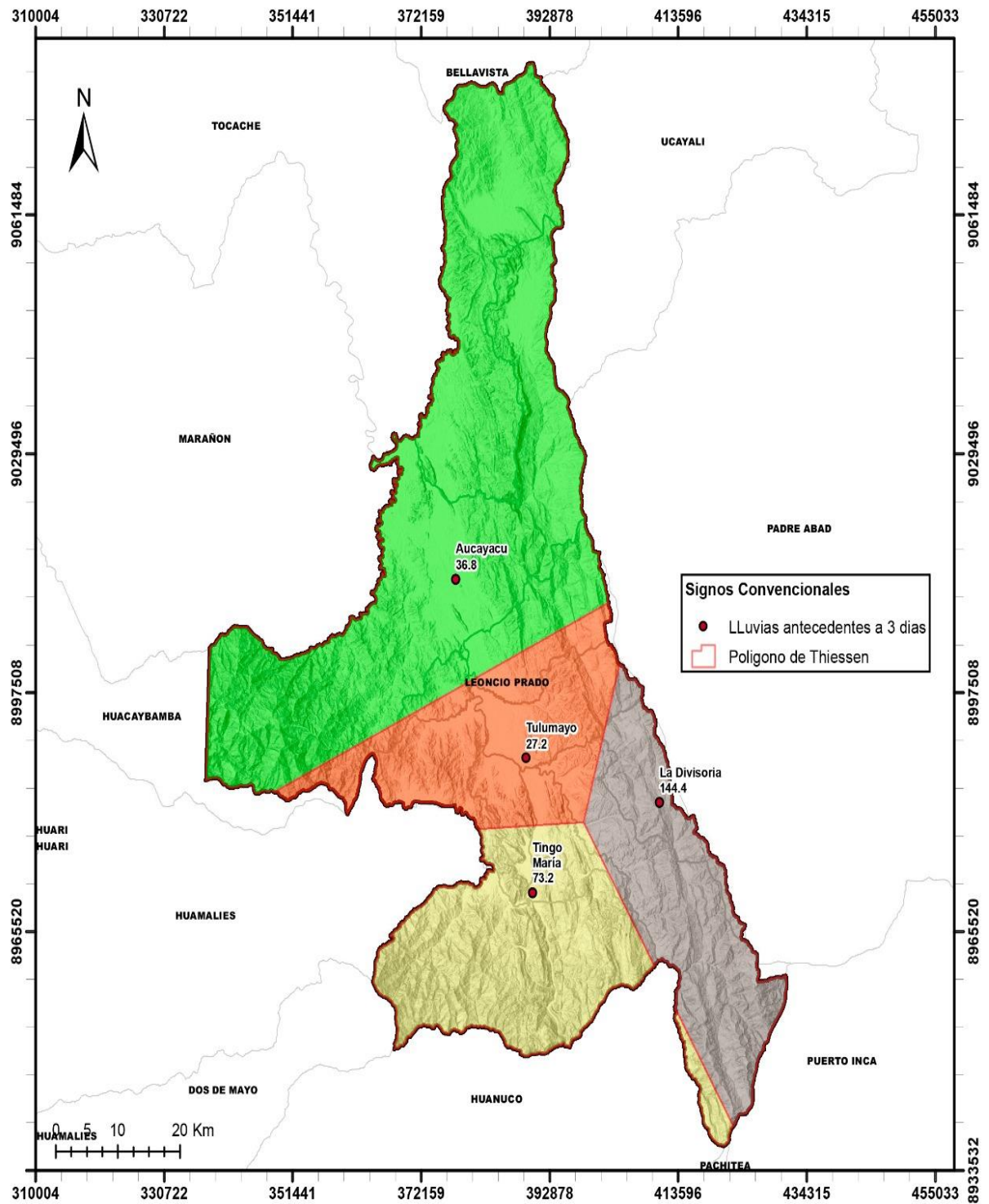


**Figura 41.** Deslizamiento en San Bolívar en el tramo Tingo María – Pucallpa (km 463+200), ocurrido en la fecha 27/12/2017. (a) Vista en el momento de la ocurrencia, tomado por Uranio Digital TVy (b) Vista aérea en el año 2021.

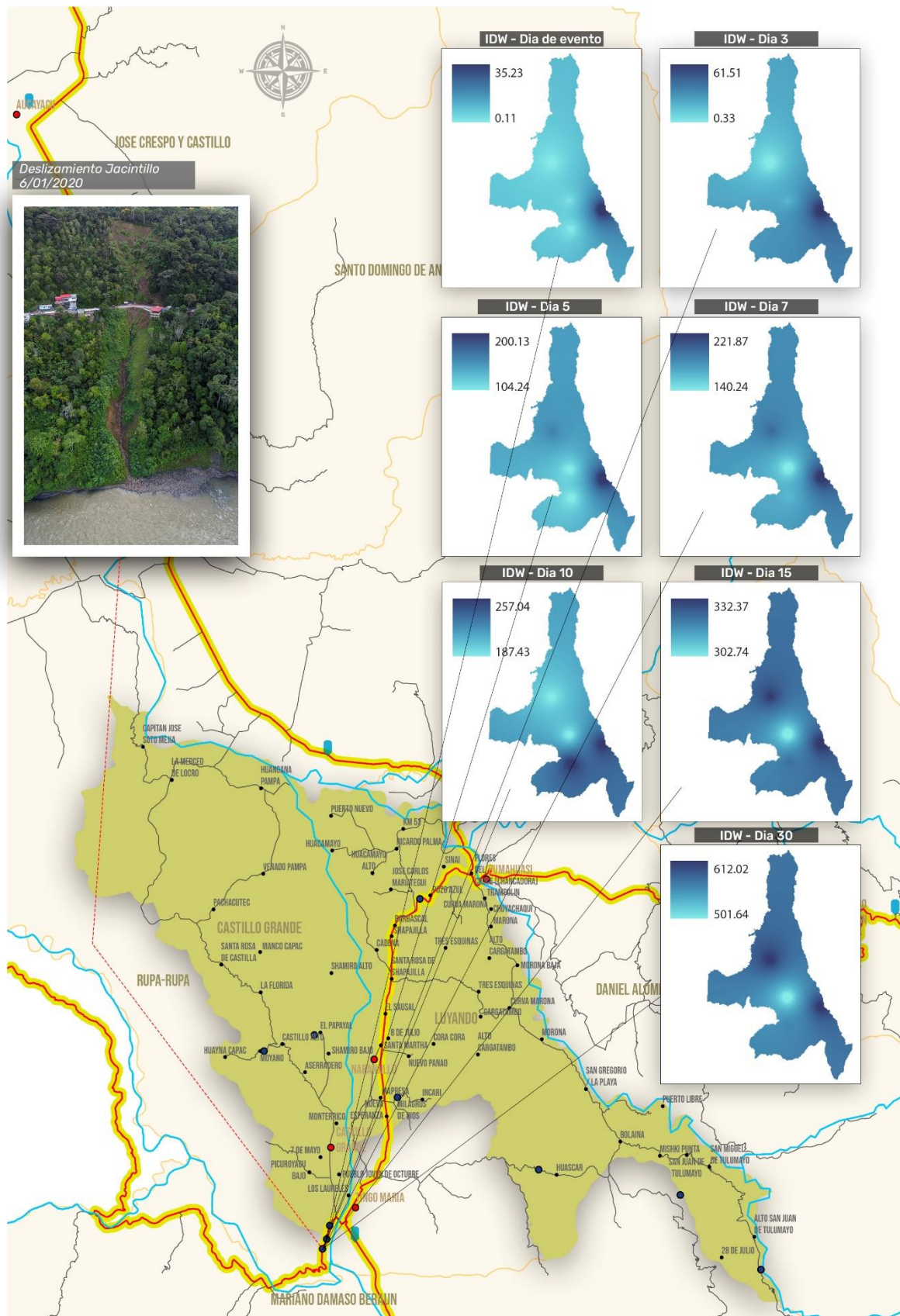


**Figura 42.** Eventos de deslizamientos. (a) Deslizamiento en localidad de San Agustín ocurrido en la fecha de 22/03/2010 y (b) Huayco en el tramo Shangai – 3 de Octubre ocurrido en la fecha 05/04/2019.

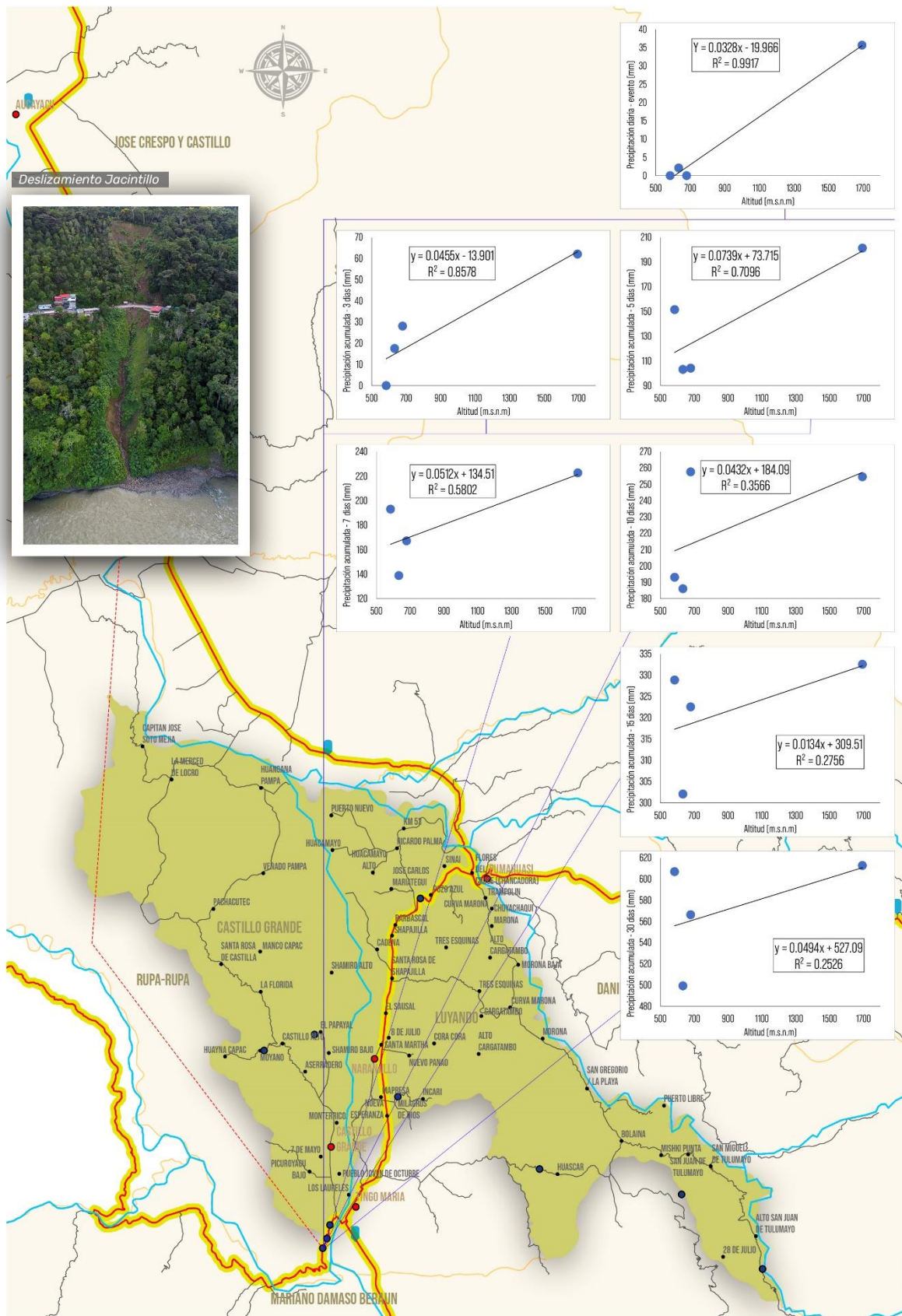
Anexo 4. Mapas de referencias de los metodos de interpolación



**Figura 43.** Mapa de interpolación método Polígono de Thiessen del Huayco de Hermilio Valdizán y José M. Ugarteche (fecha de ocurrencia 19/01/2003).

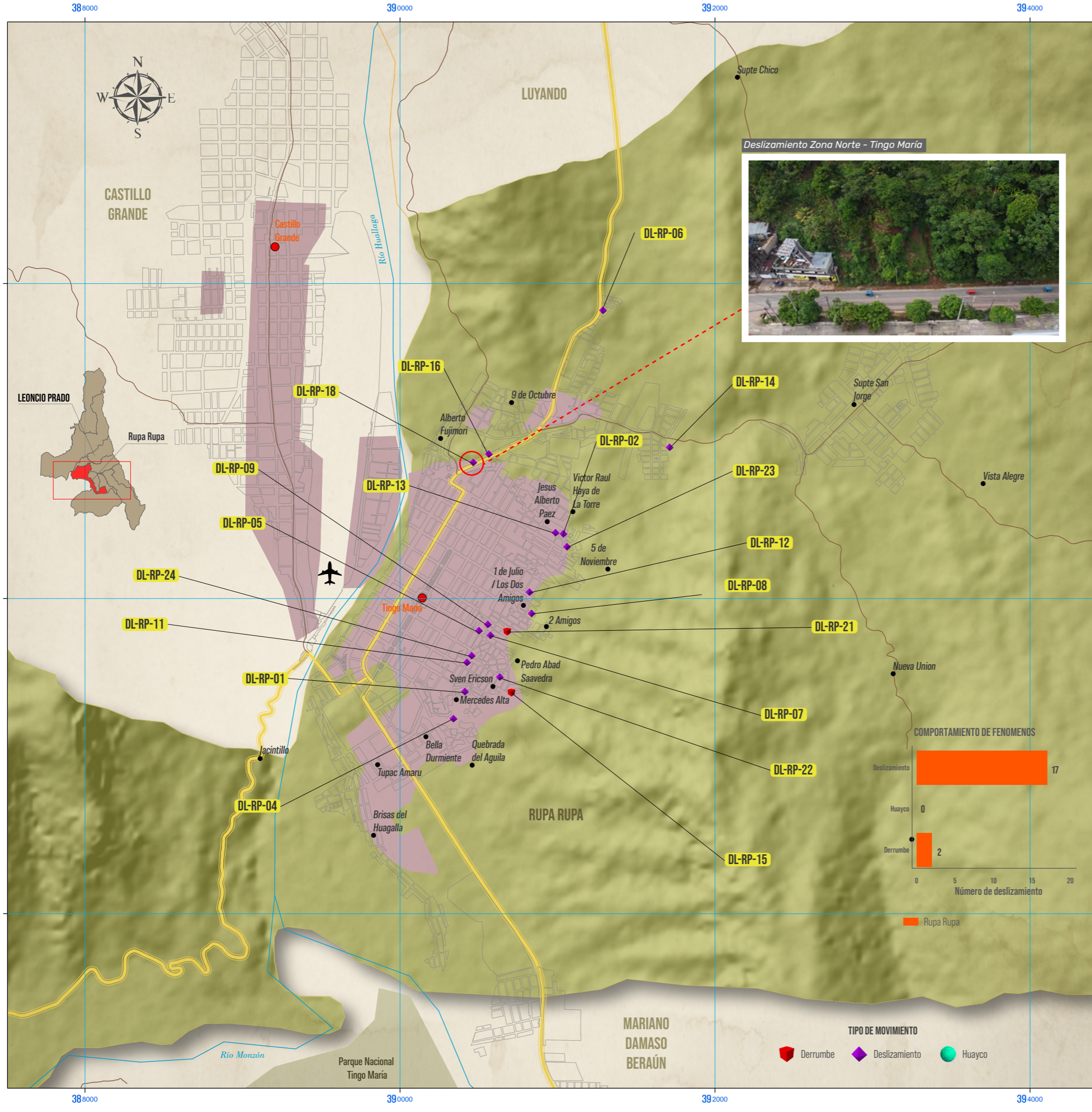


**Figura 44.** Mapa de interpolación método IDW del deslizamiento Jacintillo (fecha de ocurrencia 6/01/2020).



**Figura 45.** Mapa de interpolación método regresión lineal del deslizamiento Jacintillo (fecha de ocurrencia 6/01/2020).

## **MAPAS**



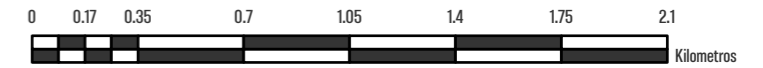
**REGISTROS DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE RUPA RUPA**

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Fecha
1	DL-RP-01	Deslizamiento	AA.HH Prolongación Cayumba	11/02/2003
2	DL-RP-02	Deslizamiento	AA.HH. Jesús Alberto Páez	3/01/2011
3	DL-RP-04	Deslizamiento	Asunción Saldaña (Lote N° 148)	4/01/2011
4	DL-RP-05	Deslizamiento	Pedro Abad S. (Mz A - Lote N° 13)	5/01/2011
5	DL-RP-06	Deslizamiento	Ramiro Alvarado Celis	20/01/2011
6	DL-RP-07	Deslizamiento	Pedro Abad S.	8/03/2011
7	DL-RP-08	Deslizamiento	Pueblo Joven Primero de Julio (Mz A)	9/03/2011
8	DL-RP-09	Deslizamiento	Pedro Abad S. (Mz L - Lote N° 10)	24/03/2011
9	DL-RP-11	Deslizamiento	Asociación Sven Erickson (Mz S - Lote N° 4)	28/03/2011
10	DL-RP-12	Deslizamiento	10 de Noviembre	30/09/2011
11	DL-RP-13	Deslizamiento	Jesús Alberto Páez (Mz G- Lote N°15)	20/10/2011
12	DL-RP-14	Deslizamiento	Los Rosales (Tingo María - Supte)	19/10/2013
13	DL-RP-15	Derrumbe	Sven Erickson	22/12/2016
14	DL-RP-16	Deslizamiento	9 de Octubre	17/11/2017
15	DL-RP-18	Deslizamiento	Zona norte de la ciudad de Tingo M.	11/05/2018
16	DL-RP-19	Deslizamiento	9 de Octubre	17/11/2017
17	DL-RP-21	Derrumbe	AA.HH. Pedro Abad Saavedra	8/10/2018
18	DL-RP-22	Deslizamiento	Sven Erickson (Sector II)	9/01/2020
19	DL-RP-23	Deslizamiento	AA.HH. Jesús Alberto Páez	14/01/2020
20	DL-RP-24	Deslizamiento	Sven Erickson (Mz A - Lote N° 12)	23/12/2020

**SIMBOLOGÍA**

- Red vial**  
— Red vial vecinal  
— Red vial Nacional
- Límites**  
■ RP distrito  
■ Distritos Leoncio Prado  
— Ríos  
■ Areas Naturales Protegidas
- Centros Poblados**  
● Centros poblados  
● Capital Distritos  
■ Zonas Urbanas  
✈ Aeropuerto  
— Catastro

**COMPORTAMIENTO DE FENOMENOS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

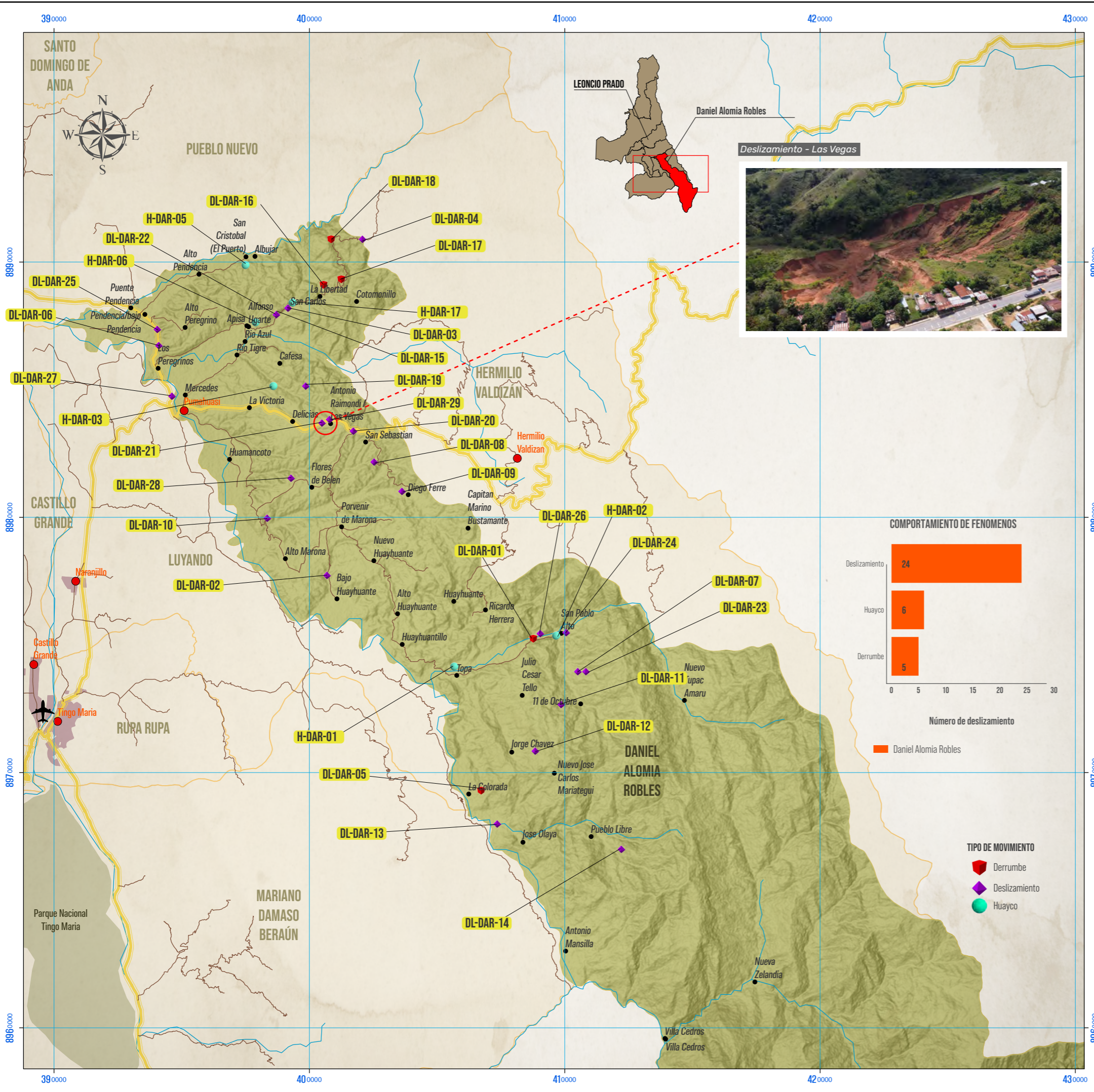
Tesis: **ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO**

Mapa: **INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE RUPA RUPA**

Fuente: Centros Poblados INGE, Límites Provincial y Distrital, Red Vial Nacional y Vecinal, Catastro Tingo María, Zonas Urbanas, Red hídrica del peru, Proyección: UTM, Datum Horizontal: WGS 1984, Zona o Huso: 18 Sur

Elaborado por: Bach. Acha Alhuay, Norma Ines | Asesor: Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE

Fecha: 13/12/2021 | Escala: 1:125,000 | **MAPA N°: 1/7**



**REGISTROS DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE DANIEL ALOMIA ROBLES**

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Fecha
1	H-DAR-01	Huayco	Topa	5/01/2004
2	H-DAR-02	Huayco	Topa	5/04/2010
3	DL-DAR-01	Derrumbe	Topa	5/04/2010
4	DL-DAR-02	Deslizamiento	Huayhuante	3/03/2011
5	DL-DAR-03	Deslizamiento	San Carlos	27/02/2014
6	DL-DAR-04	Deslizamiento	La libertad	27/02/2014
7	DL-DAR-05	Derrumbe	La Colorada	20/12/2014
8	DL-DAR-06	Deslizamiento	Los Peregrinos	1/03/2017
9	DL-DAR-07	Deslizamiento	Vista Alegre	11/08/2018
10	DL-DAR-08	Deslizamiento	San Sebastián	2018
11	DL-DAR-09	Deslizamiento	Diego Ferrero	2018
12	DL-DAR-10	Deslizamiento	Alto Marona	2018
13	DL-DAR-11	Deslizamiento	11 de octubre	2018
14	DL-DAR-12	Deslizamiento	Jorge Chávez	2018
15	DL-DAR-13	Deslizamiento	La Colorada	2018
16	DL-DAR-14	Deslizamiento	Pueblo Libre	2018
17	DL-DAR-15	Deslizamiento	San Carlos	2018
18	DL-DAR-16	Derrumbe	La Libertad	2018
19	DL-DAR-17	Derrumbe	La Libertad	2018
20	DL-DAR-18	Derrumbe	La Libertad	2018
21	H-DAR-03	Huayco	Río Tigre	2018
22	DL-DAR-19	Deslizamiento	Cafesa	2018
23	DL-DAR-20	Deslizamiento	Antonio Raimondi - Las vegas	27/03/2019
24	DL-DAR-21	Deslizamiento	Antonio Raimondi - Las vegas	7/10/2019
25	DL-DAR-22	Deslizamiento	San Carlos	5/12/2019
26	DL-DAR-23	Deslizamiento	Vista Alegre	9/12/2019
27	H-DAR-04	Huayco	San Carlos	2/01/2020
28	H-DAR-05	Huayco	San Cristóbal	2/01/2020
29	H-DAR-06	Huayco	Alfonso Ugarte	2/01/2020
30	DL-DAR-24	Deslizamiento	San Pablo	15/01/2020
31	DL-DAR-25	Deslizamiento	Alto peregrino	15/01/2020
32	DL-DAR-26	Deslizamiento	San Pablo	16/01/2020
33	DL-DAR-27	Deslizamiento	La chancadora	20/01/2020
34	DL-DAR-28	Deslizamiento	Flores de Belén	21/01/2020
35	DL-DAR-29	Deslizamiento	Antonio Raimondi - Las vegas	6/02/2020

**SIMBOLOGÍA**

- Red vial:** Red vial vecinal, Red vial Nacional
- Límites:** DAR Distrito, Distritos Leoncio Prado, Rios, Areas Naturales Protegidas
- Centros Poblados:** Centros Poblados, Capital Distritos, Zonas Urbanas, Aeropuerto

0 1 2 4 6 8 10 12 Kilometros

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

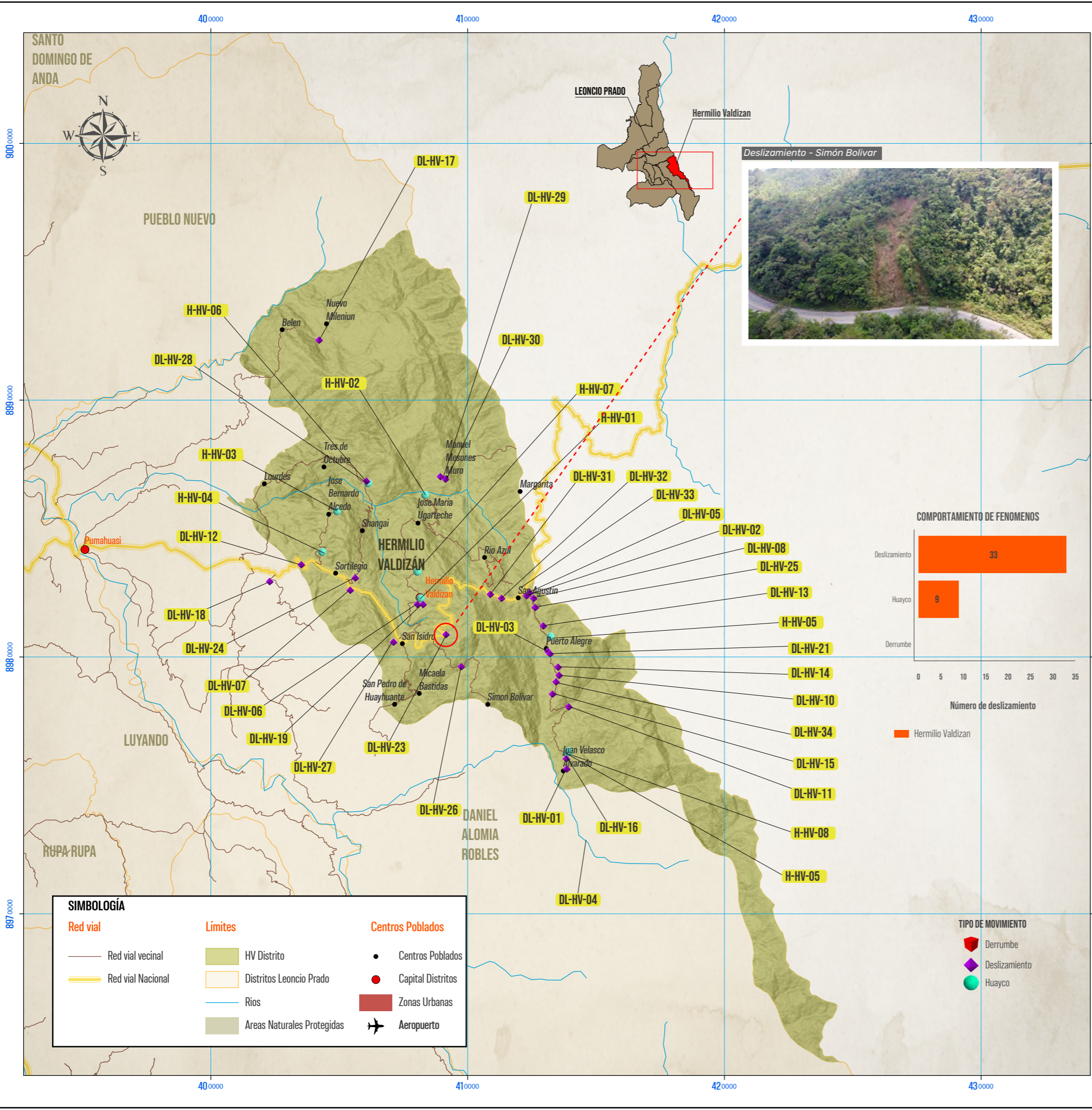
Tesis: **ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO**

Mapa: **INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE DANIEL ALOMIA ROBLES**

Fuente: Centros Poblados INGE, Límites Provincial y Distrital, Red Vial Nacional y Vecinal. Proyección: UTM, Datum Horizontal: WGS 1984, Zona o Huso: 18 Sur

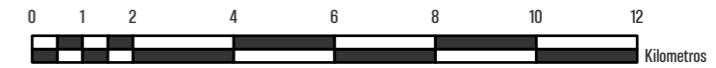
Elaborado por: Bach. Acha Alhuay, Norma Ines. Asesor: Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE

Fecha: 13/12/2021. Escala: 1:150,000. **MAPA N°: 217**



**REGISTROS DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE HERMILIO VALDIZÁN**

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Fecha
1	H-HV-01	Huayco	Hermilio Valdizán	19/01/2003
2	H-HV-02	Huayco	José M. Ugarteche	19/01/2003
3	H-HV-03	Huayco	José Bernardo Alcedo	15/12/2003
4	H-HV-04	Huayco	José Bernardo Alcedo	9/01/2004
5	DL-HV-01	Deslizamiento	Juan Velasco Alvarado	3/02/2008
6	DL-HV-02	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	22/03/2010
7	DL-HV-03	Deslizamiento	Puerto Alegre	22/03/2010
8	H-HV-05	Huayco	Juan Velasco Alvarado	22/03/2010
9	DL-HV-04	Deslizamiento	Nuevo Tupac Amaru	22/03/2010
10	DL-HV-05	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	18/02/2011
11	DL-HV-06	Deslizamiento	Hermilio Valdizán	7/04/2011
12	DL-HV-07	Deslizamiento	Sortilegio	7/04/2011
13	DL-HV-08	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	8/01/2013
14	DL-HV-09	Deslizamiento	Puerto Alegre	8/01/2013
15	DL-HV-10	Deslizamiento	Puerto Alegre	8/01/2013
16	DL-HV-11	Deslizamiento	Puerto Alegre	8/01/2013
17	DL-HV-12	Deslizamiento	Sortilegio	8/03/2013
18	DL-HV-13	Deslizamiento	Puerto Alegre	8/01/2014
19	DL-HV-14	Deslizamiento	Puerto Alegre	8/01/2014
20	DL-HV-15	Deslizamiento	Puerto Alegre	8/01/2014
21	DL-HV-16	Deslizamiento	Juan Velasco Alvarado	12/02/2014
22	DL-HV-17	Deslizamiento	Nuevo Milenium	27/02/2014
23	DL-HV-18	Deslizamiento	San Sebastián	7/08/2017
24	DL-HV-19	Deslizamiento	Hermilio Valdizán	7/08/2017
25	DL-HV-21	Deslizamiento	Puerto Alegre	7/08/2017
26	DL-HV-22	Deslizamiento	Rio Azul	7/08/2017
27	DL-HV-23	Deslizamiento	Simón Bolívar	27/12/2017
28	DL-HV-24	Deslizamiento	Sortilegio	4/02/2018
29	DL-HV-25	Deslizamiento	CC.PP. San Agustín	30/10/2018
30	DL-HV-26	Deslizamiento	Simón Bolívar	30/10/2018
31	DL-HV-27	Deslizamiento	Capitán Marino Bustamante	30/10/2018
32	DL-HV-28	Deslizamiento	3 de octubre	30/10/2018
33	H-HV-06	Huayco	CC.PP. San Agustín	5/04/2019
34	DL-HV-29	Deslizamiento	CC.PP. Manuel Mesones Muro	5/04/2019
35	H-HV-07	Huayco	3 de octubre	5/04/2019
36	H-HV-08	Huayco	Hermilio Valdizán	5/04/2019
37	H-HV-09	Huayco	Juan Velasco Alvarado	8/03/2020
38	DL-HV-30	Deslizamiento	CC.PP. Manuel Mesones Muro	9/03/2020
39	DL-HV-31	Deslizamiento	San Agustín	7/04/2020
40	DL-HV-32	Deslizamiento	San Agustín	5/06/2020
41	DL-HV-33	Deslizamiento	San Agustín	3/12/2020
42	DL-HV-34	Deslizamiento	Puerto Alegre	28/12/2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

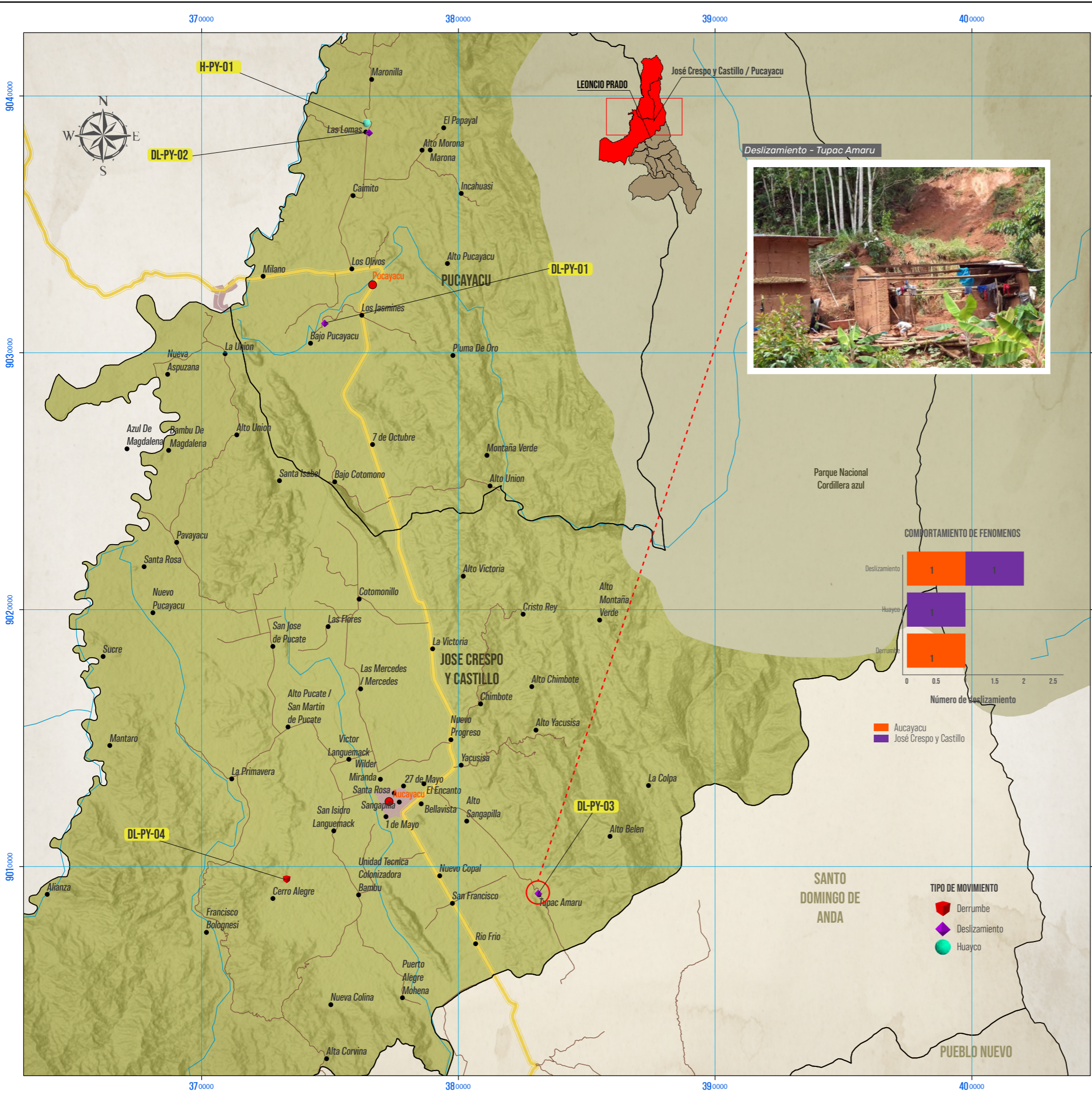
Tesis: **ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO**

Mapa: **INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE HERMILIO VALDIZÁN**

Fuente: Centros Poblados INGE, Límites Provincial y Distrital, Red Vial Nacional y Vecinal. Proyección: UTM, Datum Horizontal: WGS 1984, Zona o Huso: 18 Sur

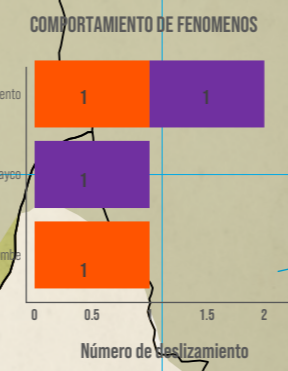
Elaborado por: Bach. Acha Alhuay, Norma Ines. Asesor: Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE

Fecha: 13/12/2021. Escala: 1:150,000. **MAPA N°: 3/7**



**REGISTRO DE DESLIZAMIENTOS, DSITRITO DE DE JOSE CRESPO Y CASTILLO - PUCAYACU**

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Fecha
1	H-PY-01	Huayco	La Loma	12/01/2020
2	DL-PY-02	Deslizamiento	La Loma	19/02/2020
3	DL-AV-03	Deslizamiento	Tupac Amaru	16/01/2015
4	DL-AV-04	Derrumbe	Cerro Alegre	15/01/2018



**SIMBOLOGÍA**

- |                            |                         |                   |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|
| Red vial                   | Límites                 | Centros Poblados  |
| Red vial Nacional          | JC Y PY Distritos       | Capital Distritos |
| Rios                       | Distritos Leoncio Prado | Zonas Urbanas     |
| Areas Naturales Protegidas | Aeropuerto              |                   |
- 0 1 2 4 6 8 10 12 Kilómetros

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

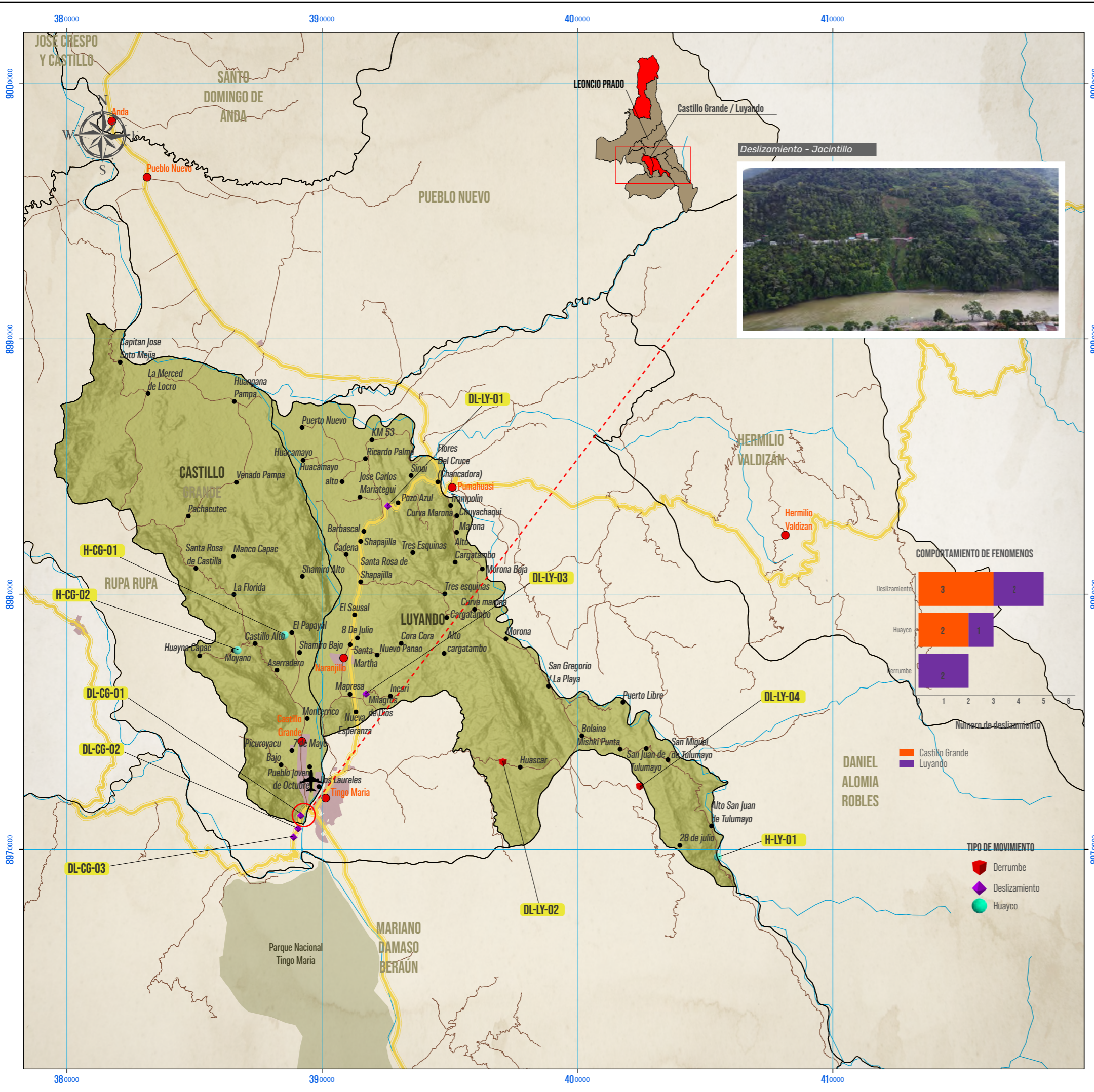
Tesis: **ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO**

Mapa: **INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE JOSE CRESPO Y CASTILLO - PUCAYACU**

<b>Fuente:</b> Centros Poblados INGE Límites Provincial y Distrital Red Vial Nacional y Vecinal	<b>Proyección:</b> UTM Datum Horizontal: WGS 1984 Zona o Huso: 18 Sur
--	---

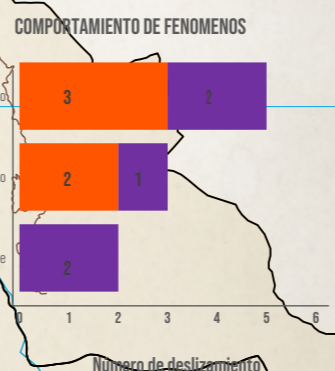
<b>Elaborado por:</b> Bach. Acha Alhuay, Norma Ines	<b>Asesor:</b> Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE
---	--

<b>Fecha:</b> 13/12/2021	<b>Escala:</b> 1:150,000	<b>MAPA N°: 417</b>
--------------------------	--------------------------	---------------------



**REGISTROS DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE CASTILLO GRANDE Y LUYANDO**

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Fecha
1	DL-CG-01	Deslizamiento	Jacintillo	1/12/2010
2	DL-CG-02	Deslizamiento	Castillo Grande	26/12/2010
3	H-CG-01	Huayco	CC.PP. Papayal	20/03/2012
4	H-CG-02	Huayco	Moyano	20/03/2012
5	DL-CG-03	Deslizamiento	Localidad Jacintillo	6/01/2020
6	H-LY-01	Huayco	Alto San Juan	27/02/2013
7	DL-LY-01	Deslizamiento	Pozo Azul	13/11/2017
8	DL-LY-02	Derrumbe	Huáscar	20/05/2018
9	DL-LY-03	Deslizamiento	Naranjillo	26/02/2019
10	DL-LY-04	Derrumbe	Sanja seca	11/02/2020



**SIMBOLOGÍA**

- Red vial**
  - Red vial vecinal
  - Red vial Nacional
- Límites**
  - CG Y LY Distritos
  - Distritos Leoncio Prado
  - Rios
  - Áreas Naturales Protegidas
- Centros Poblados**
  - Centros Poblados
  - Capital Distritos
  - Zonas Urbanas
  - Aeropuerto

**TIPO DE MOVIMIENTO**

- Derrumbe
- Deslizamiento
- Huayco

0 1 2 4 6 8 10 12 Kilómetros

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

**Tesis:** ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO

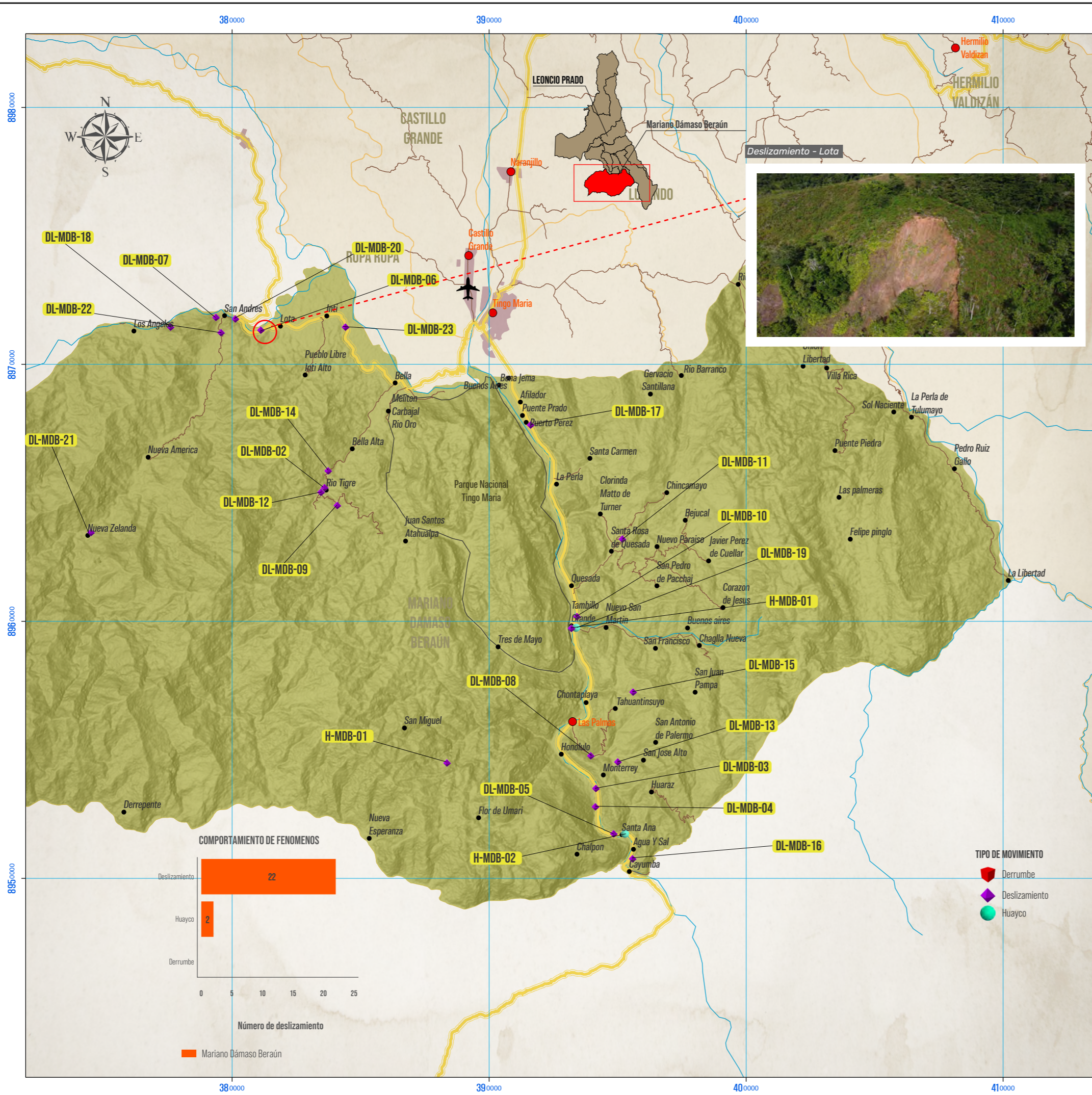
**Mapa:** INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE CASTILLO GRANDE Y LUYANDO

**Fuente:** Centros Poblados INGE, Límites Provincial y Distrital, Red Vial Nacional y Vecinal

**Proyección:** UTM  
**Datum Horizontal:** WGS 1984  
**Zona o Huso:** 18 Sur

**Elaborado por:** Bach. Acha Alhuay, Norma Ines      **Asesor:** Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE

**Fecha:** 13/12/2021      **Escala:** 1:150,000      **MAPA N°: 5/7**



**REGISTROS DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAÚN**

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Fecha
1	DL-MDB-01	Deslizamiento	CC.PP. Flor de Umari	1/01/2010
2	H-MDB-01	Huayco	Tambillo Grande	3/01/2011
3	DL-MDB-02	Deslizamiento	Río Tigre	19/11/2012
4	DL-MDB-03	Deslizamiento	Santa Ana	20/12/2014
5	DL-MDB-04	Deslizamiento	Santa Ana	20/12/2014
6	DL-MDB-05	Deslizamiento	Santa Ana	20/12/2014
7	DL-MDB-06	Deslizamiento	Lota	6/01/2015
8	DL-MDB-07	Deslizamiento	San Andrés	7/01/2015
9	DL-MDB-08	Deslizamiento	Las palmas	22/05/2016
10	DL-MDB-09	Deslizamiento	Río Tigre	21/11/2018
11	DL-MDB-10	Deslizamiento	Tambillo Grande	2/12/2018
12	DL-MDB-11	Deslizamiento	Santa Rosa de Quezada	30/01/2019
13	DL-MDB-12	Deslizamiento	Las palmas	4/04/2019
14	DL-MDB-13	Deslizamiento	Las palmas	5/04/2019
15	DL-MDB-14	Deslizamiento	Bella alta	1/01/2020
16	DL-MDB-15	Deslizamiento	Tahuantinsuyo	7/01/2020
17	DL-MDB-16	Deslizamiento	Cayumba	8/01/2020
18	DL-MDB-17	Deslizamiento	Las Orquideas	9/01/2020
19	DL-MDB-18	Deslizamiento	Los Ángeles	17/02/2020
20	DL-MDB-19	Deslizamiento	Tambillo Grande	9/07/2020
21	DL-MDB-20	Deslizamiento	Las palmas	14/11/2020
22	DL-MDB-21	Deslizamiento	Las palmas	14/11/2020
23	H-MDB-02	Huayco	Las palmas	14/11/2020
24	DL-MDB-22	Deslizamiento	Las palmas	14/11/2020
25	DL-MDB-23	Deslizamiento	Inti	1/12/2020

**SIMBOLOGÍA**

Red vial	Límites MDB Distrito	Centros Poblados
Red vial Nacional	Distritos Leoncio Prado	Capital Distritos
Rios	Areas Naturales Protegidas	Zonas Urbanas
		Aeropuerto

0 1 2 4 6 8 10 12 Kilometros

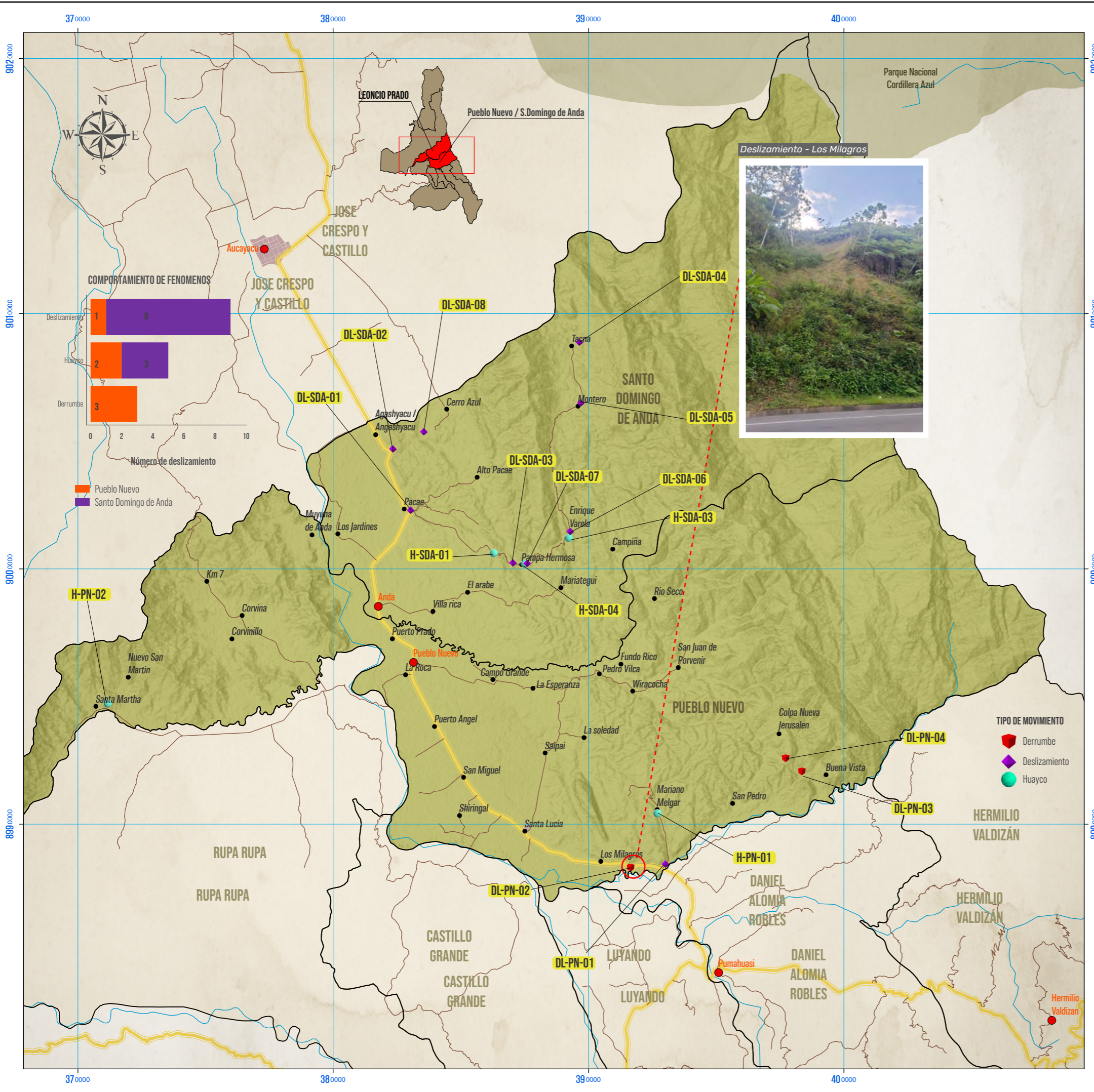
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Tesis: ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO

Mapa: **INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAÚN**

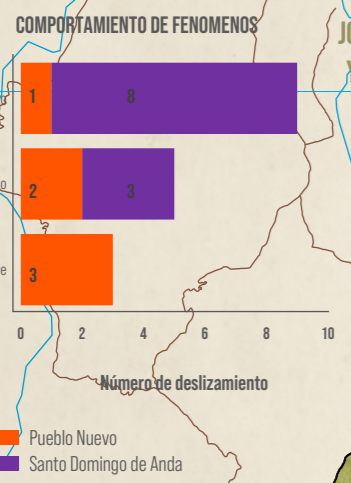
Fuente: Centros Poblados INGE Límites Provincial y Distrital Red Vial Nacional y Vecinal	Proyección: UTM Datum Horizontal: WGS 1984 Zona o Huso: 18 Sur
Elaborado por: Bach. Acha Alhuay, Norma Ines	Asesor: Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE
Fecha: 13/12/2021	Escala: 1:150,000

**MAPA N°: 6/7**



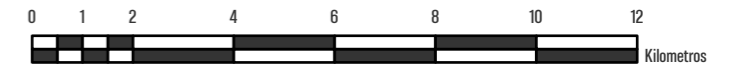
**REGISTROS DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO Y SANTO DOMINGO DE ANDA**

N°	Código	Tipo de evento	Localidad	Fecha
1	DL-PN-01	Deslizamiento	Pendecia	6/01/2006
2	H-PN-01	Huayco	Mariano Melgar	14/03/2011
3	H-PN-02	Huayco	Pueblo Nuevo	1/03/2017
4	DL-PN-02	Derrumbe	Los Milagros	15/01/2020
5	DL-PN-03	Derrumbe	Buena Vista	10/03/2020
6	DL-PN-04	Derrumbe	La colpa	10/03/2020
7	H-SDA-01	Huayco	Pacae	16/12/2011
8	H-SDA-02	Huayco	Pampa Hermosa	22/02/2012
9	DL-SDA-01	Deslizamiento	Pacae	16/01/2015
10	DL-SDA-02	Deslizamiento	Angashyacu	25/11/2018
11	DL-SDA-03	Deslizamiento	Pampa Hermosa	25/11/2018
12	H-SDA-03	Huayco	Enrique Varela	26/03/2019
13	DL-SDA-04	Deslizamiento	Tacna	25/02/2020
14	DL-SDA-05	Deslizamiento	Montero	25/02/2020
15	DL-SDA-06	Deslizamiento	Enrique Varela	25/02/2020
16	DL-SDA-07	Deslizamiento	Pampa Hermosa	25/02/2020
17	DL-SDA-08	Deslizamiento	Cerro Azul	11/03/2020



**SIMBOLOGÍA**

- Red vial**
  - Red vial vecinal
  - Red vial Nacional
- Límites**
  - PN Y SDA Distritos
  - Distritos Leoncio Prado
  - Rios
  - Áreas Naturales Protegidas
- Centros Poblados**
  - Centros Poblados
  - Capital Distritos
  - Zonas Urbanas
  - Aeropuerto



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

Tesis: **ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUÁNUCO**

Mapa: **INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO Y SANTO DOMINGO DE ANDA**

Fuente: Centros Poblados INGE, Límites Provincial y Distrital, Red Vial Nacional y Vecinal

Proyección: UTM, Datum Horizontal: WGS 1984, Zona o Huso: 18 Sur

Elaborado por: Bach. Acha Alhuay, Norma Ines | Asesor: Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE

Fecha: 13/12/2021 | Escala: 1:150,000 | **MAPA N°: 7/7**