

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y FACTORES CAUSANTES DE  
DESLIZAMIENTOS EN LA CARRETERA CACLIC - LUYA LAMUD**

**Autor: Bach. Julio César Junior Faichin Guzmán**

**Asesor: Ing. Manuel Eduardo Aguilar Rojas**

**Registro:**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2023**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



## ANEXO 3-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Faichin Guzmán Julio César Junior  
DNI N°: 75707263  
Correo electrónico: 051019a122@untram.edu.pe  
Facultad: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental  
Escuela Profesional: Ingeniería Civil

#### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

#### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD Y FACTORES CAUSANTES DE DESLIZAMIENTOS EN LA CARRETERA CAELIC-LUYA 2AMUO

#### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Aguilar Rojas Manuel Eduardo  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 26.09.1873 (<https://orcid.org/0000-0002-0407-5734>)  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>)

#### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_  
DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>)

#### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
2.00.00--Ingeniería civil/2.01.01--Ingeniería civil

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

#### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 22 de 06 de 2023

Firma del autor 1  
  
Firma del Asesor 1

\_\_\_\_\_  
Firma del autor 2  
\_\_\_\_\_  
Firma del Asesor 2

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su esfuerzo y apoyo incondicional en todo momento para poder cumplir mis sueños y metas.

A mi familia por el cariño y apoyo emocional brindado.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por su protección y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de nuestras vidas.

A mis padres por su confianza y apoyo incondicional durante todo este proceso, siendo los principales pilares durante toda mi carrera.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por sus enseñanzas, conocimientos, experiencias compartidas y la formación como ingeniero.

Y a cada uno de los compañeros de clase y amigos por su apoyo y amistad.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph. D. Jorge Luis Maicelo Quintana  
**RECTOR**

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres  
**VICERRECTOR ACADÉMICO**

Dra. María NellyLuján Espinoza  
**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Ph. D. Ricardo E. Campos  
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Determinación de la Vulnerabilidad y Factores Causantes de Deslizamientos en la Carretera Caotic-Luxa Lamud; del egresado Bach. Sullo César Junior Faichin Guzmán de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 10 de mayo de 2023



Firma y nombre completo del Asesor

Bach. Manuel Eduardo Aguilar Rojas

**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



---

**PRESIDENTE**

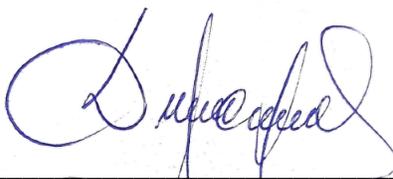
**Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz**



---

**SECRETARIO**

**Ing. Emanuel Tafur Revilla**



---

**VOCAL**

**Ing. Domingo Cabos Carrera**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y FACTORES CAUSANTES DE DESLIZAMIENTOS EN LA CARRETERA CAELIC - LUYA - LAMUD

presentada por el estudiante ( ) egresado (X) Julio César Junior Faichin German  
de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

con correo electrónico institucional 0510190122@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 12 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 02 de Octubre del 2023

Emanuel Tafur Revilla  
Ing. Emanuel Tafur Revilla

SECRETARIO

Domingo Cabos Carrera  
Ing. Domingo Cabos Carrera  
VOCAL

Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

Ninguna

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 26 de octubre del año 2023, siendo las 17:30 horas, el aspirante: Bach. FAICHIN GUZMÁN, Julio César Jurnos, asesorado por Ing. Manuel Eduardo Aguilar Rojas defiende en sesión pública presencial (X) / a distancia ( ) la Tesis titulada: DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y FACTORES CAUSANTES DE DESLIZAMIENTOS EN LA CARRETERA CACUC - CUYA CAMUJ, para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Dr. Edwin Adolfo Diaz Ortiz

Secretario: Ing. Emanuel Tapir Revilla

Vocal: Ing. Domingo Cabos Carrera

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X) por Unanimidad (X)/Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 18:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

emanuel tapir revilla  
SECRETARIO

Domingo Cabos Carrera  
VOCAL  
DOMINGO CABOS CARRERA  
INGENIERO CIVIL

Edwin Adolfo Diaz Ortiz  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

Ninguna

## ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

### Contenido

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	V
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	VI
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	VII
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS .....	VIII
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS .....	IX
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
I. INTRODUCCIÓN .....	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
III. RESULTADOS.....	29
FACTORES INTRÍNSECOS .....	29
IV. DISCUSIÓN .....	41
V. CONCLUSIONES .....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
VIII. ANEXOS.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTACIONES HIDROLÓGICAS RELEVANTES EN NUESTRA ZONA DE ESTUDIO .....	19
TABLA 2. PENDIENTE .....	29
TABLA 3. LITOLÓGÍA .....	30
TABLA 4. CONTENIDO DE HUMEDAD .....	30
TABLA 5. PRECIPITACIÓN .....	31
TABLA 6. INTENSIDADES SÍSMICAS .....	32
TABLA 7. CLASIFICACIÓN FINAL DEL ÁREA .....	32
TABLA 8. DATOS HIDROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN MAGUNCHAL .....	49
TABLA 9. DATOS HIDROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN EL PINTOR .....	50
TABLA 10. DATOS HIDROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN CHACHAPOYAS.....	51
TABLA 11. DATOS HIDROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN QUEBRADA SHUGAR .....	52
TABLA 12. RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE (MM/DÍA) .....	53
TABLA 13. FACTOR INTRÍNSECO: PENDIENTE.....	55
TABLA 14. FACTOR INTRÍNSECO: LITOLÓGÍA.....	55
TABLA 15. CLASIFICACIÓN DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL.....	56
TABLA 16. FACTOR INTRÍNSECO: HUMEDAD RELATIVA DEL SUELO.....	57
TABLA 17. FACTOR DE ACTIVACIÓN: INTENSIDAD DE SISMOS .....	57
TABLA 18. FACTOR DE ACTIVACIÓN: INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN .....	58
TABLA 19. CLASIFICACIÓN POR ÍNDICE DE VULNERABILIDAD .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE LA ZONA DE ESTUDIO: CARRETERA CACLIC – LUYA .....	18
FIGURA 1. CUADRO DE LA METODOLOGÍA MORA VAHRSON .....	20
FIGURA 2. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – ESTACIÓN MAGUNCHAL.....	24
FIGURA 3. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – ESTACIÓN MAGUNCHAL.....	24
FIGURA 4. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – ESTACIÓN EL PINTOR.....	25
FIGURA 5. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – ESTACIÓN EL PINTOR.....	25
FIGURA 6. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – ESTACIÓN CHACHAPOYAS.....	26
FIGURA 7. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – ESTACIÓN CHACHAPOYAS.....	26
FIGURA 8. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – QUEBRADA SHUGAR .....	27
FIGURA 9. PROCESAMIENTO DE DATOS EN HIDROESTA – ESTACIÓN QUEBRADA SHUGAR .....	27
FIGURA 10. MAPA DE FACTOR PENDIENTE .....	34
FIGURA 11. MAPA DE FACTOR DE HUMEDAD DEL SUELO .....	35
FIGURA 12. MAPA DE FACTOR LITOLÓGICO.....	36
FIGURA 13. MAPA DE FACTOR DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN .....	37
FIGURA 14. MAPA DE FACTOR DE INTENSIDADES SÍSMICAS.....	38
FIGURA 15. MAPA DE FACTORES COMBINADOS.....	39
FIGURA 16. MAPA DE VULNERABILIDAD Y CLASIFICACIÓN DEL PELIGRO .....	40
FIGURA 17. MAPA DE INTENSIDADES SÍSMICAS EN LA ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA DEL PERÚ .....	47
FIGURA 18. MAPA GEOLÓGICO DEL PERÚ.....	48
FIGURA 19. FOTOGRAFÍA KM 0+300.00 – KM 0+350.00.....	60
FIGURA 20. FOTOGRAFÍA KM 0+450.00 GAVIÓN .....	60
FIGURA 21. FOTOGRAFÍA KM 0+750.00 Y KM 0+850.00.....	61
FIGURA 22. FOTOGRAFÍA KM 1+300.00 – KM 1+400.00.....	61
FIGURA 23. FOTOGRAFÍA KM 1+670.00 – KM 1+700.00.....	62
FIGURA 24. FOTOGRAFÍA KM 2+050.00 Y KM 2+190.00.....	62
FIGURA 25. FOTOGRAFÍA KM 2+680.00 – KM 2+710.00.....	63
FIGURA 26. FOTOGRAFÍA KM 6+650.00 .....	63

## RESUMEN

En nuestro entorno accidentado el riesgo de deslizamientos es un peligro latente que tiene como consecuencia la interrupción de la comunicación de nuestras vías terrestres que terminan en pérdidas económicas y en los peores casos hasta vidas humanas. Con esta investigación se buscó obtener un precedente por medio de la metodología Mora Vahrson para calcular la vulnerabilidad a deslizamientos en la carretera Caclic – Luya Lamud, a través de información brindada por el expediente técnico para la construcción de dicha carretera, la información del SENAMHI para lluvias, GEO GPS PERÚ para la litología y CISMID/FIC – UNI para el mapa de intensidades sísmicas. La información se procesó con ayuda de un software especializado donde se obtuvo un mapa para cada factor clasificado apreciando el comportamiento de cada uno de ellos en la carretera. Posteriormente se combinaron los factores obteniendo el mapa de vulnerabilidad, el cual identifica los sectores en donde existe mayor riesgo a deslizamientos. Se obtuvo un rango de valores entre 0 y 180 de índice de vulnerabilidad los cuales se clasifican entre un nivel de riesgo muy bajo a mediano, estando las zonas más críticas entre el km 5 y el km 7 de la zona de estudio.

**Palabras clave:** vulnerabilidad a deslizamientos, factores intrínsecos, factores de activación, zonificación de riesgo.

## ABSTRACT

In our rugged environment, the risk of landslides is a latent danger that results in the interruption of the communication of our land routes that end in economic losses and in the worst cases even human lives. With this investigation, we sought to obtain a precedent through the Mora Vahrson methodology to calculate the vulnerability to landslides on the Caclic - Luya Lamud highway, through information provided by the technical file for the construction of said highway and information from SENAMHI for rains, GEO GPS PERU for the lithology and CISMID/FIC – UNI for the map of seismic intensities. The information was processed with the help of specialized software where a map was obtained for each classified factor, appreciating the behavior of each of them on the road. Subsequently, the factors were combined obtaining the vulnerability map, which identifies the sectors where there is a greater risk of landslides. A range of values between 0 and 180 of the vulnerability index was obtained, which are classified between a very low to medium level of risk, with the most critical areas being between km 5 and km 7 of the study area.

**Keywords:** vulnerability to landslides, intrinsic factors, activation factors, risk zoning.

## I. INTRODUCCIÓN

Cada vez que ocurren las interrupciones de nuestras vías debido a los deslizamientos somos testigos de los problemas que traen consigo, dentro de ellos la incomunicación de nuestras vías, pérdidas económicas por el desabastecimiento, por daños a las propiedades y en algunos casos hasta pérdida de vidas humanas. Según el inventario de peligros geológicos del Perú en el departamento de Amazonas más del 30% del total de peligros son de deslizamientos (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2017), se desconoce cuáles son las áreas específicas más vulnerables a deslizarse y por otro lado cuáles son los factores que lo provocan, lo cual conlleva que no se pueda prevenir y saber qué factores son los causantes de estos deslizamientos y en qué medida actúan como culpables de esta vulnerabilidad.

A partir de esto nació nuestro problema ¿Cuál es la vulnerabilidad y factores causantes de deslizamientos en la carretera Caclic – Luya Lamud?

Por eso con esta investigación se indagó en los factores característicos del terreno y también en los factores de activación o detonantes que provocan este tipo de eventos dentro de los cuales tenemos al factor sísmico el cual es preocupante ya que en las zonas donde se tiene un registro de algún incidente sísmico después de haber pasado mucho tiempo sin que este se repita aumenta su probabilidad de ocurrencia (Tavera, 2014) y al factor de precipitación que combinados con la inestabilidad de un talud conlleva a ser un factor desencadenante de deslizamientos (Gómez, 2020), por medio de la metodología Mora Vahrson se buscó conocer cuál es la vulnerabilidad a deslizamientos de la carretera Caclic – Luya Lamud.

En el año 2011 se hizo un estudio sobre la efectividad del método Mora Vahrson, haciendo una revisión entre los deslizamientos y consecuentes avalanchas en los ríos afectados provocados por el terremoto ocurrido en el año 2009 en Cinchona, Alajuela, Alajuela, Costa Rica, el cual tuvo una magnitud de IX en la escala de Mercalli Modificada, un área de ruptura de  $67\text{Km}^2$ . (Red sismológica Nacional, 2009). Se dio por conclusión que el método resultó tener la suficiente precisión al compararse los deslizamientos ocurridos con las áreas de mayor peligro definidas por la metodología. (Barrantes et al., 2011).

En Costa Rica (Chaverri, 2016) tras usar la metodología Mora-Vahrson en la micro cuenca del Río Macho logró identificar zonas de medio y alto grado de vulnerabilidad a deslizamientos y determinando que los factores que identifican las zonas más vulnerables son la pendiente y la litología para su zona de estudio, también (Quesada & Feoli, 2018) hizo su investigación en la misma zona para comparar dos metodologías encontrando que las zonas de grado de vulnerabilidad medio tienen relación con precipitaciones altas, pendientes de un grado medio y geología de origen volcánico y aluvial mientras que las zonas de grado de vulnerabilidad alta tienen relación con precipitaciones altas, pendientes de un grado alto y geología de origen volcánico.

En 2018 se hizo un estudio el sector centro norte de la ciudad de Toluca en México sobre su susceptibilidad a deslizamientos cambiando algunos parámetros de la metodología sin quitarle relevancia a los resultados los cuales mostraron que el 35% y el 25% del área de estudio se encuentra en un nivel medio y alto de susceptibilidad respectivamente y el 10% con una susceptibilidad muy alta (Esquivel, 2018).

En la Ciudad de Huancavelica, Departamento de Huancavelica se usó también la metodología Mora Vahrson en la zona denominada Santa Barbara, obteniendo como resultados combinar los factores intrínsecos y con la precipitación y la sismicidad también se obtuvo una susceptibilidad media en las áreas de mayor riesgo. (De La Cruz & Tunque, 2015).

Mg. Alejandro Lagos en 2015 en Cajamarca, logro identificar las áreas de inestabilidad y determinar los porcentajes de inestabilidad siendo la del factor litológico y el factor tectónico los de mayor porcentaje por lo tanto son los factores que mayor riesgo dan a la zona que estudió. (Lagos, 2015). En una zona geográfica cercana en el tramo vial Pedro Ruiz – Cocahuayco, Amazonas, (Iliquín, 2019) clasificó su área de estudio encontrando los porcentajes de área correspondientes a cada nivel de peligro encontrándose más del 85% en un nivel bajo después de haber identificado los distintos factores que causan deslizamientos tanto los detonantes como los factores propios de la zona, de igual forma en la subcuenca del río Ancash – Yungay (Tarazona, 2018) identificó que casi el 40% de su área de estudio se encontraba en un nivel de peligro medio, dentro de los cuales los sectores críticos tienden a activarse con las precipitaciones altas.

Para esta investigación se tomaron datos del expediente técnico del proyecto de la construcción de esta carretera para la obtención de la pendiente de nuestra zona de estudio, los datos hidrológicos fueron tomados de la página del SENAMHI para las lluvias y para la evapotranspiración, de la página de GEO GPS PERÚ para la litología y CISMID/FIC – UNI para el mapa de intensidades sísmicas en la escala de Mercalli Modificada.

Los resultados obtenidos nos mostraron a través de mapas cómo se comportan cada uno de los factores ya clasificados según la metodología Mora Vahrson, los factores intrínsecos se multiplicaron y este producto se multiplico por la suma de los factores de activación así se obtuvo un rango de valores entre 0 y 180 de índice de vulnerabilidad los cuales se clasifican en un rango de vulnerabilidad entre un nivel de riesgo muy bajo a un nivel de riesgo mediano, encontrándose las áreas más críticas entre los km 5 al km 7.

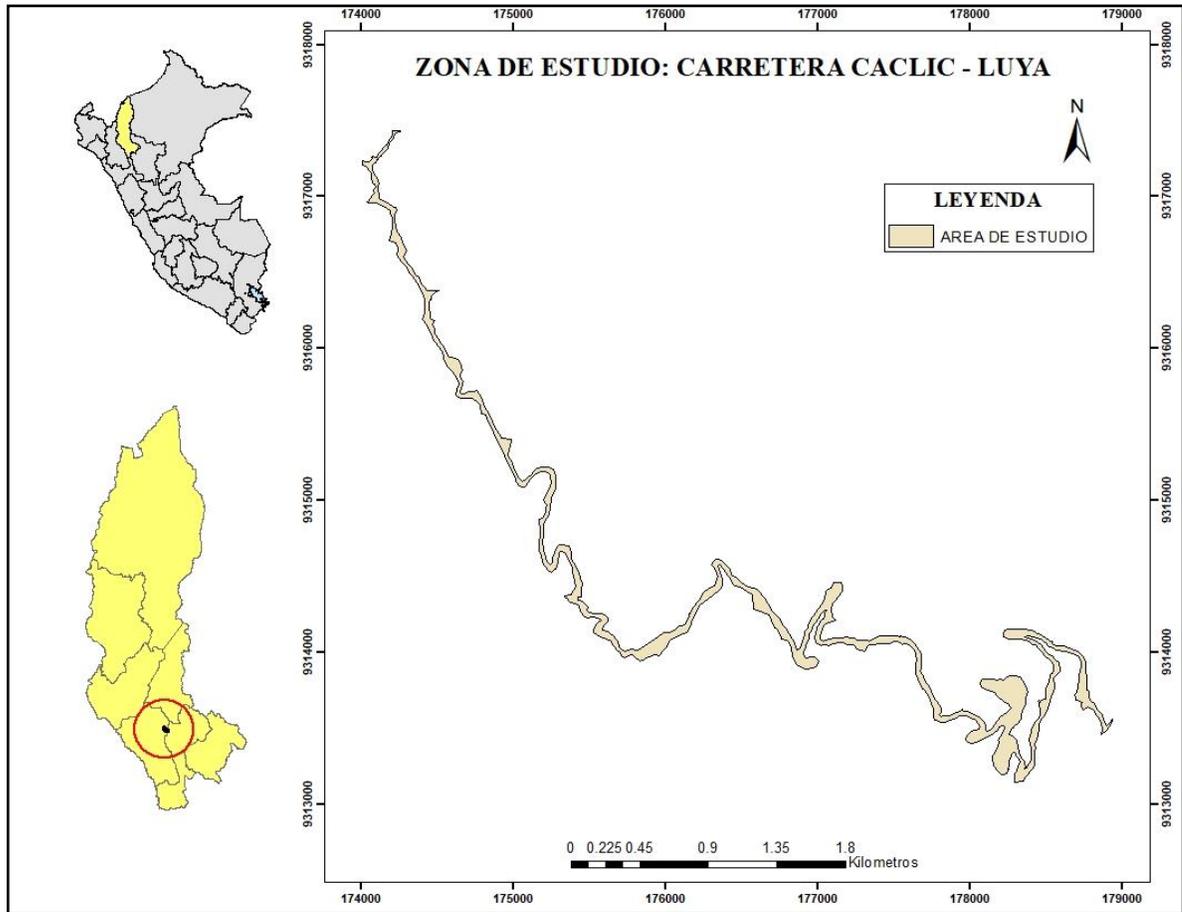
Después de hacer un recorrido por la carretera se identificaron zonas de derrumbes en el ANEXO 3. que el contratista encargado de la construcción de la carretera mitigó con mallas geosintéticos coincidiendo la ubicación de muchas de ellas con el mapa final de vulnerabilidad obtenido en esta investigación, pero con el que más relación tiene es con el mapa del factor litológico y las zonas más críticas según su clasificación para este factor.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### Ubicación y Zonificación

La ubicación de la zona de estudio del proyecto:

**Figura 1.** Mapa de la zona de estudio: Carretera Caclic – Luya



### 2.1 Materiales

- **Datos hidrológicos.** - Estos datos se descargaron de la página del SENAMHI. Para esto se escogieron las estaciones más cercanas a nuestra zona de estudio que aporten la información que necesitamos para nuestra investigación. Estos datos nos fueron útiles tanto para el factor de precipitación como para el factor de humedad del suelo.

**Tabla 1.** Estaciones hidrológicas relevantes en nuestra zona de estudio

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Periodo</b>
<b>Magunchal</b>	Amazonas Utcubamba Jamalca	5°53'25.36 ''	78°11'20.83''	632 m.s.n.m.	1985- 2014
<b>El Pintor</b>	Amazonas Utcubamba Bagua Grande	5°48'1''	78°33'1''	973 m.s.n.m.	1980- 2014
<b>Chachapoyas</b>	Amazonas Chachapoyas Chachapoyas	6°12'29.88 ''	77°52'1.62''	2442m.s.n.m.	1992- 2019
<b>Quebrada Shugar</b>	Cajamarca Hualgayoc Bambamarca	8°41'16''	78°27'25''	3292m.s.n.m.	1961- 2014

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Datos topográficos** de la zona de estudio. - Esta información se obtuvo del expediente técnico del proyecto “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CACLIC-LUYA-LAMUD, REGIÓN AMAZONAS”.

- **Datos de sismos.** - Estos datos se obtuvieron del Mapa de intensidades sísmicas en la escala de Mercalli Modificada del Perú de la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.

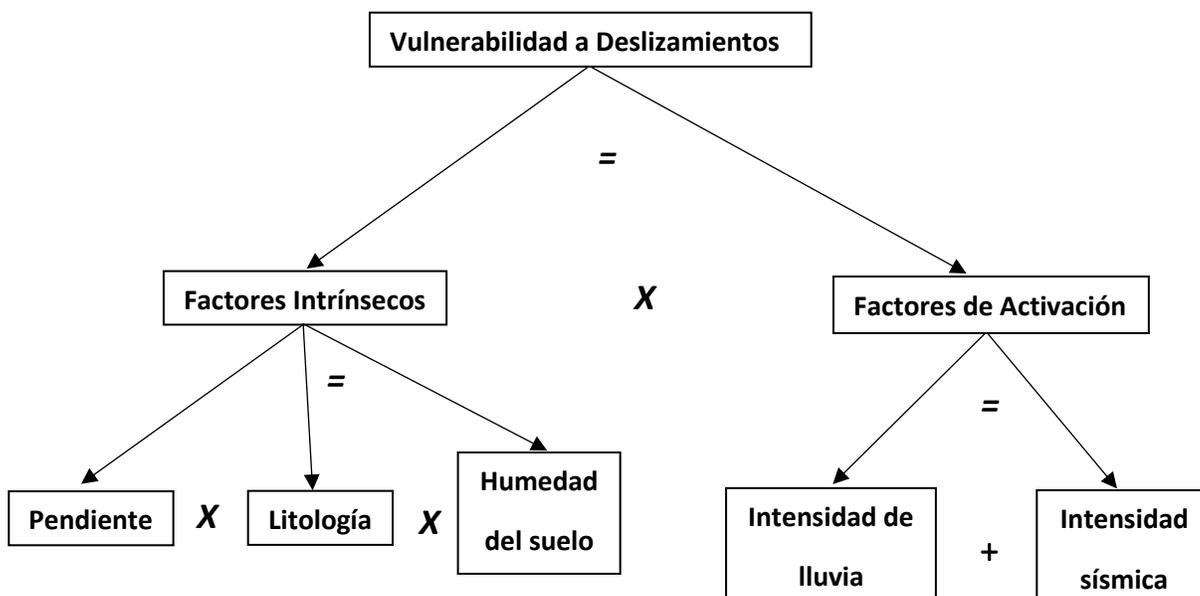
- **Datos de litología.** – La información sobre la litología de nuestra zona de estudio se obtuvo del Mapa geológico del Perú. Este se obtuvo de la página de GEO GPS PERÚ.

## 2.2 Metodología

La metodología que se usó es la denominada Mora – Vahrson, este es un sistema simple de aplicar y de bajo costo, el cual permitió una clasificación rápida de la zona sobre su vulnerabilidad a deslizamientos, en base a indicadores intrínsecos (pendiente, litología y humedad del suelo) e indicadores de activación (intensidad sísmica e intensidad de lluvia).

**Figura 2.** Cuadro de la Metodología Mora Vahrson

**Metodología Mora Vahrson**



*Fuente:* Adaptación (Chaverri, 2016), Figura 6. – pagina 32.

### 2.1. Factores intrínsecos SUSC

Para estos factores se usaron las características propias de la zona, las propiedades mecánicas de sus materiales, así como su comportamiento pasivo, esto se definió a través de la pendiente, su composición litológica y la humedad del suelo.

#### **Factores intrínsecos:**

##### **a. Factor de pendiente**

Primero se obtuvo las curvas de nivel en base a un levantamiento topográfico obtenido del expediente técnico para el proyecto “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CACLIC-LUYA-LAMUD, REGIÓN AMAZONAS”, primero se ingresó los datos de las coordenadas de los puntos con su respectivo valor de altitud, se generó las curvas de nivel y posteriormente se convirtió en un mapa de pendientes en base a grados, cabe decir que también se puede usar la pendiente en base a porcentaje, pero para esta investigación se usó grados, luego se reclasificó en base a la **Tabla 13.** del Anexo 02, así se obtuvo el **Mapa de factor Pendiente.**

### **b. Factor de litología**

Para este factor se usó información brindada por el mapa geológico del Perú el cual se fue recortando primero al mapa de Amazonas luego al de las provincias respectivas de interés y por último a la zona de estudio. Luego se clasificó usando la **Tabla 14.** del Anexo 02, haciendo una comparación entre los grupos litológicos y las características brindadas por el método, con esto se obtuvo el **Mapa de factor Litológico.**

### **c. Factor de humedad del suelo**

Para este factor primero se calculó la evapotranspiración con la fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985)

$$ET_0 = 0.0135 (t_{med} + 17.78)R_s \quad (1)$$

Donde:

$ET_0$  = Evapotranspiración potencial (mm/día)

$t_{med}$  = Temperatura media (C°)

$R_s$  = Radiación solar incidente transformada en (mm/día)

$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0.5} \quad (2)$$

Donde:

$R_s$  = Radiación solar incidente

$R_0$  = Radiación solar extraterrestre

KT = Coeficiente empírico de presión atmosférica

$t_{max}$  = temperatura por día máx

$t_{min}$  = temperatura por día mín

Nota: El coeficiente KT se calcula en base a la presión atmosférica, sin embargo, Hargreaves sugiere usar  $KT=0.162$  para las regiones del interior y  $K=0.19$  para regiones que se encuentren en la costa.

Posteriormente se obtuvo el valor de 129.7 mm/mes para nuestra zona de estudio, además para tener una infiltración significativa se necesita al menos 40 mm de lluvia acumulada en 10 días, lo que corresponde a aproximadamente 125 mm/mes (Mora y Vahrson, 1994).

Con estos datos obtenemos la **Tabla 15**, ya adaptada de acuerdo a nuestra zona de estudio. Luego se obtuvo los valores de la precipitación media mensual máxima por cada mes de las estaciones pluviométricas de nuestra zona de estudio, estos valores se clasificaron con la **Tabla 15**, obtenida anteriormente.

Posteriormente se sumó el índice de precipitación de los 12 meses de cada estación pluviométrica, estos valores se clasificaron con la **Tabla 16**, y así obtener el valor de la humedad relativa del suelo. Y tomando las coordenadas de las estaciones y como valor Z los valores encontrados de **Sh** de cada estación respectivamente y con un mapa de isoyetas se aproximó los resultados a nuestra zona de interés obteniendo el **Mapa de factor de Humedad del Suelo**.

$$SUSC = Sr * Sl * Sh \quad (3)$$

**Donde:**

**SUSC:** Vulnerabilidad intrínseca

**Sr:** Factor pendiente

**Sl:** Factor de Litología

**Sh:** Humedad del suelo

*Fuente:* (Mora & Vahrson, 1994)

## 2.2. Factores desencadenantes o de activación TRIG

Estos son el resultado de la combinación de los factores externos que son los causantes o los que activan los deslizamientos. Los factores externos que se usaron fueron la intensidad sísmica y la intensidad de lluvia con un tiempo de 100 años de probabilidad de ocurrencia.

### **A. Factor de intensidad de sismos**

Para este factor se usó el mapa de Intensidades Sísmicas a nivel nacional del CISMID/FIC-UNI, del cual se recortó primero el mapa de Amazonas y luego el área de estudio, para luego clasificar este mapa con la **Tabla 17.** para asignarle un valor de acuerdo a la intensidad.

Luego de clasificarlo y asignarle su respectivo valor de Factor de sismos se pudo observar cómo se distribuye este factor en nuestra zona de estudio y se obtuvo **Mapa de Factor de Intensidades Sísmicas.**

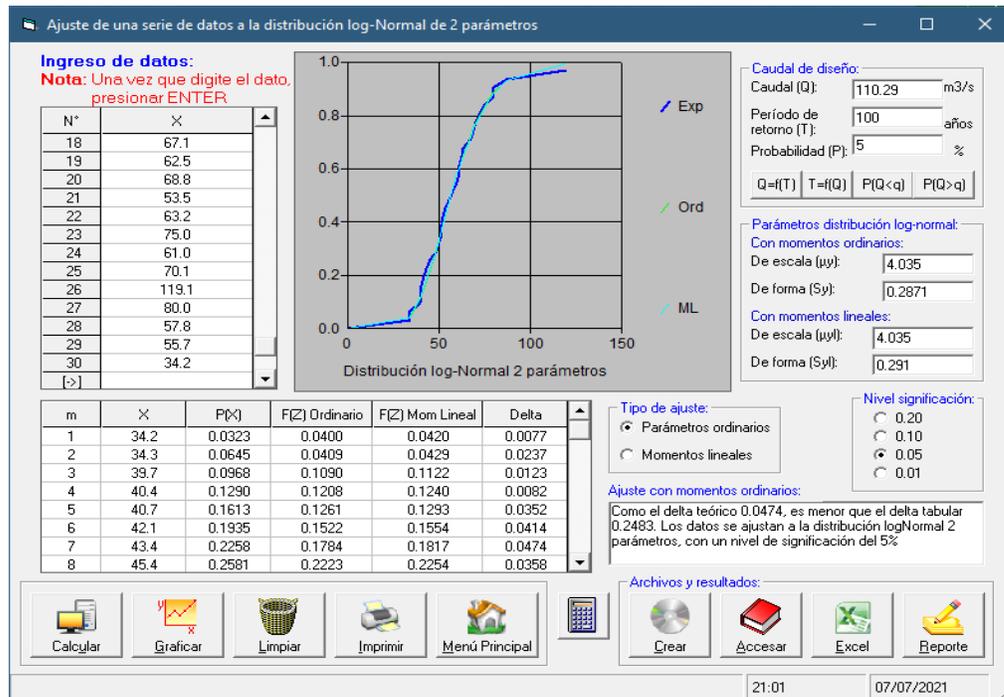
### **B. Factor de intensidad de precipitación**

Para este factor se usó los datos de 4 estaciones meteorológicas con el máximo valor de lluvia durante 24 horas, los valores tomados de las estaciones se trabajaron obteniendo primero los máximos por mes y posteriormente por año para luego todos estos valores trabajarlos por el método de Gumbel y así se obtuvo su valor para un tiempo de retorno de 100 años.

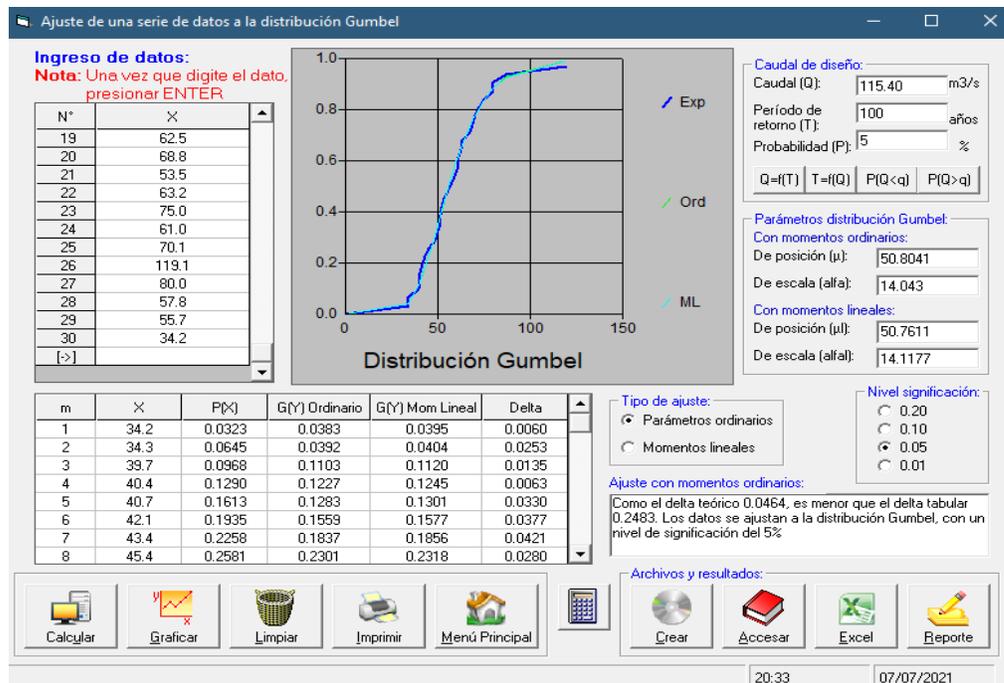
### **Lluvias con periodo de retorno de 100 años**

Se recogió datos de 4 estaciones diferentes de las cuales se procesó los datos que tenían disponibles seleccionando los máximos valores de precipitación por mes y posteriormente los máximos valores por año los cuales se usaron en el programa Hidroesta2 con el método Gumbel para obtener cuanto sería el máximo valor para un periodo de retorno de 100 años con una probabilidad de 5%.

**Figura 3.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Estación Magunchal

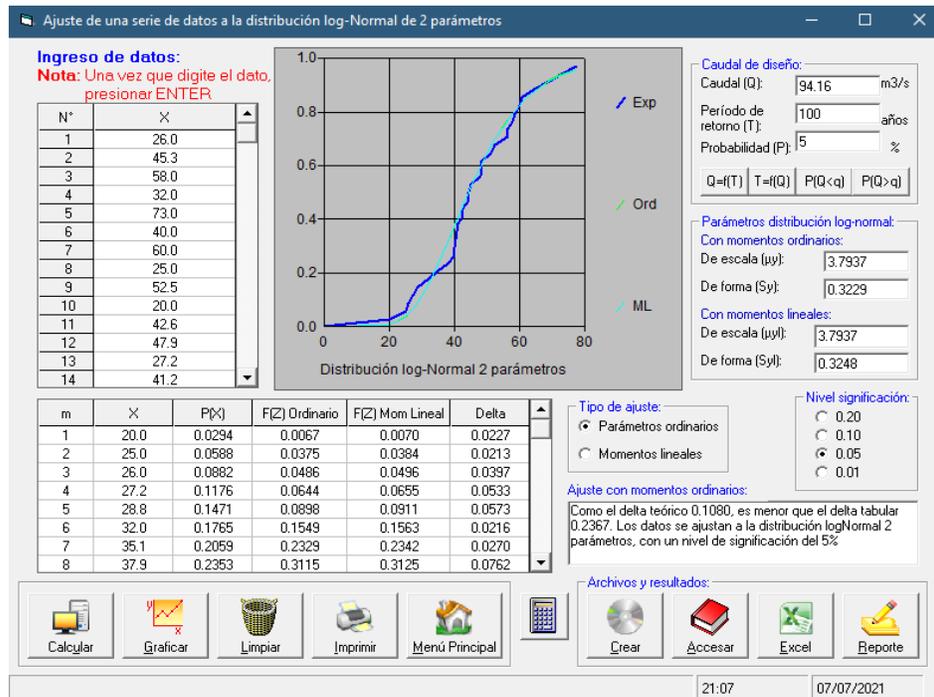


**Figura 4.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Estación Magunchal

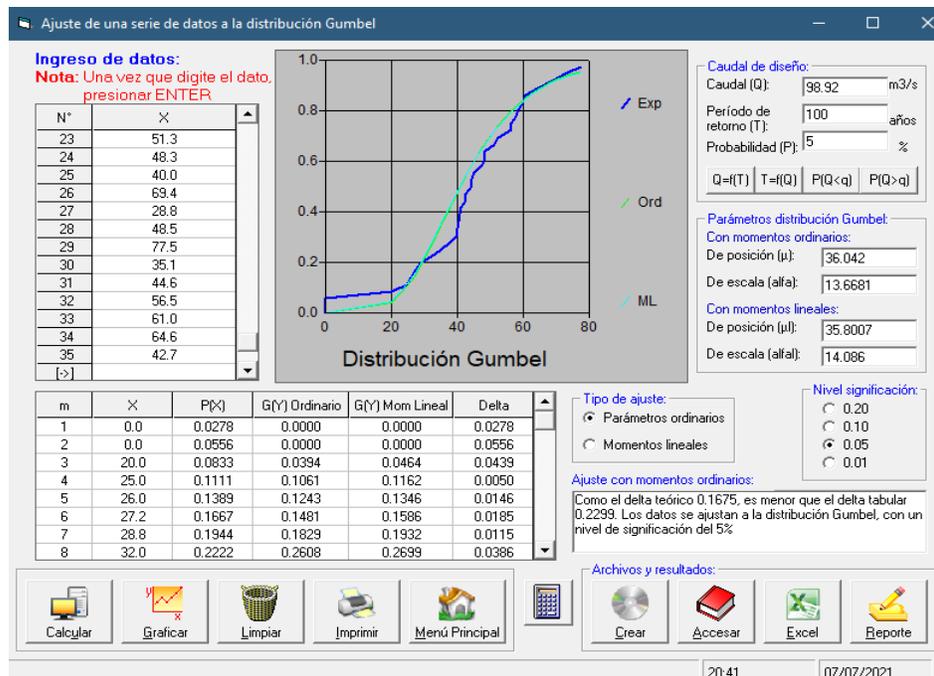


Precipitación máxima con un periodo de retorno de 100 años y una probabilidad de 5%  
 =115.40

**Figura 5.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Estación el Pintor

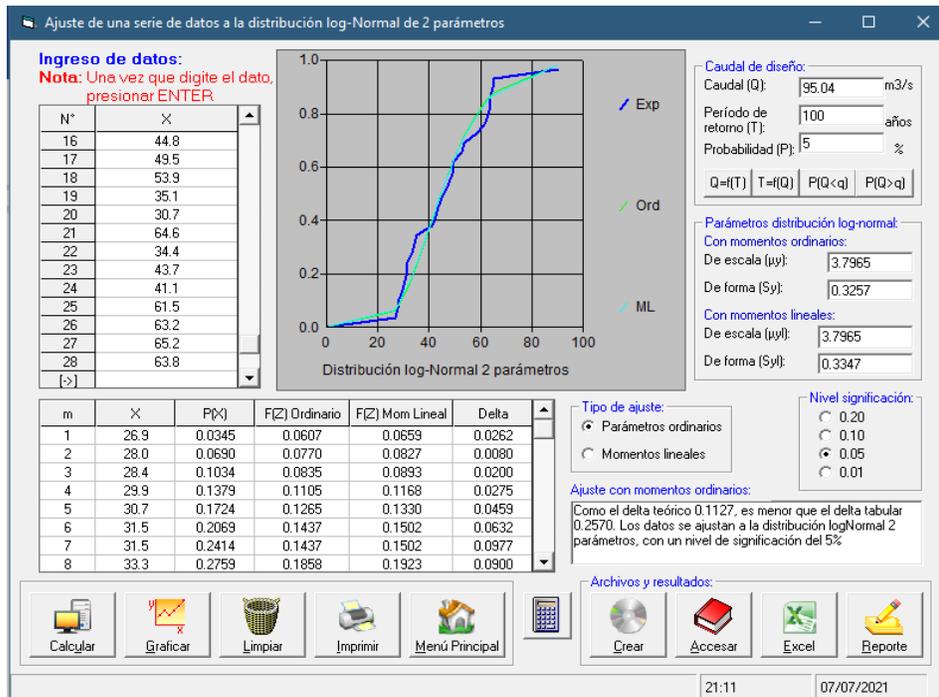


**Figura 6.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Estación el Pintor

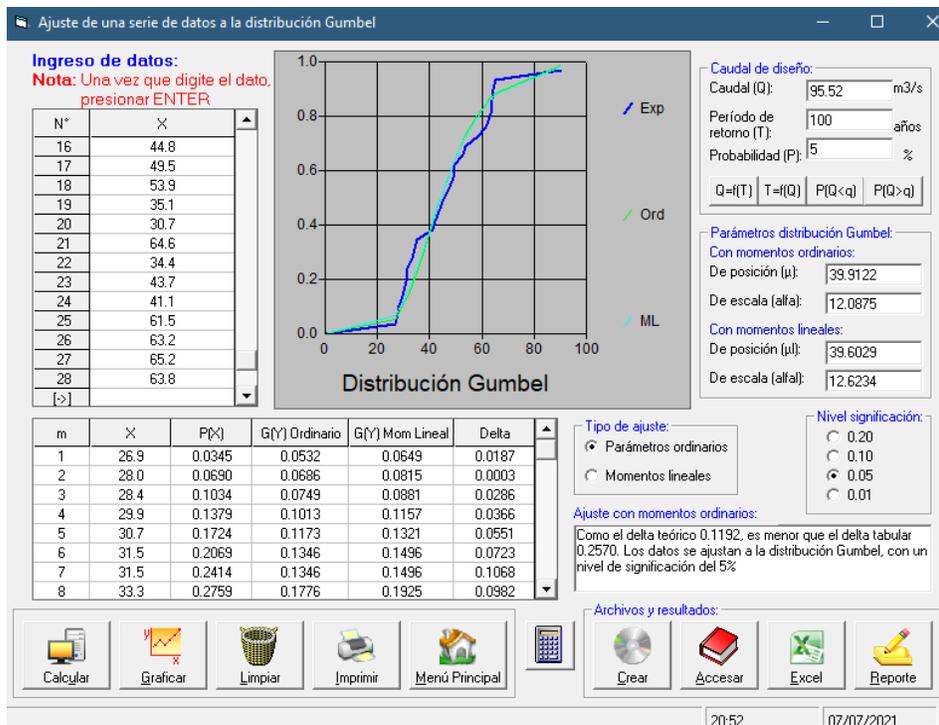


Precipitación máxima con un periodo de retorno de 100 años y una probabilidad de 5%  
 =98.92

**Figura 7.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Estación Chachapoyas.

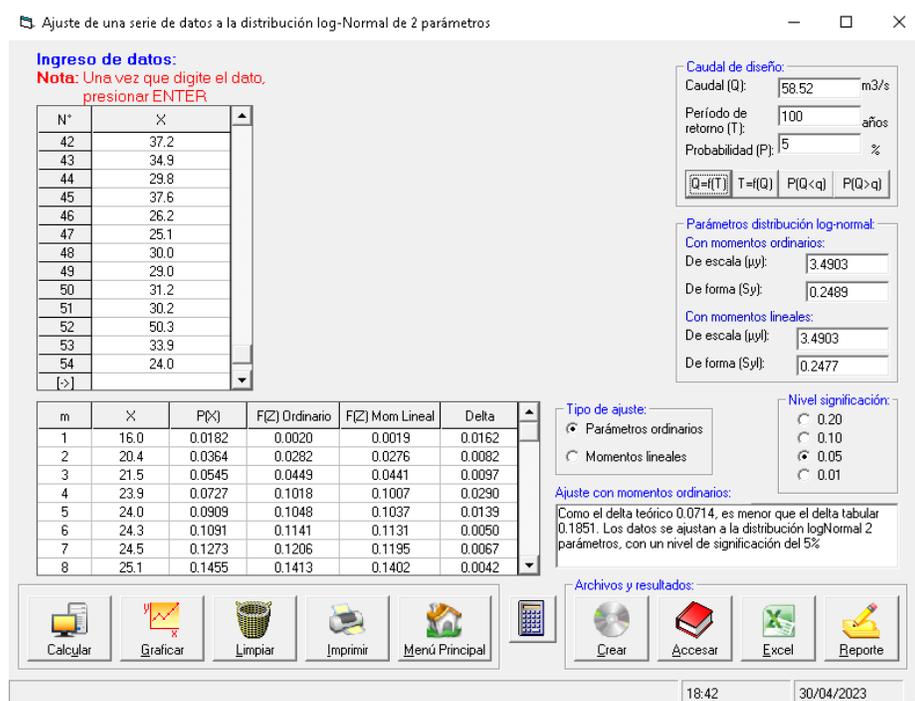


**Figura 8.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Estación Chachapoyas

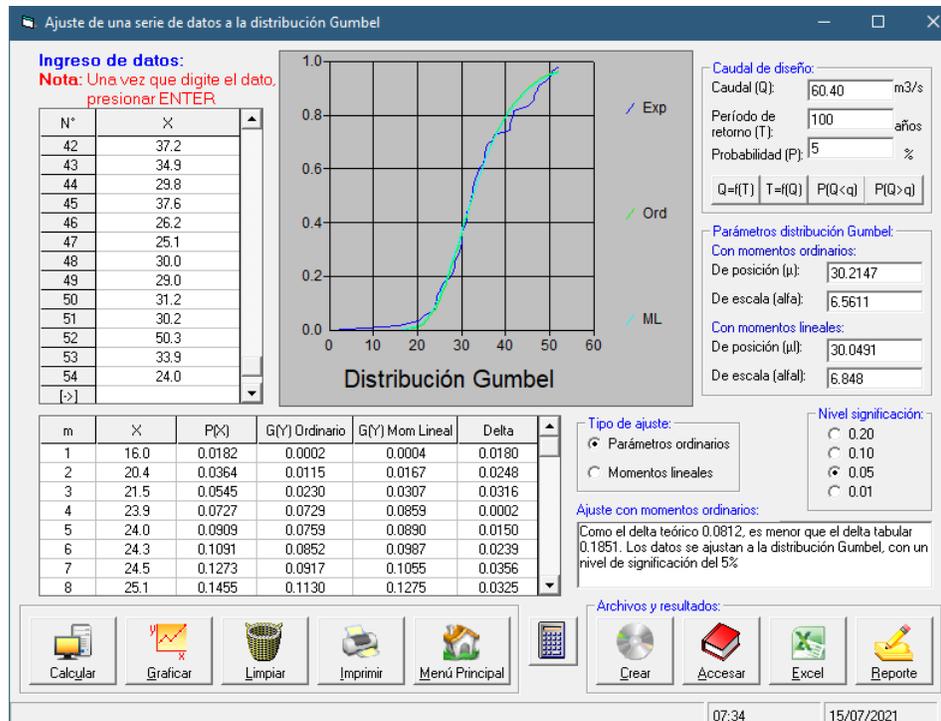


Precipitación máxima con un periodo de retorno de 100 años y una probabilidad de 5% =95.52

**Figura 9.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Quebrada Shugar



**Figura 10.** Procesamiento de datos en Hidroesta – Estación Quebrada Shugar



Precipitación máxima con un periodo de retorno de 100 años y una probabilidad de 5% =60.40

Luego se clasificó con la **Tabla 18.** según sea el máximo valor de lluvia y se le asignará un valor para el factor  $T_p$ .

Después de clasificarlo y asignarle su valor correspondiente de factor de precipitación este fue reemplazado como el valor altitud junto con las coordenadas (x,y) y así por el método de las isoyetas se logró obtener un mapa con el cual se interpolaron los datos para poder saber cómo se comporta el factor precipitación en nuestra zona de estudio.

#### **Mapa de Factor de Intensidad de Precipitación.**

$$TRIG = Ts + Tp \quad (4)$$

**Donde:**

**TRIG:** Factores de activación

**Ts:** Factor de intensidad sísmica

**Tp:** Factor de intensidad de precipitación

*Fuente:* (Mora & Vahrson, 1994)

### **2.3. Nivel de peligro relativo (H) o vulnerabilidad**

Posteriormente a haber obtenido los valores de los factores anteriores se procedió a multiplicar el intrínseco y el de activación obteniendo el índice de vulnerabilidad, luego se clasificó con la tabla 7 con esto se obtiene el potencial de deslizamiento de la zona.

$$H = SUSC * TRIG \quad (5)$$

**Donde:**

**H:** Vulnerabilidad a deslizamientos

**SUSC:** Multiplicación de los índices de factores Intrínsecos

**TRIG:** Suma de los índices de los factores de Activación

Al combinar todos los índices de los factores hallados en esta investigación sumando los factores de activación y multiplicándolos por los factores intrínsecos se logró obtener el mapa final de la investigación **Mapa de Vulnerabilidad y Clasificación del Peligro.**

### III. RESULTADOS

#### FACTORES INTRÍNSECOS

##### - Mapa de pendientes

Con el mapa de pendientes según la **Tabla 13.** del Anexo 2 se obtuvo los siguientes porcentajes según se clasificó:

**Tabla 2.** Pendiente

*Resultados*

Índice de Pendiente	Porcentaje de área	Clasificación
Sr=0	31%	Muy bajo
Sr=1	39%	Bajo
Sr=2	21%	Moderado
Sr=3	09%	Medio
Sr=4	00%	Alto
Sr=5	00%	Muy alto

Los porcentajes representan la cantidad de área de la zona de estudio correspondiente a cada valor del factor pendiente, según el mapa de factor pendiente se puede identificar en nuestra zona de estudio que las zonas más críticas se encuentran entre el km 3 y el km 7 llegando a clasificarse hasta un rango medio.

##### - Mapa de litología

Con el mapa de litología según la clasificación de la **Tabla 14.** del Anexo 2 se obtuvo los siguientes porcentajes según sus características litológicas.

**Tabla 3.** Litología

*Resultados*

<b>Índice Litología</b>	<b>Porcentaje de área</b>	<b>Clasificación</b>
Sl=1	0%	Bajo
Sl=2	13%	Moderado
Sl=3	36%	Medio
Sl=4	51%	Alto
Sl=5	0%	Muy alto

Los porcentajes representan la cantidad de área de la zona de estudio que se encuentra dentro de los valores correspondientes a la clasificación del factor de litología entre moderado y alto estando las zonas más críticas de este factor en nuestra zona de estudio en los km 0 al km 6 y entre el km 12 hasta casi el final del km 13.

**- Mapa de contenido de humedad**

Con el mapa de contenido de humedad según la clasificación de la **Tabla 16.** del Anexo 2 se obtuvo los siguientes porcentajes según los valores de humedad del terreno.

**Tabla 4.** Contenido de humedad

*Resultados*

<b>Índice de Precipitación Acumulada</b>	<b>Porcentaje de área</b>	<b>Clasificación</b>
Sh=1	00%	Muy bajo
Sh=2	100%	Bajo
Sh=3	00%	Medio
Sh=4	00%	Alto
Sh=5	00%	Muy alto

Los porcentajes indican la cantidad de área de la zona de estudio clasificada de acuerdo al contenido de humedad que nos mostró el mapa resultante de este factor, estos resultados se encuentran en una clasificación de contenido de humedad bajo para toda el área de estudio.

## FACTORES DE ACTIVACIÓN

### - Mapa de precipitaciones

El mapa de precipitaciones nos indicó cómo se comportan las lluvias, debido a que la zona de estudio es de un tamaño relativamente menor respecto al área que marcan las estaciones meteorológicas más cercanas a nuestra zona de estudio no se ve variaciones entre los diferentes puntos de la carretera por lo que toda el área de estudio se encuentra con un solo tipo, según la **Tabla 18.** del Anexo 2 se obtuvo los siguientes porcentajes.

**Tabla 5.** Precipitación

*Resultados*

<b>Factor precipitación</b>	<b>Porcentaje de área</b>	<b>Clasificación</b>
Tp=1	0%	Muy bajo
Tp=2	0%	Bajo
Tp=3	100%	Medio
Tp=4	0%	Alto
Tp=5	0%	Muy alto

En este caso como la totalidad del área está dentro del valor de 95mm de precipitación máxima durante 24 horas toda el área de estudio se clasifica como media.

### - Mapa de intensidades sísmicas

El mapa de factor sismo luego de clasificarlo con la **Tabla 17.** del Anexo 2 nos mostró los siguientes porcentajes del terreno.

**Tabla 6.** Intensidades sísmicas*Resultados*

<b>Factor sismo</b>	<b>Porcentaje de área</b>	<b>Clasificación</b>
Ts=1	0%	III-Leve
Ts=2	0%	IV-Moderado
Ts=3	0%	V-Poco fuerte
Ts=4	0%	VI-Fuerte
Ts=5	0%	VII-Muy fuerte
Ts=6	6%	VIII-Destructivo
Ts=7	94%	IX-Ruinoso
Ts=8	0%	X-Desastroso
Ts=9	0%	XI-Muy desastroso
Ts=10	0%	XII-Catastrófico

Los porcentajes representan la cantidad del área del terreno de la zona de estudio que se encuentra entre los niveles VIII y IX que vienen a ser destructivo y ruinoso según la escala de Mercalli Modificada, las cuales se clasifico para el estudio como nivel 6 y 7 para el factor de sismos, la mayor parte de la zona de estudio comprendida entre el km 0 y el km 13 clasificado como ruinoso y del km 13 al km 14 como destructivo.

## **FACTORES COMBINADOS Y CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

El mapa combinado nos mostró un rango de valores entre 0 y 180 de índice de vulnerabilidad que al clasificarlos con la **Tabla 19.** del Anexo 2 nos mostró los siguientes porcentajes de áreas de acuerdo a lo obtenido.

**Tabla 7.** Clasificación final del área*Resultados*

<b>Clasificación</b>	<b>Porcentaje de área</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
I	28%	Muy bajo
II	20%	Bajo

III	48%	Moderado
IV	04%	Mediano
V	00%	Alto
VI	00%	Muy alto

---

Los porcentajes nos muestran la cantidad de área de la zona de estudio y su clasificación de vulnerabilidad que como se puede apreciar se encuentra en un nivel de riesgo entre muy bajo y mediano, estando las zonas más críticas entre el km 5 y el km 7.

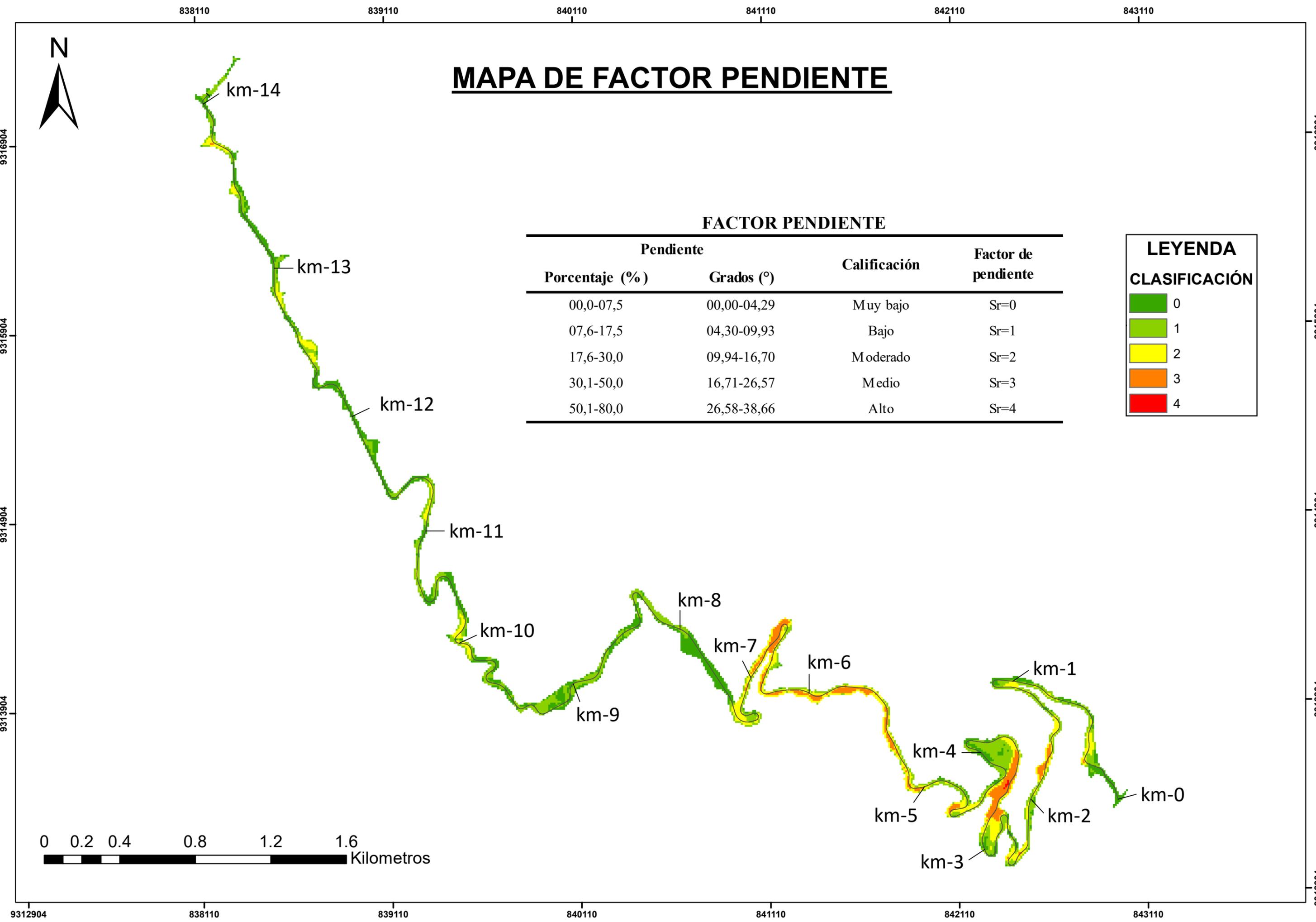
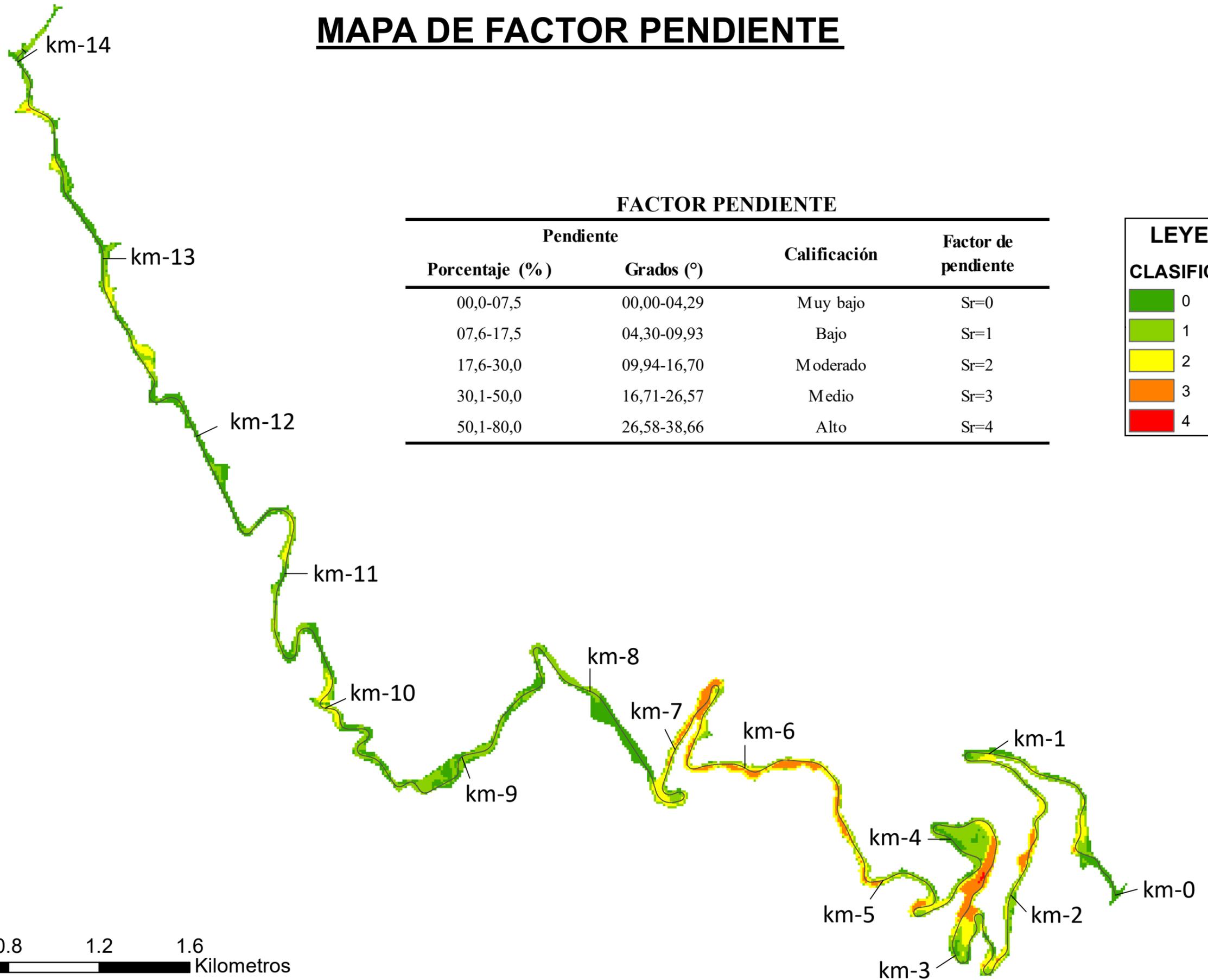
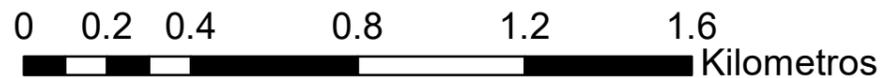
**Mapas Resultantes de la investigación:**

**Figura 11. MAPA DE FACTOR PENDIENTE**

# MAPA DE FACTOR PENDIENTE

**FACTOR PENDIENTE**

Pendiente		Calificación	Factor de pendiente
Porcentaje (%)	Grados (°)		
00,0-07,5	00,00-04,29	Muy bajo	Sr=0
07,6-17,5	04,30-09,93	Bajo	Sr=1
17,6-30,0	09,94-16,70	Moderado	Sr=2
30,1-50,0	16,71-26,57	Medio	Sr=3
50,1-80,0	26,58-38,66	Alto	Sr=4



**Figura 12. MAPA DE FACTOR DE HUMEDAD DEL SUELO**

# MAPA DE FACTOR DE HUMEDAD DEL SUELO

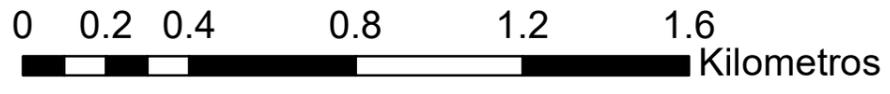


Contenido de humedad %	Clasificación	Factor Humedad relativa del suelo
5-9	Bajo	Sh=2

**LEYENDA**

**CLASIFICACIÓN**

 2



**Figura 13. MAPA DE FACTOR LITOLÓGICO**

# MAPA DE FACTOR LITOLÓGICO

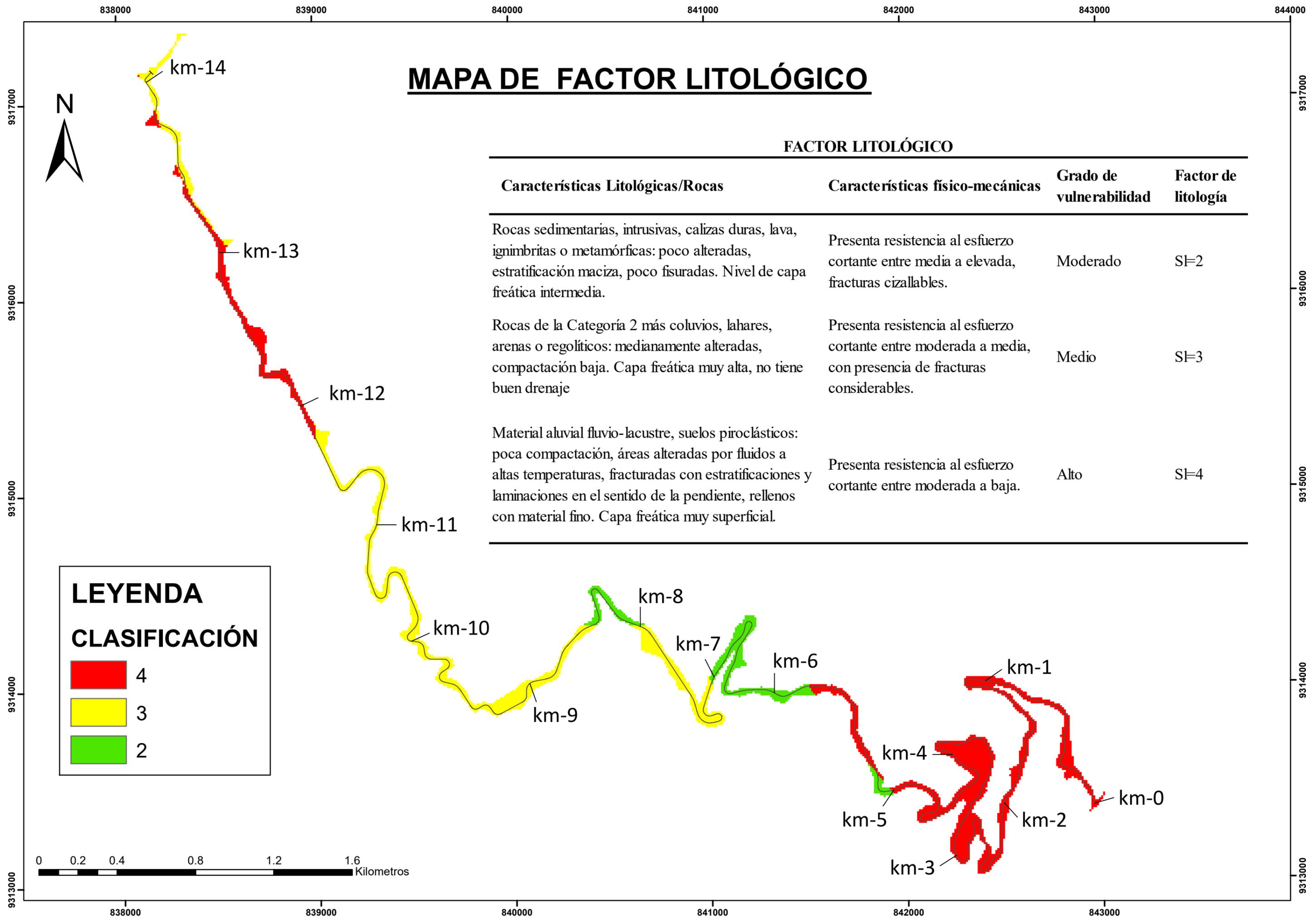
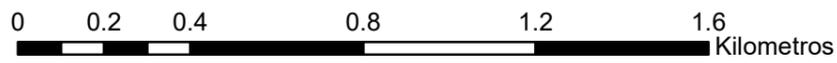
## FACTOR LITOLÓGICO

Características Litológicas/Rocas	Características físico-mecánicas	Grado de vulnerabilidad	Factor de litología
Rocas sedimentarias, intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas: poco alteradas, estratificación maciza, poco fisuradas. Nivel de capa freática intermedia.	Presenta resistencia al esfuerzo cortante entre media a elevada, fracturas cizallables.	Moderado	SI=2
Rocas de la Categoría 2 más coluvios, lahares, arenas o regolíticos: medianamente alteradas, compactación baja. Capa freática muy alta, no tiene buen drenaje	Presenta resistencia al esfuerzo cortante entre moderada a media, con presencia de fracturas considerables.	Medio	SI=3
Material aluvial fluvio-lacustre, suelos piroclásticos: poca compactación, áreas alteradas por fluidos a altas temperaturas, fracturadas con estratificaciones y laminaciones en el sentido de la pendiente, rellenos con material fino. Capa freática muy superficial.	Presenta resistencia al esfuerzo cortante entre moderada a baja.	Alto	SI=4



**LEYENDA**  
**CLASIFICACIÓN**

4  
 3  
 2



**Figura 14.** MAPA DE FACTOR DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

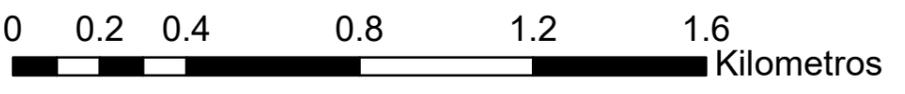
# MAPA DE FACTOR DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

FACTOR DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN		
Lluvia máxima (mm)	Clasificación	Factor de precipitación
91-130	Medio	Tp=3

**LEYENDA**

**CLASIFICACIÓN**

 3



**Figura 15. MAPA DE FACTOR DE INTENSIDADES SÍSMICAS**

# MAPA DE FACTOR DE INTENSIDADES SÍSMICAS

## FACTOR DE INTENSIDADES SÍSMICAS

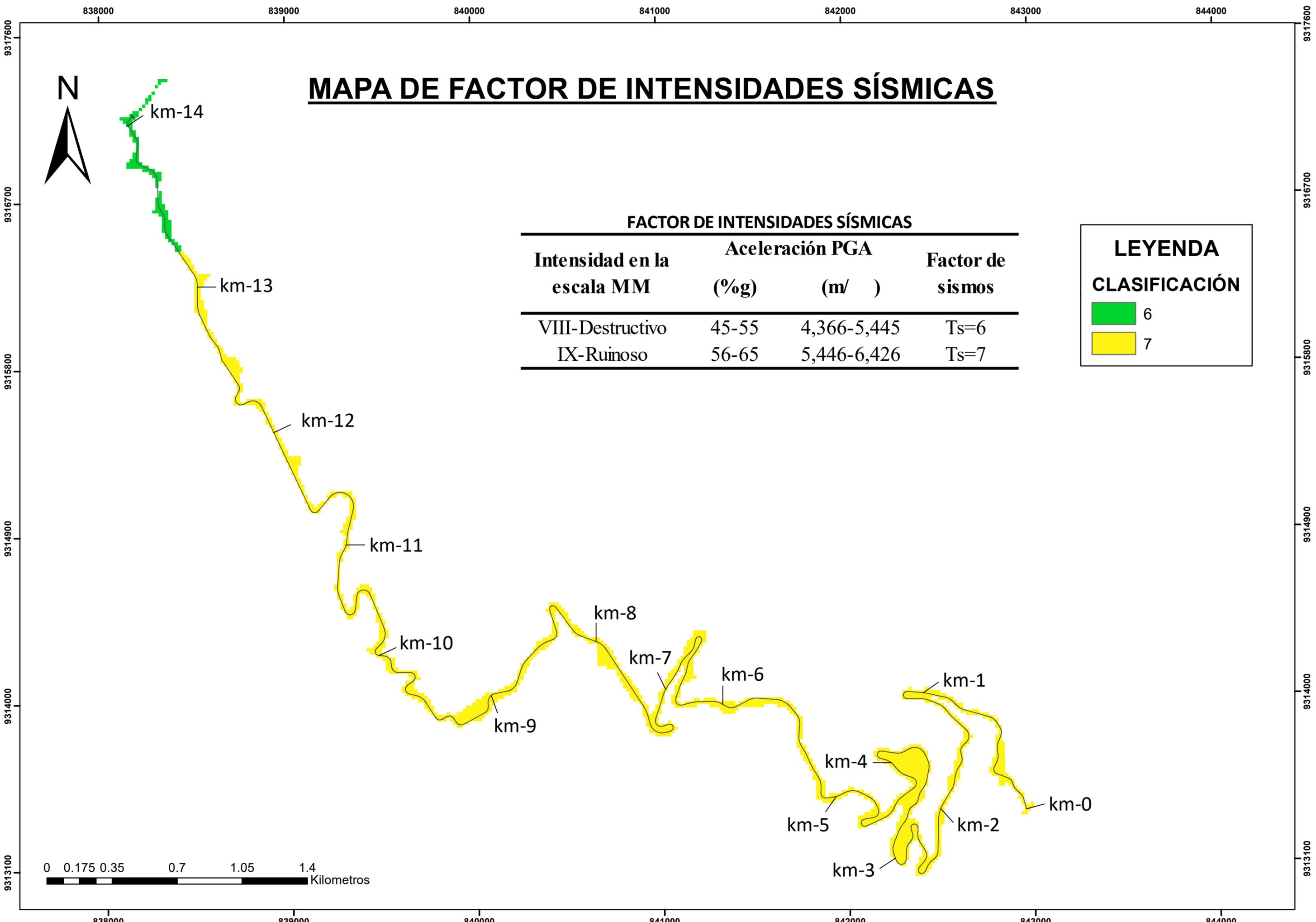
Intensidad en la escala MM	Aceleración PGA		Factor de sismos
	(%g)	(m/ )	
VIII-Destructivo	45-55	4,366-5,445	Ts=6
IX-Ruinoso	56-65	5,446-6,426	Ts=7

**LEYENDA**

**CLASIFICACIÓN**

6

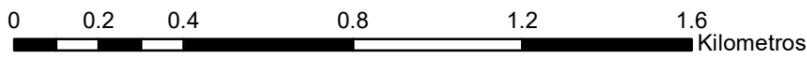
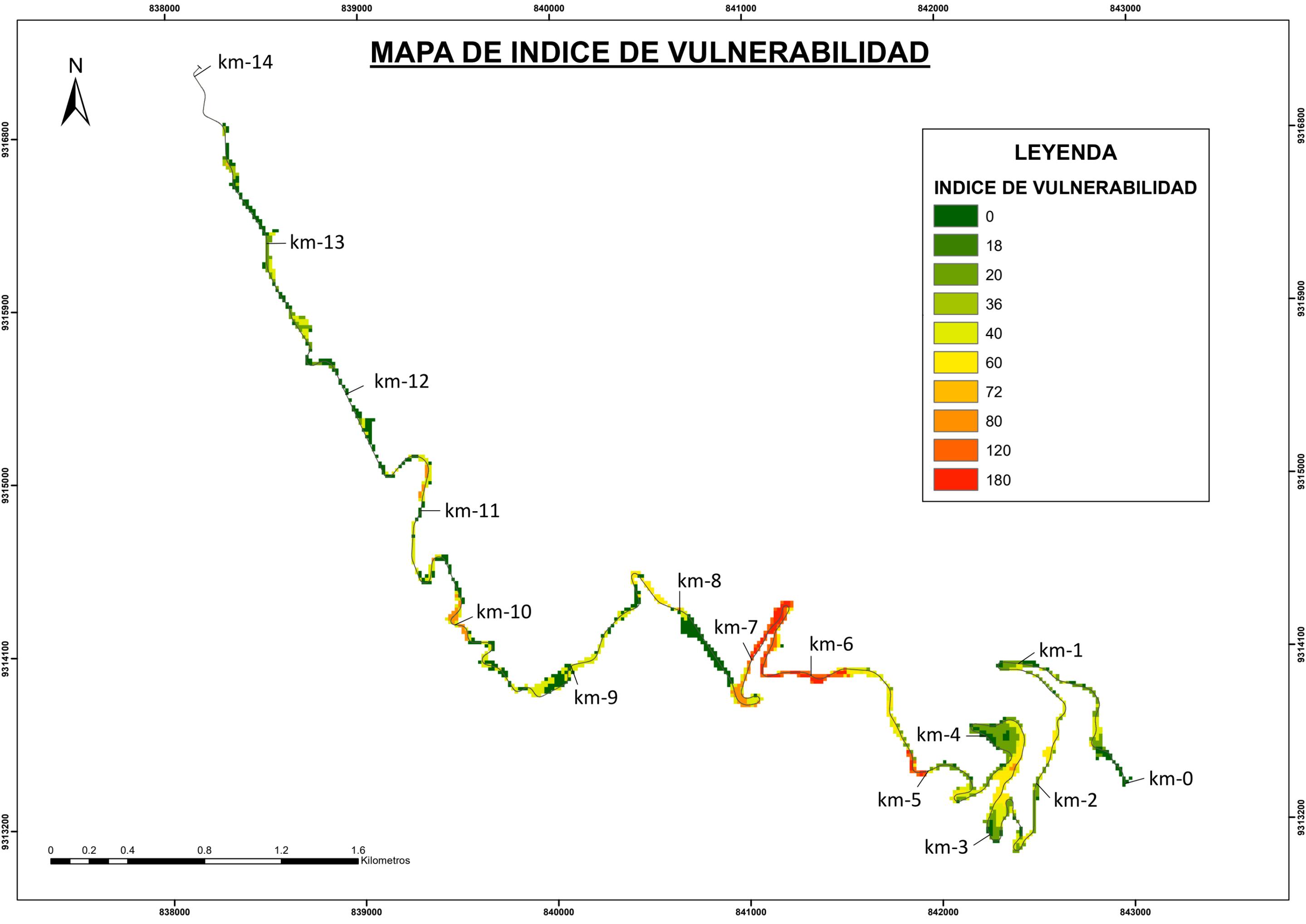
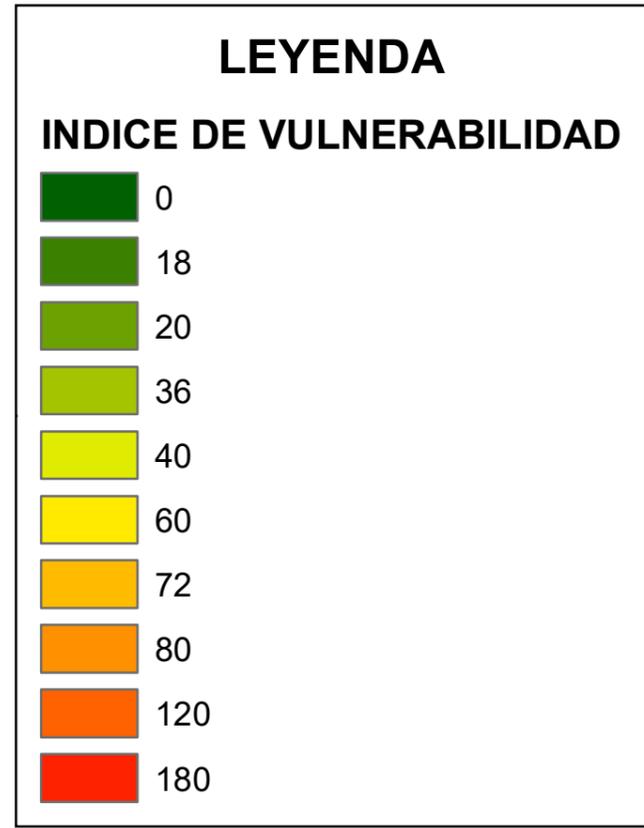
7



0 0.175 0.35 0.7 1.05 1.4 Kilometros

**Figura 16. MAPA DE FACTORES COMBINADOS**

# MAPA DE INDICE DE VULNERABILIDAD



**Figura 17. MAPA DE VULNERABILIDAD Y CLASIFICACIÓN DEL PELIGRO**

# MAPA DE VULNERABILIDAD Y CLASIFICACIÓN DEL PELIGRO

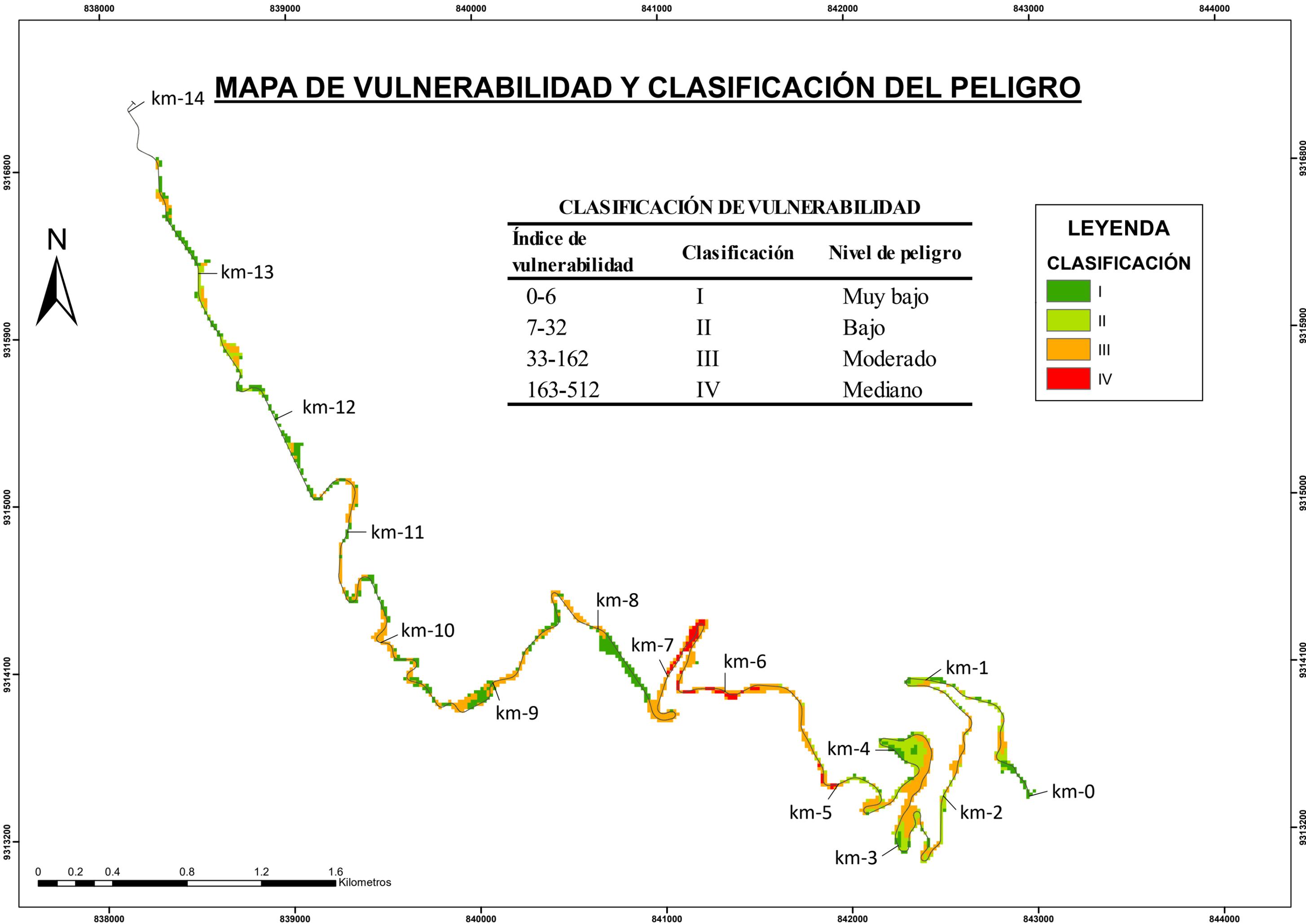
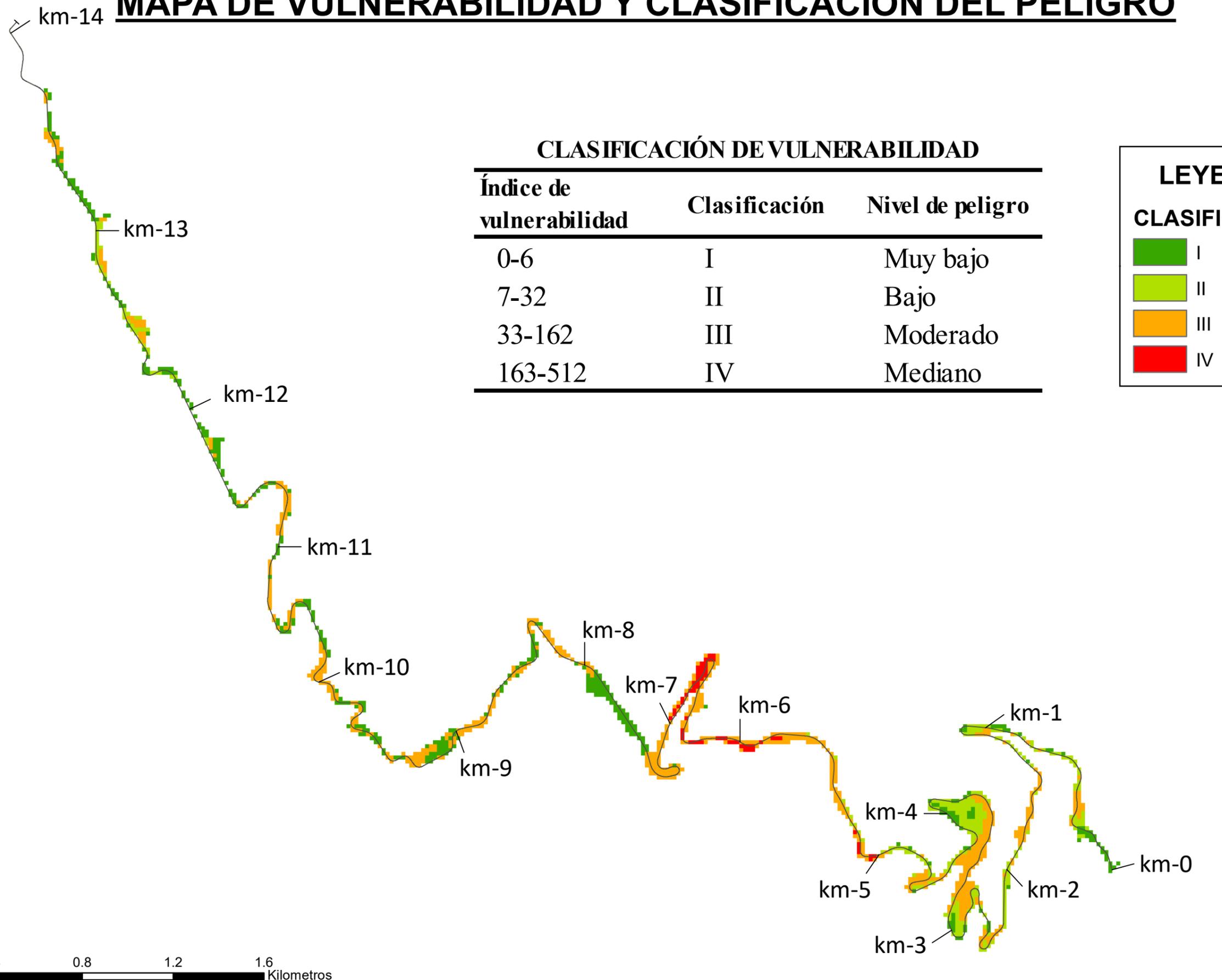
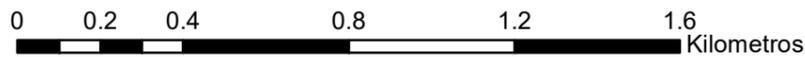
**CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD**

Índice de vulnerabilidad	Clasificación	Nivel de peligro
0-6	I	Muy bajo
7-32	II	Bajo
33-162	III	Moderado
163-512	IV	Mediano

**LEYENDA**

**CLASIFICACIÓN**

- I
- II
- III
- IV



#### **IV. DISCUSIÓN**

En la investigación hecha en Cajamarca por Mg. Alejandro Lagos en el año 2015, logró identificar las áreas de inestabilidad y determinar los factores de mayor influencia lograron identificar que los factores que más influencia tienen en los resultados de vulnerabilidad de la zona son los factores intrínsecos, lo que quiere decir que los factores propios serían los causantes de deslizamientos al presentarse las condiciones de los factores de activación. (Lagos, 2015). En esta investigación se llegó a resultados similares ya que en nuestra zona de estudio los factores intrínsecos son los que demarcan el área con más alto nivel de peligro no quitándole importancia a los factores de activación que son los que detonan esta vulnerabilidad en estas áreas de mayor índice de vulnerabilidad en nuestra investigación.

En la investigación hecha por Iván Chaverri en el año 2016, este logró determinar los porcentajes de un 35.4% en un rango de mediana vulnerabilidad y un 8% en un rango de alta vulnerabilidad a deslizamientos.(Chaverri, 2016). Así mismo en esta investigación se logró determinar que el 28% del área con un nivel de riesgo muy bajo, un 20% con un nivel de riesgo bajo, un 48% con un nivel de riesgo moderado y un 4% con un nivel de riesgo mediano estando la zona más crítica entre los km 5 al km 7 de la carretera, coincidiendo en el punto en que los factores de pendiente y litología son los que marcan las zonas más vulnerables a deslizamientos.

Según Luis De La Cruz y Luis Tunque en el año 2015 lograron determinar la influencia de los factores en la vulnerabilidad de su zona de estudio siendo este el factor de sismo con el cual su zona de estudio presento mayor riesgo, por otro lado en esta investigación se logró determinar que los factores de activación no son determinantes para mostrar las zonas más vulnerables a deslizamientos, sin embargo no se les quita importancia; a comparación de los factores intrínsecos que todos ellos de por sí solos demarcan una inclinación por marcar las zonas más vulnerables, y a partir del mapa final podemos decir que la pendiente es la que demarca más la zona vulnerable al final de la investigación.(De La Cruz & Tunque, 2015)

## V. CONCLUSIONES

Se determinó los valores de los factores intrínsecos que caracterizan nuestra zona de estudio, estos demostraron tener una relevancia o impacto entre muy bajo y medio dentro de nuestra zona de estudio como causantes de deslizamientos, los cuales ya diferencian una zona con índices más altos que van marcando un área en nuestra zona de estudio.

Se determinó los factores de activación que interactúan con nuestra zona de estudio, en lo que corresponde a las precipitaciones la zona de estudio cuenta con una clasificación media y el factor sísmico involucra la mayoría en una zona con características de Ruinoso en la escala de Mercalli Modificada, estos demostraron que pese a tener un papel muy importante como lo es desencadenar los deslizamientos, no marcan un área en específico como más vulnerable como ya lo hacen los factores intrínsecos.

Al combinar los factores intrínsecos y de activación clasificados aplicando la metodología Mora Vahrson se obtuvo que nuestra zona de estudio se encuentra con una vulnerabilidad entre muy bajo y mediano teniendo así un 28% del área con un nivel de riesgo muy bajo, un 20% con un nivel de riesgo bajo, un 48% con un nivel de riesgo moderado y un 4% con un nivel de riesgo mediano, siendo los factores intrínsecos los que marcan las área más vulnerables por si solos siendo en esta investigación los factores de pendiente y litología, y junto a los factores de activación estos ya representan un nivel de peligro hasta un nivel mediano dentro de nuestra zona de estudio, estando las áreas de mayor riesgo entre los km 5 y km 7 de la carretera Caclic – Luya Lamud.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con las investigaciones por medio de esta metodología por su uso práctico y de bajo costo que nos brinda un panorama de cómo se comportan los factores intrínsecos y activadores en una determinada zona. Y de haber la posibilidad utilizar otras metodologías y estudios para contrastar los resultados obtenidos en esta investigación.

Para futuras investigaciones similares se recomienda que al escoger una zona de estudio revisar las fuentes de las cuales tomarán datos como las lluvias ya que al tener estaciones muy distantes los datos obtenidos para su zona de estudio serán cada vez menos realista. Se recomienda ampliar los estudios hidrológicos como lo son las estaciones meteorológicas en zonas de riesgo ya que los datos del comportamiento de la lluvia son muy importantes al momento de prevenir.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrantes, G., Barrantes, O., & Núñez, O. (2011). Efectividad Metodología Mora - Vahrson modificada en el caso de los deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(47), 141–162.
- Chaverri, I. (2016). *Zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento, por medio de la metodología Mora-Vahrson, en la microcuenca del Río Macho, San José, Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- De La Cruz, L., & Tunque, L. (2015). Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica [Universidad Nacional de Huancavelica]. In *Universidad Peruana los Andes*.  
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/275%0Ahttp://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/271>
- Esquivel, R. (2018). *ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS. CASO DE ESTUDIO: SECTOR CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE

## MÉXICO.

- Gómez, J. C. (Instituto G. del P. (2020). *La geofísica y el monitoreo de deslizamientos*. Diario Correo de Arequipa. <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/195008-la-geofisica-y-el-monitoreo-de-deslizamientos>
- Iliquín, D. (2019). *ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SIG Y TELEDETECCIÓN EN EL TRAMO VIAL PEDRO RUIZ - COCAHUAYCO, AMAZONAS* [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza].  
<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1482/CHAPA-GRANDEZ-SALLY-PATRICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2017). Atlas Catastral Minero y Geológico del Perú. In *Repositorio Institucional INGEMET* (Issue 9, p. 317). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1978>
- Lagos, A. (2015). *MODELAMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE LOS PROCESOS TECTÓNICOS Y LA INESTABILIDAD EN LOS TERRENOS DE LAS ZONAS: URUBAMBA Y TRES RÍOS. CAJAMARCA- PERÚ* (Vol. 13). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Mora, S., & Vahrson, W. (1994). *METODOLOGÍA DE MACROZONIFICACIÓN PARA DESLIZAMIENTOS DE TIERRA-DETERMINACIÓN DE PELIGROS*. 49–58.
- Quesada, A., & Feoli, S. (2018). Comparación de la Metodología Mora-Vahrson y el Método Morfométrico para Determinar Áreas Susceptibles a Deslizamientos en la Microcuenca del Río Macho, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 1(60), 17–45. <https://doi.org/10.15359/rgac.61-2.1>
- Red sísmológica Nacional, Sección de Sismología y Vulcanología, & Escuela Centroamericana de Geología. (2009). *El terremoto de Cinchona del 8 de enero de 2009* (Issue 40, pp. 1–138). Geól. Rafael Barquero.  
<https://doi.org/10.15517/rgac.v0i40.4188>
- Sánchez, J. (2000). Cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante la fórmula de Hargreaves. *Departamento de Geología. Universidad de Salamanca.*, 3–5.

SNET. (2004). *MEMORIA TÉCNICA PARA EL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL SALVADOR* (Issue 503, p. 18).

<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-21.pdf>

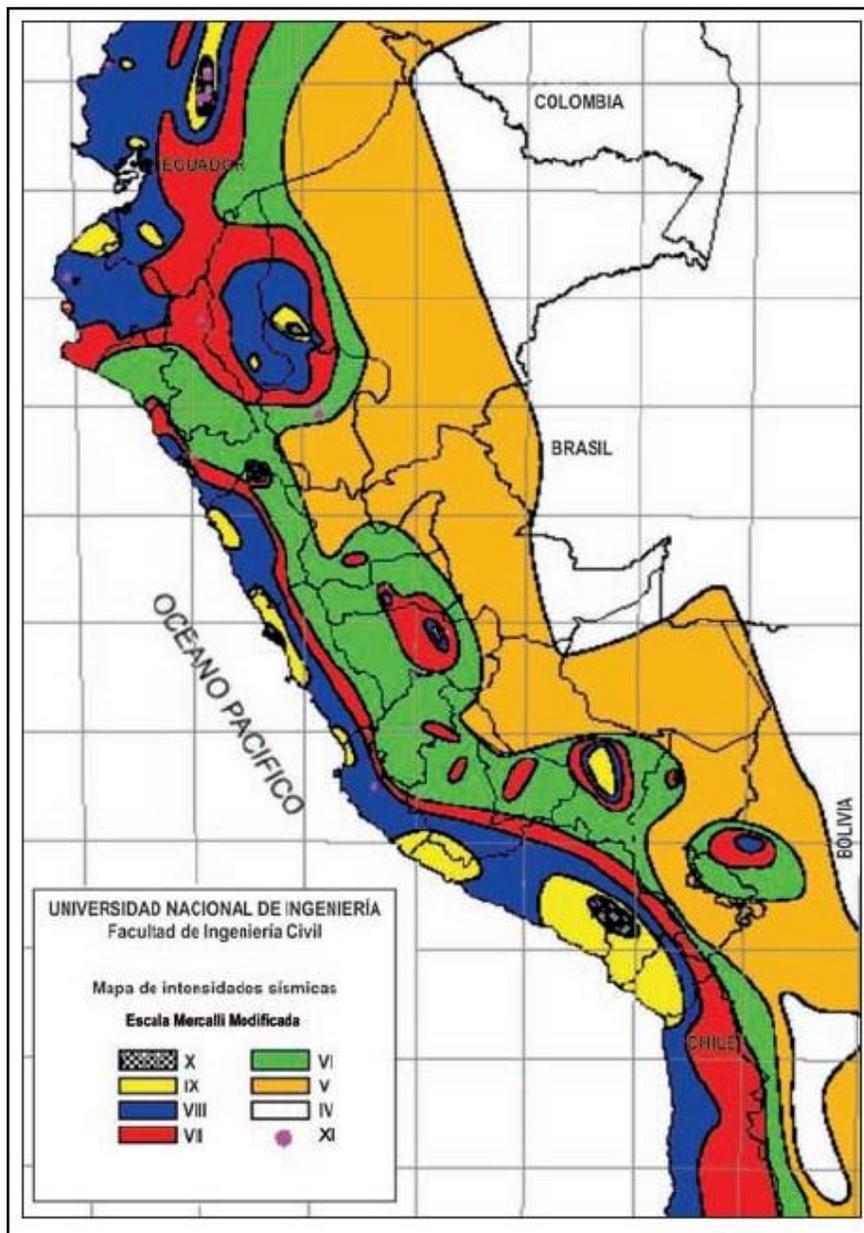
Tarazona, J. (2018). *Estimación del riesgo por movimientos en masa en la subcuenca del río Ancash – Yungay 2016* (Vol. 1, Issue 2) [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <https://doi.org/10.46908/rict.v1i2.22>

Tavera, H. (2014). Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú. In *INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU* (Vols. 2014–11704, Issue 9). Instituto Geofísico del Perú - Dirección de Sismología.

## **VIII. ANEXOS**

### **ANEXO 01: MAPAS Y DATOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

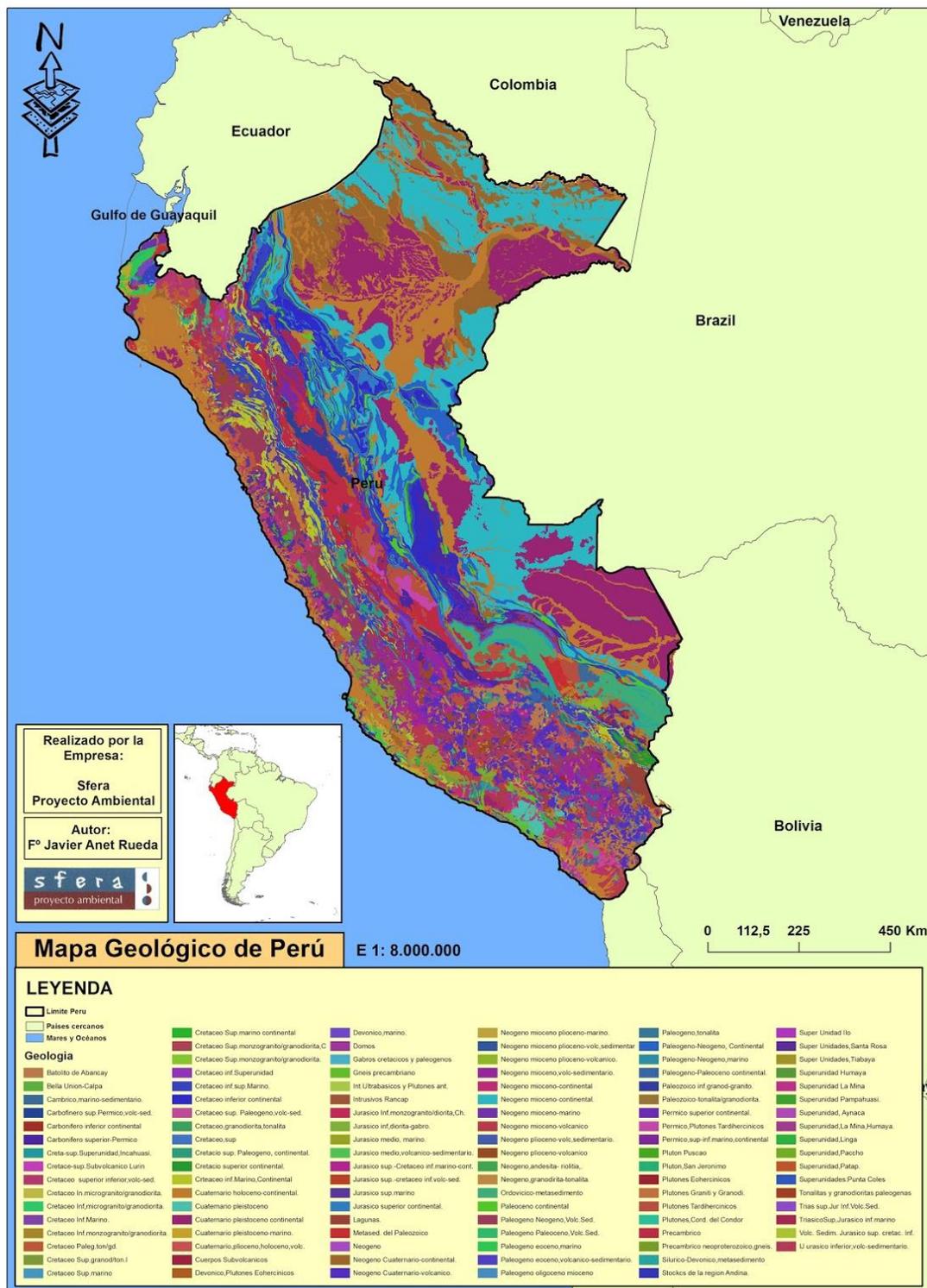
Mapa de intensidades sísmicas del Perú. – Este mapa se obtuvo de CISMID/FIC – UNI  
**Figura 18.** Mapa de intensidades sísmicas en la escala de Mercalli Modificada del Perú



*Fuente:* Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil

Mapa geológico del Perú. - Este mapa se obtuvo de la página de GEO GPS PERÚ

Figura 19. Mapa Geológico del Perú



Fuente: (Anet Rueda, 2014)

**Tabla 8.** Datos hidrológicos de la estación Magunchal

ESTACIÓN MAGUNCHAL													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MAX
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.40	20.00	42.10	42.10
1986	26.70	41.20	15.50	13.30	50.00	2.20	3.80	0.00	42.00	35.96	19.60	19.20	50.00
1987	45.40	25.40	6.40	10.00	34.90	2.40	7.40	7.20	30.80	26.00	22.00	0.00	45.40
1988	7.50	10.20	37.20	38.50	13.30	0.00	10.00	0.00	26.30	20.30	24.30	40.40	40.40
1989	67.60	13.30	80.10	15.10	7.60	7.00	3.60	3.80	26.50	24.60	19.00	0.00	80.10
1990	30.50	14.90	20.00	18.40	51.60	0.00	0.00	0.00	0.00	15.10	37.70	32.30	51.60
1991	23.30	43.40	5.30	4.40	3.90	42.10	0.00	0.00	14.00	39.00	22.50	15.00	43.40
1992	10.50	24.50	19.30	34.30	0.00	0.00	12.20	1.60	6.40	7.40	8.90	16.90	34.30
1993	39.30	21.30	44.30	45.00	7.90	3.30	7.20	0.00	25.40	23.90	60.00	41.50	60.00
1994	31.50	21.60	27.70	48.40	6.10	17.30	13.70	5.00	12.20	3.50	33.50	19.60	48.40
1995	8.70	16.30	28.90	28.90	7.60	1.80	2.40	0.00	7.10	36.90	26.40	40.70	40.70
1996	37.50	25.80	39.70	32.50	7.20	15.90	0.80	13.90	17.20	10.20	27.50	18.70	39.70
1997	42.00	52.60	36.80	61.10	14.50	15.00	5.40	3.40	5.70	14.10	15.10	19.60	61.10
1998	86.80	68.20	44.80	54.70	7.70	6.00	0.00	21.60	4.90	57.10	69.00	31.60	86.80
1999	32.40	46.20	48.90	6.40	15.90	16.80	3.30	12.40	19.90	52.10	31.10	17.10	52.10
2000	23.20	31.80	51.30	33.00	36.50	36.50	18.50	9.00	11.00	2.80	11.20	19.00	51.30
2001	43.50	32.80	26.50	32.20	24.60	5.20	9.30	4.80	13.20	39.10	71.90	23.10	71.90
2002	23.30	27.00	25.00	38.90	61.60	8.60	33.90	0.00	38.90	67.10	27.80	24.50	67.10
2003	20.60	15.70	62.50	39.50	14.40	7.70	1.50	12.90	15.10	21.00	30.00	44.50	62.50
2004	31.50	31.80	46.10	18.00	8.40	6.30	2.90	3.00	38.60	23.00	62.20	68.80	68.80
2005	17.80	35.00	26.80	21.30	9.80	11.80	5.90	4.60	13.00	53.50	11.70	35.10	53.50
2006	45.90	43.00	26.80	41.80	6.20	13.40	10.60	3.20	8.90	20.00	14.60	63.20	63.20
2007	17.50	18.80	75.00	17.50	26.80	3.50	20.70	10.00	4.30	46.70	35.00	28.80	75.00
2008	53.70	61.00	29.00	11.90	41.80	22.10	6.60	3.40	4.50	21.50	30.30	26.20	61.00
2009	70.10	41.30	31.50	52.90	11.20	15.20	3.40	9.30	7.70	9.90	39.70	36.70	70.10
2010	7.80	79.40	13.70	19.40	18.60	4.50	13.60	2.80	8.10	54.80	119.10	31.30	119.10
2011	80.00	50.80	54.60	45.90	22.90	5.10	9.50	13.00	5.70	18.60	72.00	43.10	80.00
2012	47.70	57.80	55.10	34.40	5.70	3.40	2.50	0.00	15.20	11.70	29.10	26.90	57.80
2013	22.20	24.10	55.70	9.20	18.20	5.90	5.90	15.20	10.10	21.40	5.40	23.30	55.70
2014	0.00	0.00	0.00	13.60	34.20	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.20

Fuente: (SENAMHI, s.f.)

Nota: El dato mostrado de cada mes es el valor más alto por día durante ese mes en determinado año respectivamente, esto nos sirve para el factor de intensidad de lluvias, mientras que para el factor de humedad del suelo se sumó todos los valores diarios recolectados durante ese mes.

**Tabla 9.** Datos hidrológicos de la estación El Pintor

ESTACIÓN EL PINTOR													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MAX
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	26.00	10.00	26.00
1981	4.00	25.00	16.10	45.30	17.00	15.40	5.70	10.00	10.00	17.00	24.00	18.40	45.30
1982	2.00	15.00	14.00	58.00	42.30	4.00	0.00	0.00	0.00	28.00	10.00	44.00	58.00
1983	22.00	32.00	0.00	20.00	8.00	10.00	10.00	12.00	18.00	20.00	6.00	32.00	32.00
1984	4.00	73.00	32.00	33.00	25.00	50.00	4.00	6.00	10.00	18.00	6.00	11.00	73.00
1985	26.00	25.00	6.00	30.00	18.00	0.00	10.00	10.00	40.00	20.00	15.00	32.00	40.00
1986	50.00	10.00	15.00	60.00	10.00	10.00	5.40	10.00	10.00	10.00	40.00	50.00	60.00
1987	25.00	0.50	10.20	10.70	10.30	21.40	13.50	3.40	21.20	20.00	21.20	0.00	25.00
1988	10.30	6.30	4.20	10.00	7.80	5.20	9.90	0.40	6.00	52.50	10.40	4.00	52.50
1989	10.00	10.00	20.00	5.50	10.20	2.20	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	9.50	11.20	15.20	30.40	12.00	16.80	4.80	18.30	8.50	42.60	17.90	10.00	42.60
1993	20.40	47.90	24.00	30.00	8.30	5.80	21.60	7.10	22.50	22.60	8.10	14.40	47.90
1994	27.20	17.40	22.10	24.90	21.80	9.90	11.90	0.90	8.40	20.80	18.20	20.50	27.20
1995	13.60	13.70	33.40	19.60	23.10	5.20	9.40	0.00	5.80	3.50	41.20	10.00	41.20
1996	15.30	17.40	15.70	35.50	11.50	7.10	1.50	5.90	13.50	37.90	10.20	16.40	37.90
1997	7.70	15.20	7.80	40.60	10.00	24.40	3.70	4.30	8.50	37.40	20.90	5.80	40.60
1998	8.30	31.50	29.90	23.00	19.40	6.20	2.40	5.70	5.30	29.20	40.70	30.10	40.70
1999	15.00	39.90	40.60	6.80	58.50	8.10	12.90	13.20	24.90	24.20	24.60	25.60	58.50
2000	24.50	20.30	26.40	32.70	56.40	12.60	12.60	13.00	12.00	13.50	10.80	39.60	56.40
2001	6.00	7.90	31.10	12.30	24.70	3.00	4.60	0.90	14.10	14.90	44.50	19.70	44.50
2002	11.60	13.80	11.90	26.00	20.50	0.90	23.00	11.50	9.90	51.30	38.90	8.00	51.30
2003	18.20	21.70	48.30	35.00	11.90	13.60	23.60	5.40	3.20	14.50	16.70	30.90	48.30
2004	13.00	7.70	10.70	24.90	36.50	4.70	10.90	7.00	9.90	40.00	31.10	21.20	40.00
2005	13.10	16.60	39.90	11.20	8.60	20.00	2.00	11.80	3.40	41.50	69.40	30.30	69.40
2006	15.60	6.10	28.80	26.60	4.30	25.70	2.90	10.00	15.50	15.90	9.40	11.20	28.80
2007	25.80	14.50	7.40	25.20	15.50	2.30	8.50	6.30	16.50	23.20	48.50	11.20	48.50
2008	6.60	45.50	77.50	15.00	22.30	16.90	12.30	23.80	6.60	18.00	36.40	18.20	77.50
2009	22.90	27.00	17.80	29.80	22.00	16.30	16.40	9.40	14.10	7.60	35.10	6.40	35.10
2010	0.70	44.60	7.20	33.80	14.70	7.20	34.40	2.30	8.70	40.70	21.20	18.20	44.60
2011	8.90	40.70	56.50	52.80	20.60	6.10	7.30	4.00	33.70	19.00	9.70	36.30	56.50
2012	19.70	18.40	16.50	48.40	4.40	9.00	7.10	0.00	3.00	61.00	44.00	11.30	61.00
2013	10.00	13.60	16.40	4.50	14.10	4.90	13.30	33.50	16.90	64.60	2.90	19.90	64.60
2014	0.00	0.00	0.00	18.20	42.70	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.70

Fuente: (SENAMHI, s.f.)

Nota: El dato mostrado de cada mes es el valor más alto por día durante ese mes en determinado año respectivamente, esto nos sirve para el factor de intensidad de lluvias, mientras que para el factor de humedad del suelo se sumó todos los valores diarios recolectados durante ese mes.

**Tabla 10.** Datos hidrológicos de la estación Chachapoyas

ESTACIÓN DE CHACHAPOYAS													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MAX
1992	16.00	14.00	64.00	28.00	15.00	10.00	4.00	18.00	23.00	35.00	30.00	28.00	64.00
1993	25.00	19.00	28.00	28.00	12.00	3.00	0.00	0.30	17.00	21.00	20.00	20.00	28.00
1994	S/D	25.00	48.00	12.00	13.00	24.00	4.00	0.00	3.00	23.00	22.00	28.20	48.00
1995	39.10	10.80	38.70	90.30	17.60	22.50	5.70	3.00	17.10	55.50	29.60	86.60	90.30
1996	36.10	29.10	41.50	29.70	9.80	39.50	8.60	13.60	22.20	58.20	35.00	34.60	58.20
1997	36.00	14.20	45.50	46.70	22.10	13.60	4.50	23.60	27.50	7.00	23.50	46.70	46.70
1998	21.90	18.00	30.60	34.40	12.80	2.50	0.50	12.30	9.80	15.60	42.40	4.20	42.40
1999	28.20	31.50	14.00	5.70	15.40	22.00	6.30	15.40	15.50	12.80	11.30	17.50	31.50
2000	10.00	22.10	20.40	13.60	28.40	17.60	2.80	6.40	20.00	2.00	8.20	17.30	28.40
2001	8.20	30.80	17.70	12.50	24.30	2.70	8.50	2.90	11.00	52.80	13.70	10.90	52.80
2002	20.40	26.50	21.90	29.60	18.80	2.70	8.30	4.20	12.50	33.30	14.10	24.80	33.30
2003	26.00	22.50	23.10	16.20	22.70	4.50	2.00	16.90	13.00	19.90	20.50	26.90	26.90
2004	14.10	22.40	31.50	18.30	8.60	16.00	14.40	7.00	13.80	17.30	19.30	18.40	31.50
2005	6.50	23.60	19.80	17.80	29.30	1.80	2.00	12.20	16.00	29.90	18.10	20.20	29.90
2006	24.60	20.20	36.20	18.30	5.00	4.60	13.80	2.00	8.40	49.50	21.30	14.30	49.50
2007	21.90	9.50	29.30	13.50	15.80	1.90	21.40	27.90	9.50	44.80	20.80	28.20	44.80
2008	11.30	28.50	10.10	8.00	15.10	13.00	3.50	8.30	23.00	49.50	21.70	11.20	49.50
2009	18.30	53.90	23.50	48.30	5.60	2.00	8.60	7.40	6.10	36.30	14.00	5.80	53.90
2010	35.10	29.70	21.50	32.10	10.30	14.30	24.80	4.40	8.60	7.70	12.50	14.00	35.10
2011	19.30	11.30	30.70	18.20	30.20	3.20	13.10	5.70	11.50	19.60	9.80	21.00	30.70
2012	26.30	64.60	21.40	20.40	21.80	37.70	1.60	7.00	11.90	48.10	20.40	10.90	64.60
2013	29.90	18.00	34.40	22.20	13.10	5.20	4.70	9.20	10.70	24.10	12.00	15.10	34.40
2014	25.10	13.30	43.70	19.60	22.80	16.80	5.50	10.00	13.50	8.90	22.10	32.40	43.70
2015	41.10	27.00	28.00	13.30	14.60	2.80	5.40	16.70	3.30	12.20	19.00	17.70	41.10
2016	32.70	29.20	30.20	42.90	26.40	11.90	3.00	61.50	29.50	35.60	32.20	38.60	61.50
2017	25.10	63.20	48.80	40.10	20.60	22.90	6.30	35.80	21.60	25.40	23.60	29.00	63.20
2018	24.20	65.20	49.80	43.30	21.80	23.90	7.30	36.80	22.80	28.40	22.60	29.80	65.20
2019	25.10	63.80	47.90	45.10	22.69	24.10	8.30	38.70	21.90	26.50	24.70	30.08	63.80

Fuente: (SENAMHI, s.f.)

Nota: El dato mostrado de cada mes es el valor más alto por día durante ese mes en determinado año respectivamente, esto nos sirve para el factor de intensidad de lluvias, mientras que para el factor de humedad del suelo se sumó todos los valores diarios recolectados durante ese mes.

**Tabla 11.** Datos hidrológicos de la estación Quebrada Shugar

ESTACIÓN SHUGAR													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MAX
1961	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	4.30	5.20	20.40	18.70	19.30	20.40
1962	24.10	25.40	25.40	28.40	18.10	8.80	6.20	1.20	10.60	10.60	17.30	17.10	28.40
1963	18.80	21.90	21.30	47.20	16.40	8.00	15.40	6.30	2.20	28.70	32.70	28.20	47.20
1964	16.50	20.40	21.90	16.00	14.10	6.70	28.60	25.50	20.20	22.40	27.60	15.50	28.60
1965	11.40	17.90	25.00	12.10	15.00	2.40	14.40	2.10	18.10	18.10	23.60	31.20	31.20
1966	12.60	14.40	16.70	7.50	13.80	11.70	0.50	9.20	15.90	28.30	16.40	8.10	28.30
1967	13.60	23.20	11.80	26.40	15.10	8.80	20.00	5.10	32.20	19.80	18.00	18.47	32.20
1968	12.10	14.60	33.10	19.70	7.20	25.30	22.30	4.20	24.40	41.20	18.90	17.80	41.20
1969	14.40	24.50	28.50	20.60	17.70	14.40	1.40	4.00	30.70	16.50	35.70	27.80	35.70
1970	28.50	14.10	30.50	17.40	14.60	29.90	13.20	7.60	18.80	28.40	31.90	32.60	32.60
1971	23.40	19.80	22.20	15.00	25.20	18.40	4.00	4.30	12.30	27.80	29.50	19.20	29.50
1972	9.50	22.00	46.30	49.10	18.80	0.60	13.60	12.10	30.10	17.50	23.00	20.40	49.10
1973	19.20	24.50	25.60	17.40	7.20	16.30	13.00	7.00	21.80	14.00	12.90	11.80	25.60
1974	22.70	32.60	30.80	17.10	1.90	20.70	9.40	11.50	30.60	24.00	19.00	15.20	32.60
1975	22.70	24.90	47.50	31.90	27.60	34.60	9.20	16.30	24.50	14.40	24.10	5.70	47.50
1976	41.80	18.50	21.60	23.10	11.80	4.20	1.20	8.10	12.30	14.90	10.50	10.30	41.80
1977	23.00	30.90	25.00	31.20	12.00	4.00	1.50	4.70	11.90	18.60	25.80	46.40	46.40
1978	13.00	20.40	15.60	29.60	21.10	3.30	28.50	1.20	10.90	24.50	30.60	26.90	30.60
1979	19.80	19.30	32.10	18.80	27.40	2.60	15.70	17.90	14.70	5.50	20.40	11.10	32.10
1980	15.10	16.80	28.60	12.50	8.40	6.20	7.10	4.60	5.50	24.00	41.10	11.20	41.10
1981	26.00	42.80	28.00	34.30	13.80	14.80	10.00	45.10	23.20	13.40	18.80	23.40	45.10
1982	12.00	25.10	13.30	36.60	23.20	23.60	20.00	0.01	26.60	50.60	25.00	22.30	50.60
1983	39.30	11.90	52.20	23.10	11.00	11.50	10.00	17.50	30.20	16.30	15.20	39.40	52.20
1984	12.70	19.00	26.00	10.00	26.10	11.90	15.60	12.30	13.80	27.80	15.00	8.60	27.80
1985	12.80	13.80	13.90	12.30	9.60	5.10	8.70	8.30	12.20	8.20	16.00	13.20	16.00
1986	20.00	28.80	19.60	21.40	12.00	0.01	3.50	10.70	35.40	9.00	21.80	13.00	35.40
1987	22.10	26.50	16.60	26.30	10.70	9.20	30.00	0.90	17.70	9.30	23.10	0.00	30.00
1988	10.10	18.50	12.20	10.40	9.20	0.00	0.01	0.01	19.20	18.60	30.80	19.20	30.80
1989	11.90	32.80	24.80	15.00	4.80	13.60	8.20	0.01	11.40	16.60	24.50	14.10	32.80
1990	8.60	8.80	3.00	46.50	14.00	10.00	4.90	3.40	7.10	21.80	24.10	12.40	46.50
1991	20.90	31.80	12.60	19.00	10.90	7.40	16.50	0.01	9.40	8.80	12.50	20.80	31.80
1992	9.00	20.90	25.80	13.50	10.20	21.00	6.10	10.20	21.70	33.70	11.50	13.50	33.70
1993	20.20	9.60	23.40	23.90	20.20	3.50	0.01	9.20	9.90	12.80	23.20	12.70	23.90
1994	11.20	21.50	9.80	14.10	7.10	15.00	1.20	1.70	16.70	12.80	19.60	20.70	21.50
1995	12.70	8.90	13.10	8.50	18.50	8.70	12.10	0.01	9.20	16.10	15.00	33.10	33.10
1996	14.90	20.50	24.50	23.70	6.80	7.00	3.00	9.10	7.50	10.30	6.40	8.30	24.50
1997	11.10	8.80	21.80	29.10	5.00	10.60	0.01	9.90	10.20	10.10	31.20	14.50	31.20
1998	22.90	18.60	24.10	30.00	15.10	2.60	0.01	2.40	35.30	29.90	11.00	25.80	35.30
1999	30.30	38.70	22.70	16.30	41.10	23.50	5.70	2.40	10.20	15.60	22.20	15.80	41.10
2000	11.70	29.80	24.50	13.30	24.20	14.40	8.70	3.60	11.00	9.90	35.80	27.80	35.80
2001	17.20	10.90	24.30	10.90	8.60	2.40	2.00	0.30	12.90	20.80	24.30	19.50	24.30
2002	14.40	21.70	25.70	28.00	20.90	1.60	8.10	0.30	15.40	37.20	21.50	28.50	37.20
2003	34.90	34.30	21.00	18.40	11.40	14.90	0.60	14.70	15.40	15.00	21.80	19.40	34.90
2004	21.20	17.70	11.20	17.40	17.40	23.20	18.20	8.90	14.00	24.40	17.80	29.80	29.80
2005	14.20	27.40	26.50	37.60	4.70	1.60	3.60	2.00	8.40	28.40	23.30	25.20	37.60
2006	21.90	26.20	23.00	17.80	2.10	21.10	8.60	1.50	20.50	21.90	17.40	23.60	26.20
2007	18.50	11.50	17.90	22.90	7.60	1.00	7.90	25.10	18.50	18.20	20.90	14.80	25.10
2008	27.70	30.00	17.00	14.10	13.20	4.80	1.70	7.50	17.30	19.60	19.00	12.70	30.00
2009	29.00	13.40	11.70	13.60	18.00	15.00	7.70	2.20	13.20	22.40	17.70	18.50	29.00
2010	15.10	31.20	24.00	23.60	27.20	11.40	7.80	1.70	18.60	7.50	19.70	20.20	31.20
2011	16.40	11.30	30.20	27.50	12.90	13.90	5.20	4.10	22.30	15.00	16.00	25.40	30.20
2012	40.40	50.30	20.00	15.60	13.20	7.30	0.50	5.70	16.30	12.60	23.00	23.70	50.30
2013	20.60	12.50	33.80	24.70	30.90	3.40	14.50	21.40	3.50	23.50	8.50	33.90	33.90
2014	0.00	0.00	0.00	16.90	24.00	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00

Fuente: (SENAMHI, s.f.)

Nota: El dato mostrado de cada mes es el valor más alto por día durante ese mes en determinado año respectivamente, esto nos sirve para el factor de intensidad de lluvias, mientras que para el factor de humedad del suelo se sumó todos los valores diarios recolectados durante ese mes.

**Tabla 12. Radiación solar extraterrestre (mm/día)**

Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998) (Original en MJ·m<sup>-2</sup>·día<sup>-1</sup> ; 1 mm/día = 2,45 MJ·m<sup>-2</sup>·día<sup>-1</sup>)

Latitud	HEMISFERIO NORTE												HEMISFERIO SUR											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	0.0	1.1	4.2	9.4	14.4	17.3	16.1	11.4	6.1	2.0	0.0	0.0	16.9	11.7	6.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.9	4.4	9.6	15.2	18.5
68	0.0	1.5	4.8	9.8	14.4	17.1	15.9	11.7	6.6	2.4	0.3	0.0	16.7	12.0	6.9	2.4	0.3	0.0	0.0	1.3	4.9	10.0	15.3	18.2
66	0.2	2.0	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12.0	7.1	2.9	0.6	0.0	16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0.0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18.0
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12.2	7.5	3.5	1.0	0.2	16.7	12.6	7.9	3.4	1.0	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8.0	4.0	1.4	0.5	16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16.0	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9	16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3	17.0	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16.0	18.0
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7	17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2.0	4.0	7.8	12.2	16.1	18.0
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1	17.2	14.0	10.0	5.9	3.1	2.0	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1
52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17.0	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6	17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5.0	8.7	12.8	16.4	18.1
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17.0	16.4	14.0	10.5	6.9	4.2	3.1	17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	4.1	6.4	9.5	13.1	15.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6	17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6.0	9.5	13.4	16.7	18.2
46	4.6	6.9	9.9	13.4	16.0	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4.0	17.6	15.0	11.6	7.8	5.0	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16.0	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5	17.6	15.2	12.0	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1	17.7	15.4	12.3	8.7	6.0	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17.0	18.2
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15.0	12.2	9.2	6.7	5.6	17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2
38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6.0	17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17.0	16.7	15.3	12.9	10.0	7.6	6.6	17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17.0	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1	17.7	16.0	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15.0	17.1	18.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6	17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18.0
30	8.6	10.5	12.8	15.0	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1	17.6	16.2	14.0	11.1	8.7	7.6	8.0	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6	17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8.0	8.4	10.3	13.0	15.4	17.1	17.8
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12.0	10.0	9.1	17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7
24	10.0	11.8	13.7	15.3	16.2	16.4	16.3	15.6	14.2	12.3	10.4	9.5	17.3	16.3	14.6	12.2	10.0	8.9	9.3	11.1	13.5	15.6	17.0	17.6
22	10.5	12.1	13.9	15.4	16.1	16.3	16.2	15.7	14.4	12.7	10.9	10.0	17.2	16.4	14.8	12.5	10.4	9.4	9.8	11.5	13.8	15.7	16.9	17.4
20	10.9	12.5	14.2	15.5	16.0	16.1	16.0	15.6	14.6	13.0	11.3	10.4	17.1	16.3	14.9	12.8	10.9	9.8	10.2	11.8	14.0	15.8	16.8	17.2
18	11.4	12.9	14.4	15.5	15.9	16.0	15.9	15.6	14.7	13.3	11.7	10.9	16.9	16.3	15.1	13.1	11.2	10.2	10.6	12.2	14.2	15.8	16.7	17.0
16	11.8	13.2	14.6	15.6	15.8	15.8	15.7	15.6	14.9	13.6	12.1	11.4	16.8	16.3	15.2	13.4	11.6	10.7	11.0	12.5	14.4	15.8	16.6	16.8
14	12.2	13.5	14.7	15.6	15.7	15.6	15.6	15.5	15.0	13.8	12.5	11.8	16.6	16.2	15.3	13.6	12.0	11.1	11.4	12.8	14.5	15.8	16.4	16.6
12	12.6	13.8	14.9	15.5	15.5	15.3	15.3	15.4	15.1	14.1	12.9	12.2	16.4	16.2	15.4	13.9	12.3	11.5	11.8	13.1	14.7	15.8	16.2	16.3
10	13.0	14.1	15.1	15.5	15.3	15.1	15.1	15.3	15.1	14.3	13.2	12.7	16.1	16.0	15.4	14.1	12.7	11.9	12.2	13.4	14.8	15.7	16.0	16.1
8	13.4	14.4	15.2	15.4	15.1	14.8	14.9	15.2	15.2	14.5	13.6	13.1	15.9	15.9	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8
6	13.8	14.6	15.3	15.3	14.9	14.6	14.7	15.1	15.2	14.7	13.9	13.4	15.6	15.8	15.5	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.6	15.6	15.5
4	14.1	14.9	15.3	15.3	14.7	14.3	14.4	14.9	15.2	14.9	14.2	13.8	15.3	15.6	15.5	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.5	15.3	15.2
2	14.4	15.1	15.4	15.1	14.4	14.0	14.1	14.7	15.2	15.1	14.5	14.2	15.1	15.5	15.5	14.9	13.9	13.3	13.5	14.4	15.1	15.4	15.1	14.9
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5

Fuente: (Sánchez, 2000)

**ANEXO 02:**  
**TABLAS DE DATOS DE LA METODOLOGÍA MORA VAHRSON**

**Tabla 13.** Factor intrínseco: Pendiente

Pendiente		Calificación	Factor de pendiente
Porcentaje (%)	Grados (°)		
00,0-07,5	00,00-04,29	Muy bajo	Sr=0
07,6-17,5	04,30-09,93	Bajo	Sr=1
17,6-30,0	09,94-16,70	Moderado	Sr=2
30,1-50,0	16,71-26,57	Medio	Sr=3
50,1-80,0	26,58-38,66	Alto	Sr=4
80,0<	38,66<	Muy alto	Sr=5

*Fuente:* (SNET, 2004)

**Tabla 14.** Factor intrínseco: Litología

Características Litológicas/Rocas	Características físico-mecánicas	Grado de vulnerabilidad	Factor de litología
Aluviones, calizas, intrusivas, basaltos, andesita, ignimbritas y metamórficas: con características duras, sanas, poco fisuradas y permeables. Nivel de capa freática baja.	Poca o nula meteorización, con una resistencia al esfuerzo cortante elevada, fisuras vacías.	Bajo	Sl=1
Rocas sedimentarias, intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas: poco alteradas, estratificación maciza, poco fisuradas. Nivel de capa freática intermedia.	Presenta resistencia al esfuerzo cortante entre media a elevada, fracturas cizallables.	Moderado	Sl=2
Rocas de la Categoría 2 más coluvios, lahares, arenas o regolíticos: medianamente alteradas, compactación baja.	Presenta resistencia al esfuerzo cortante entre moderada a media, con presencia	Medio	Sl=3

Nivel de capa freática muy alta, no tiene buen drenaje	de fracturas considerables.		
Material aluvial fluvio-lacustre, suelos piroclásticos: poca compactación, áreas alteradas por fluidos a altas temperaturas, fracturadas con estratificaciones y laminaciones en el mismo sentido de la pendiente, rellenos con material fino.	Presenta resistencia al esfuerzo cortante entre moderada a baja.	Alto	SI=4
Nivel de capa freática muy superficial.			
Material aluvial, coluvial y regolítico: calidad mecánica muy baja, alteración avanzada y drenaje pobre.	Presenta resistencia al esfuerzo cortante muy baja, materiales blandos con presencia de mucho material fino.	Muy alto	SI=5
Categorías 3 y 4 con nivel de capa freática muy superficial, sometidos a gradientes hidrodinámicos muy elevados.			

*Fuente:* (Mora & Vahrson, 1994)

**Tabla 15.** Clasificación de precipitación media mensual

Precipitación media mensual (mm/mes)	Índice de Precipitación
<129.7	0
129.7-254.7	1
254.7<	2

*Fuente:* (Mora & Vahrson, 1994)

**Tabla 16.** Factor intrínseco: Humedad relativa del suelo

Índice de Precipitación acumulada.	Clasificación	Factor Sh
0-4	Muy bajo	Sh=1
5-9	Bajo	Sh=2
10-14	Medio	Sh=3
15-19	Alto	Sh=4
20-24	Muy alto	Sh=5

*Fuente:* (Mora & Vahrson, 1994)

**Tabla 17.** Factor de activación: Intensidad de sismos

Intensidad en la escala MM	Aceleración PGA		Factor de sismos
	(%g)	(m/s <sup>2</sup> )	
III-Leve	1-12	0,098-1,226	Ts=1
IV-Moderado	13-20	1,227-2,011	Ts=2
V-Poco fuerte	21-29	2,012-2,894	Ts=3
VI-Fuerte	30-37	2,895-3,679	Ts=4
VII-Muy fuerte	38-44	3,680-4,365	Ts=5
VIII-Destructivo	45-55	4,366-5,445	Ts=6
IX-Ruinoso	56-65	5,446-6,426	Ts=7
X-Desastroso	66-73	6,427-7,210	Ts=8
XI-Muy desastroso	74-85	7,211-8,388	Ts=9
XII-Catastrófico	>85	>8,389	Ts=10

*Fuente:* Adaptación (Mora & Vahrson, 1994) y (SNET, 2004)

**Tabla 18.** Factor de activación: Intensidad de precipitación

<b>Lluvia máxima (mm) por 24 h</b> <b>Periodo de retorno: 100 años</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Factor de precipitación</b>
<50	Muy bajo	Tp=1
51-90	Bajo	Tp=2
91-130	Medio	Tp=3
130-175	Alto	Tp=4
>175	Muy alto	Tp=5

*Fuente:* (Mora & Vahrson, 1994)

**Tabla 19.** Clasificación por índice de vulnerabilidad

<b>Índice de vulnerabilidad</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
0-6	I	Muy bajo
7-32	II	Bajo
33-162	III	Moderado
163-512	IV	Mediano
513-1250	V	Alto
>1250	VI	Muy alto

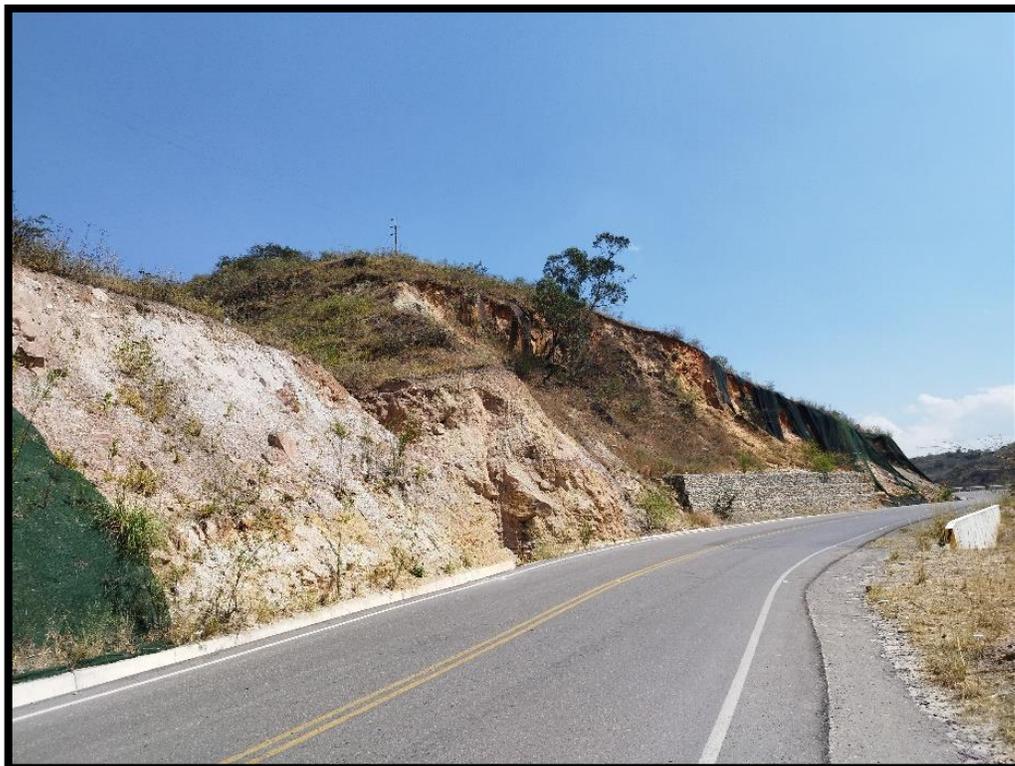
*Fuente:* (Mora & Vahrson, 1994)

**ANEXO 03:**  
**FOTOGRAFÍAS DE DERRUMBES MITIGADOS EN LA CARRETERA CACLIC –**  
**LUYA LAMUD**

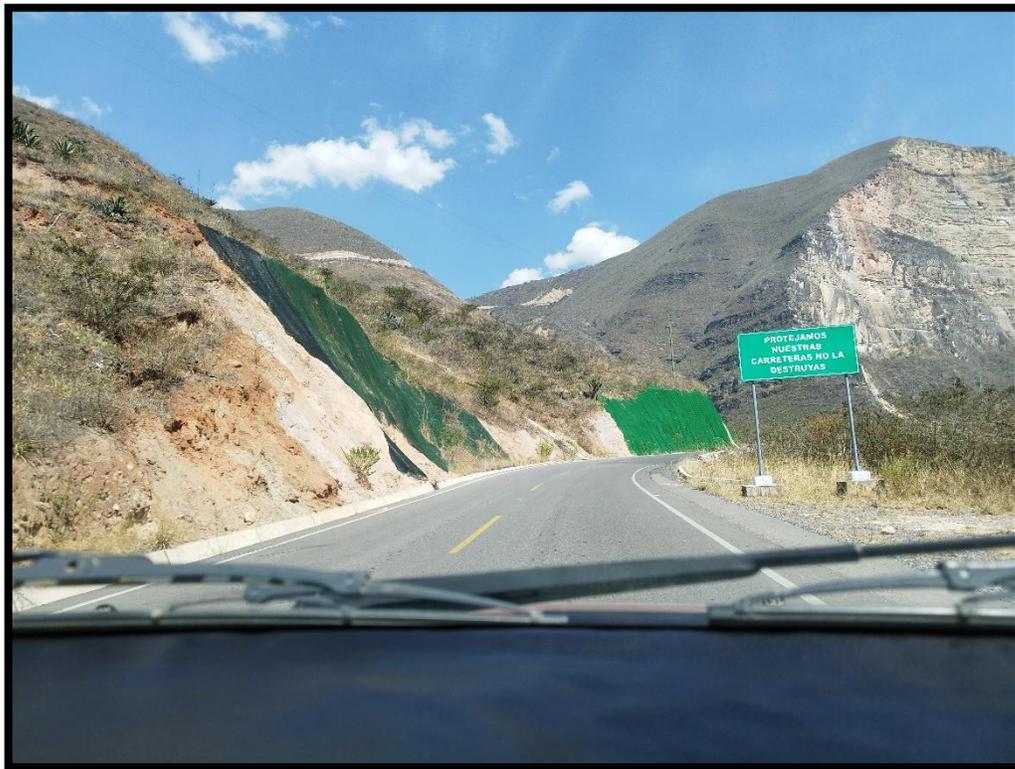
**Figura 20.** Fotografía Km 0+300.00 – Km 0+350.00



**Figura 21.** Fotografía km 0+450.00 Gavión



**Figura 22.** Fotografía km 0+750.00 y km 0+850.00



**Figura 23.** Fotografía km 1+300.00 – km 1+400.00



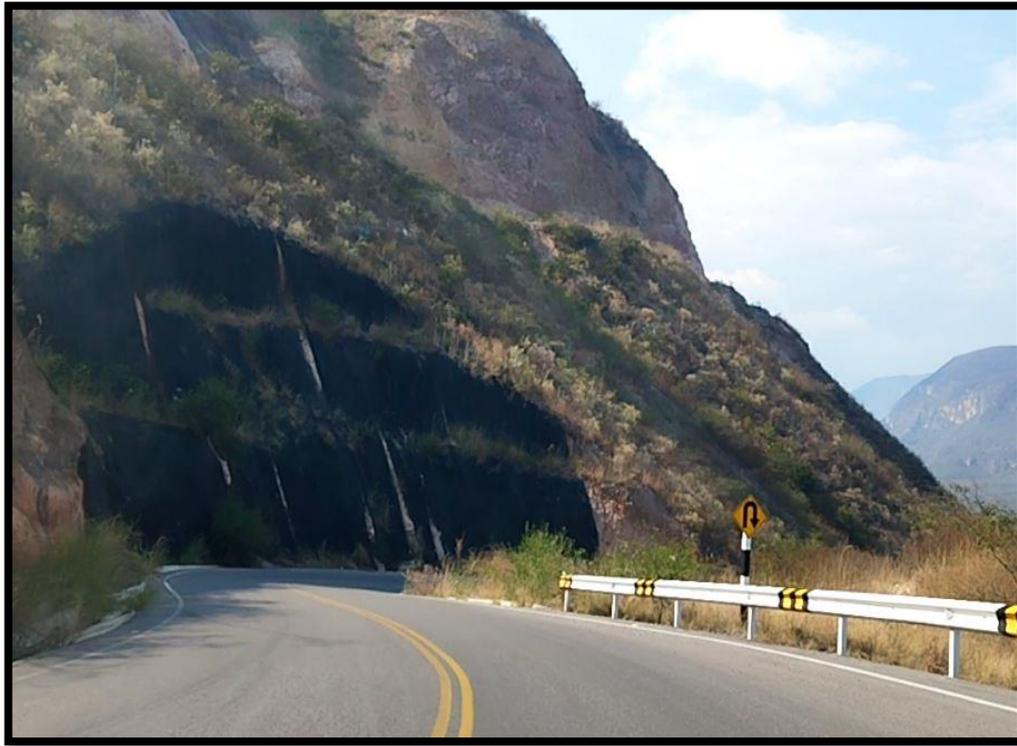
**Figura 24.** Fotografía km 1+670.00 – km 1+700.00



**Figura 25.** Fotografía km 2+050.00 y km 2+190.00



**Figura 26.** Fotografía km 2+680.00 – km 2+710.00



**Figura 27.** Fotografía km 6+650.00

