

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica



**“EVALUACIÓN GEOTÉCNICA, PARA EL CÁLCULO DE INESTABILIDAD SÍSMICA, DEL TALUD UBICADO EN EL KILÓMETRO 139 (500 AL 450), SAN JUAN - CAJAMARCA”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Luis Eduardo Chuquiruna Rojas

Asesor:

Ing. José Ramón Herrera Machuca

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

Dedicado: A mi querida Madre, autora de mis días, por su sacrificio, abnegación y ejemplo de perseverancia. A mi querido padre, mi ángel de la guarda, presente en todo momento con su bondad y amor. A mis docentes, Maestros, amigos y un gran ejemplo de enseñanza por la calidad y aliento de motivación para seguir adelante y mejora día a día. Por último, a mi querida esposa e hijo los seres que son mi motivo y mi razón de seguir adelante para seguir superándome día a día.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Mis padres por haberme guiado por el camino de la superación y apoyo profesional que sin ellos no podría haber llegado a donde estoy ahora. A mis Docentes, Por la calidad y aliento de motivación para seguir adelante y mejora día a día. Y en cada momento vivido a mi fiel esposa e hijo a jamás darme por vencido.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
INDICE DE TABLAS .....	5
INDICE DE FIGURAS.....	8
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
REFERENCIAS .....	67
ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n° 01. Ficha de Clasificación de riesgo de taludes .....	18
Tabla n° 02. Diferencia básica entre diversos métodos de análisis de estabilidad de taludes.	19
Tabla n° 03. Coordenadas UTM: DATUM WG 84 de los límites de la carretera.....	21
Tabla n° 04. Accesibilidad.....	21
Tabla n° 05. Tabla de tamices para la granulometría muestra 01 .....	34
Tabla n° 06. Tabla de Límite Líquido y resultado de límite plástico muestra 01 .....	36
Tabla n° 07. Pesos y volúmenes de muestra 01 .....	38
Tabla n° 08. Tabla de tamices muestra 02.....	38
Tabla n° 09. Tabla para la obtención del Límite Líquido y resultado de límite plástico muestra 02 .....	40
Tabla n° 10. Pesos y volúmenes de muestra 02.....	42
Tabla n° 11. Tabla de tamices de muestra 03.....	42
Tabla n° 12. Tabla de limite líquido y resultado de limite plástico muestra 03.....	44
Tabla n° 13. Tabla Pesos y volúmenes de muestra 03.....	46
Tabla n° 14. características de la muestra 01 calicata intermedia del talud.....	48
tabla n° 15. aplicaciones de carga muestra 01 calicata intermedia del talud.....	49
tabla n° 16. características de la muestra 02 calicata base del talud .....	49
tabla n° 17. aplicación de carga muestra 02 calicata base del talud.....	49
tabla n° 18. características de la muestra 03 calicata superior del talud .....	50
tabla n° 19. aplicación de carga muestra 03 calicata superior del talud.....	50
Tabla n° 20. Tabla de parámetros geotécnicos.....	50
Tabla n° 21. Valores de coeficiente sísmico recomendados en el análisis pseudoestático ...	51
Tabla n° 22. Escalade Mercalli.....	62
Tabla n° 23. Factor de seguridad.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Talud ubicado en el cuadrante de San Juan.....	16
Figura 02. Talud de la carretera San Juan kilómetro 139 (500 al 450).....	17
Figura 03. Quebrada cerca del kilómetro 140 de la carrera San Juan.....	22
Figura 04. Talud de la carrera San Juan.....	24
Figura 05. Talud margen izquierdo ubicado a 139 (500 al 450).....	24
Figura 06. Calizas intercaladas con margas amarillentas.....	28
Figura 07. Calizas bituminosas zona puente el tingo.....	29
Figura 08. Zona sísmica en el Perú (D.S. 0.30 “Diseño de sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones).....	33
Figura 09. Frente de suelo parte basal del talud a estudiar.....	34
Figura 10. Curva granulométrica muestra 01.....	35
Figura 11. Identificación de la clasificación AASHTO (Norma ASTM D-3282) Muestra 01.....	37
Figura 12. Límite líquido muestra 01.....	37
Figura 13. Grafica de curva de nivel muestra 02.....	39
Figura 14. Identificación de la clasificación AASHTO (Norma ASTM D-3282) Muestra 02.....	41
Figura 15. Límite líquido muestra 02.....	41
Figura 16. Curva granulométrica de muestra 03.....	43
Figura 17. Identificación de la clasificación AASHTO (Norma ASTM D-3282) Muestra 03.....	45
Figura 18. Límite líquido muestra 03.....	45
Figura 19. Esquema corte directo (Suarez, 2013).....	47
Figura 20. Círculo de falla $\sigma - \tau$ 48	
Figura 21. Método de Spencer resultado de factor de seguridad 1,334 talud totalmente estable a corto plazo ante un movimiento sísmico, la relación de cohesión y ángulo de fricción del talud en la parte intermedia según sus resultados indica que el tamaño de sus gravas es más grande, siendo distinto que las axiales por ello la forma de	

- hundimiento, a este tipo de caso se le conoce como  
Licuación.....52
- Figura 22. Método de Morgenstern - Price resultado de factor de seguridad 1,337 talud moderadamente estable a corto plazo ante un movimiento telúrico, ya que las gravas son de distinto tamaño, provocando un aumento de la presión de poros, debido a los esfuerzos generado por pequeños sismos..... 53
- Figura 23. Método de Spencer resulto factor de seguridad 0.821, talud inestable y susceptible a movimiento sísmico con un coeficiente sísmico de 0.33, este fenómeno llamado licuación en taludes produce deslizamientos por la influencia sísmica .....54
- Figura 24. Método de Morgenstern - Prince según análisis pseudoestático, resulto factor de seguridad 0.760, con un coeficiente sísmico de 0.333, talud inestable en condiciones sísmicas ..... 55
- Figura 25. Método de Spencer, Factor de seguridad 0.655 con un coeficiente sísmico de 0.5, susceptible a sismicidad por la licuación más en la zona intermedia del talud .....56
- Figura 26. El Método de Morgenstern - Prince, Factor de seguridad 0.615 con un coeficiente sísmico de 0.5, se dividió en tres zonas por la diferencia de la cohesión y ángulo de fricción .....57
- Figura27. La gran diferencia entre usar un coeficiente sísmico 1/3 o 0.33, son indica que a los 5.4 metros hasta 11.5 metros el talud es totalmente inestable y el deslizamiento del suelo se producirá en esta distancia los métodos de evaluación son muy parecidos, adicionando que el punto cero es el punto que está cerca de la carretera de San Juan hacia Choropampa..... 59
- Figura 28. La gran diferencia entre usar un coeficiente sísmico 1/2 o 0.5, son indica que a los 4 metros hasta 11.6 metros el talud es totalmente inestable y el deslizamiento del suelo se producirá en esta distancia los métodos de evaluación son muy parecidos, este coeficiente sísmico a diferencia del anterior asume distancia más grande por ende se realiza la comparación de los dos coeficientes .....60

Figura 29. Evidencia de deslizamiento de suelo al costado del talud 139 (450 al 500).....	61
Figura 30. Evidencia de deslizamiento antes del llevar al talud 139 + 450 al 139 + 500.....	62
Figura31. Resultado del deslizamiento por un coeficiente sísmico de $K_s = 1/3$ . Deslizamiento evidente por fenómeno de licuación, con desplazamiento de masa de suelo a favor de la falla circundante .....	63
Figura32. Resultado del deslizamiento por un coeficiente sísmico de $K_s = 1/2$ . Deslizamiento evidente por fenómeno de licuación, originando un descenso de suelo de la parte superficial.....	64
Figura 33. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 01 .....	71
Figura 34. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 02 .....	71
Figura 35. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 03 .....	72
Figura 36. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 04 .....	72
Figura 37. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 05 .....	73
Figura 38. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 06 .....	73
Figura 39. Muestra de suelo que pasa por tamices .....	74
Figura 40. Peso de suelo .....	74
Figura 41. Peso de la Tara.....	75
Figura 42. Tara más suelo húmedo.....	75
Figura 43. Resultados finales.....	76
Figura 44. Talud inicial sin deslizamiento parte 1.....	86
Figura 45. Talud con deslizamiento inicial.....	86
Figura 46. Talud con deslizamiento.....	87
Figura 47. Talud con deslizamiento inicial coeficiente sísmico 0.5 .....	87
Figura 48. Deslizamiento inicial coeficiente sísmico 0.5 .....	88
Figura 49. Deslizamiento coeficientes sísmico 0.5.....	88



## RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo determinar el comportamiento del talud ante un agente sísmico dicho talud que es parte la carretera del distrito de San Juan se usara los criterios estáticos y pseudoestáticos para determinar el comportamiento, el talud tiene grietas de tracción este tipo de esfuerzos de tensión pueden generar deslizamientos, para ello se realizó ensayos del tipo de suelo siendo esto Gravas con pocos finos o GW en el cual es muy propenso a fenómenos de sismicidad, todo este diseño y resultado geotécnicos se trasladó al software Slide V 6.0, donde los resultados fueron positivos que el talud es propenso a Deslizamientos. Sin embargo, para realizar un adecuado análisis la mecánica del suelo, se analizó el ensayo de análisis granulométrico y corte directo para determinar dicho fenómeno el causaría un deslizamiento; por último, se modelo en el programa Slide V 6.0, siendo este importante para ver el comportamiento sísmico.

El talud está expuesto a procesos de meteorización y condiciones climáticas. El desequilibrio del talud depende tanto del comportamiento geotécnico superficial; siendo mayor el riesgo en periodos climáticos como lluvias intensas por temporadas, así mismo, son involucrados por movimientos telúricos de la corteza terrestre. Se analiza los resultados con criterio estático y pseudoestático para el cálculo de factor de seguridad indicando cuan seguro es el talud en la carretera, puesto que; la influencia el factor sismológico es un agente de inestabilidad para un criterio pseudoestático; para ello, se identificaron características litológicas, físicas, mecánicas de los materiales que conforman dicho talud, y factores condicionantes que son susceptibles a deslizamientos.

Con todos estos datos que se obtuvieron del talud dando como resultado una inestabilidad antes un agente de movimiento telúrico como los que están suscitándose en la actualidad.

**Palabras clave:** Geotecnia, Sismicidad, Estabilidad de taludes, Mecánica de suelos y Deslizamiento.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

(Mendoza, J. 2016), señala que *“El análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay, en el cual se estudió los taludes de la mina, realizando análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas con valores variables, en el cual se definió los parámetros más óptimos de diseño de taludes con el fin de reducir los riesgos de deslizamientos”*.

Las obras de ingeniería como taludes, carreteras, túneles, etc. Son necesarias para un crecimiento y desarrollo del país, sin embargo; cada movimiento sísmico en la corteza terrestre es un agente que activa deslizamientos, hundimientos, inestabilidad de taludes, siendo este de gran importancia en la construcción de este tipo de estructuras así mismo el agente climático y muchos otros.

(Ibérico, R. 2015), señala que *“los tipos de fallas geotécnicas que influye en la inestabilidad de un talud dependiendo del tipo de suelo y la magnitud de daño”*.

Se decidió realizar la investigación en el talud ubicado en el kilómetro 139 (500 al 450) por el comportamiento de los suelos y las grietas de tracción que este posee, el cual se encuentra ubicado sobre una zona de sismicidad intermedia identificada en el Decreto Supremo 0.30 de Sismoresistencia, ya que al deslizarse masas de suelo hacia la carretera obstaculizara el pase de vehículos perdiendo horas hasta días en los pasajeros al igual que en empresas de transporte y el paisaje de la carretera, el movimiento telúrico en las fechas de enero hasta marzo promueve una inestabilidad de los taludes de dichas vías, generando con su deterioro perdidas económicas cuantiosas y falta de accesibilidad de dichas vías. En este sentido es de suma importancia la identificación e implementación de medidas basadas en estudios geotécnicos, parte de estos eventos ocurren en la carretera San Juan, donde se han determinado deslizamientos.

Es por ello se ha visto conveniente ejecutar el cálculo de estabilidad considerando la cohesión y ángulo de fricción para identificar el fenómeno de inestabilidad, con el

objetivo de mitigar el deslizamiento del talud partiendo de un análisis estático y pseudoestático, ya que esta evaluación calculará el comportamiento en del talud.

(Mendo 2018), Informa que” *...existen muchas maneras que nos permiten realizar análisis ingenieriles más exactos en cualquier tipo de estructura que se desea construir, la geotecnia es una de las ramas más importantes en la Ingeniería Geológica como Ingeniería no es indiferente a estos avances, ahora podemos realizar cálculos con mayor precisión gracias a los nuevos softwares como Geoslope, Slide, Unwedge, Swedge, Geo5 entre otras. Estos instrumentos tecnológicos sumados a los conocimientos y experiencias que se adquiere a través de los años nos ayudan a formar un criterio más amplio sobre lo que ocurre y así poder determinar una solución inmediata”.*

En la Actualidad en Cajamarca, no cuenta con una adecuada evaluación de los diferentes tipos de taludes sea en suelo o roca para su diseño de estabilidad, pudiendo originarse deslizamientos, derrumbes que pueden afectar vehículos y pérdidas humanas, a los moradores y transeúntes, incluso a la topografía y geomorfología de diferentes lugares.

(Mendo 2018), señala que” *...ningún tipo de análisis puede ser elaborado sin tener un ensayo que determine los parámetros geotécnicos del sitio. Por lo tanto, uno de los objetivos de esta investigación fue obtener los parámetros de cohesión y ángulo de fricción mediante el ensayo de corte directo. Por otro lado, analizar la relación que existe entre estos dos parámetros nos dirá que fenómeno sísmico activara el deslizamiento, en esta investigación se utilizó el programa Slide 0.6 y el coeficiente sísmico para conocer la realidad del sitio en condiciones estáticas y pseudoestáticas, así mismo este programa incorpora varios métodos para realizar el análisis”.*

Para la ejecución del análisis de estabilidad se usó la teoría del equilibrio límite, ya que; posee los criterios de un cuerpo en estado estático y para un estado pseudoestático se agrega el coeficiente sísmico estándar. Para la obtención de las secciones se utiliza software tal como AutoCAD. Asimismo, el análisis se llevó a cabo con el programa

computacional Slide V.6.0 de la empresa Rocscience, por el método Morgenstern - Price y el método de Spencer “Actualmente más usados”.

En la Tesis de Valladares (2015), comparó que *“los principales métodos de estabilidad de taludes, para poder explicar la evolución que han tenido a través de los años, así como las herramientas de software que se van implementando en los diversos métodos de estabilidad. El talud analizado está formado por un relleno de arcilla limosa café oscuro, de consistencia 4 blanda a firme, hasta una profundidad de 8.4 m. Debajo de esta se encuentra un relleno de arcilla limosa café oscuro, de consistencia firme, hasta 10.2 m. Bajo éste se encontró una arcilla arenosa limosa café de consistencia muy firme, hasta 11.4 m. De esta profundidad y hasta 20 m aparece una arena limo arcillosa café, con grava. Este talud está sometido a intensas lluvias”*

Las fallas en los taludes se presentan cuando los esfuerzos que tienen que actuar sobre ellos sobrepasan la resistencia de los materiales que la compone, esto puede ser producido por la gravedad, presión de poros, el movimiento de las placas tectónicas, entre otros.

Para un Fallamiento de taludes en suelo según datos estadísticos se sabe que el 40 % de deslizamientos ocurren a causa de fuertes lluvias. (Gidahatar, 2017) *“...El estudio de los deslizamientos ocurridos se hace mediante los métodos tradicionales de análisis de estabilidad tomando como ingreso que el suelo se encuentra saturado. Actualmente, existen otros métodos como el de tomar un modelo de corte del talud con su estado de esfuerzos actual, sin modificar sus propiedades como tomarlo saturado o con la presión de poros actuando en compresión.; este último modelo se hace debido a que existen estudios que demuestran que existen deslizamientos ocurriendo en las zonas no saturadas del talud. Existe una fuerte relación entre lo que dura una intensa precipitación de lluvia y la variación de la presión de poros en el suelo. El estudio de suelos no saturados aplicado en la agricultura es de gran ayuda y sus modelos son utilizados para analizar la responsabilidad de la hidrología en la estabilidad de taludes”*.

*“En el estudio de estabilidad de taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. El agente externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa: el peso y eventualmente los efectos de filtración a los que debe añadirse, generalmente como factor secundario, posibles cargas externas.” (German, 2017)*

El análisis pseudoestático se tiene en consideración los movimientos sismorresistentes dados en el Libro de comportamiento geotécnico de Jaime Suarez en el año 2009. comparando de resultados de estos tipos de factor de seguridad y ver la diferencia entre estos métodos pseudoestáticos. Se utiliza el mismo criterio de análisis en especial los métodos a usar agregando los coeficientes sísmicos.

*Sanhueza y rodríguez (2013). Describió que “Se entiende que los sismos son una causa principal de deslizamientos... Por ello, es importante analizar la estabilidad de un talud natural o ladera antes de considerar una futura construcción en su alrededor. Existen casos a nivel nacional e internacional, de desastres ocurridos y que involucran pérdidas de vidas humanas debido a que no se realizaron los análisis correspondientes para determinar el potencial de deslizamiento, por lo tanto, no se pudieron tomar medidas correctivas o de estabilización de taludes”*

*En la Tesis de Morales (2009), Describió que “los lineamientos básicos y elementales de estabilidad de taludes, tomando en consideración todos los factores que intervienen en el mismo. Se determinó las ventajas de aplicar el Método de equilibrio Límite. Además, se realizó un análisis comparativo de los métodos: Bishop Modificado, Fellenius y el Janbú”*

*En la Tesis de Aguilar y Zúñiga (2015), señala que “un análisis comparativo de los factores de seguridad que generan los distintos métodos de equilibrio límite a través de la herramienta informática SLIDE. El cual permite calcular y determinar los factores de seguridad utilizando como metodología algunos de los Métodos de Equilibrio Límite, como: el Ordinario, el Bishop simplificado, el Janbú simplificado, el Spencer, el Morgenstern y Price”*

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el resultado de realizar el cálculo de inestabilidad, acorde a la evaluación geotécnica del talud ubicado en la carretera de kilómetro 139 (500 al 450), San Juan - Cajamarca?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Realizar la evaluación geotécnica sísmica usando criterios estáticos y pseudoestáticos, para el cálculo de inestabilidad, en el talud ubicado en la carretera de kilómetro 139 (500 al 450), San Juan - Cajamarca, 2018.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos para evaluar la inestabilidad con criterios sísmicos estáticos y pseudoestáticos, en el talud ubicado en la carretera de kilómetro 139 (500 al 450), San Juan - Cajamarca, 2018.
- Analizar la relación que existe entre la Cohesión y el ángulo de Ficción interna para analizar la forma del talud y el porque del hundimiento intermedio de este.
- Analizar la inestabilidad del talud con el coeficiente de sismicidad para un análisis estático y pseudoestático establecido en el D.S. 0.30 del “Diseño de sismoresistencia” del talud ubicado en el kilómetro 139 (500 al 450), San Juan - Cajamarca, 2018.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

De acuerdo a la evaluación geotécnica el talud del kilómetro 139(500 al 450) San Juan – Cajamarca, es sísmicamente inestable.

#### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Existe la relación significativa entre las características físicas y mecánicas de los suelos para el cálculo de inestabilidad con criterios sísmicos estáticos y pseudoestáticos, en el talud ubicado en la carretera de kilómetro 139 (500 al 450), Distrito de San Juan - Cajamarca, 2018.
- Existe la relación significativa entre la cohesión y Angulo de Fricción interna para ver el diseño del talud ubicado en la carretera de San Juan kilómetro 139 (500 al 450), en el departamento de Cajamarca, 2018.
- Existe la relación significativa del coeficiente de sismicidad en un análisis pseudoestático para determinar la inestabilidad del talud mediante el análisis del factor de seguridad.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación según su finalidad es “aplicada” porque se usa la ciencia y teoría ya que existente para aplicarla de manera directa en casos prácticos reales, en razón, que se utilizara el coeficiente sísmico en el talud. La investigación aplicada busca el conocer cuando el talud es inestable usando un análisis pseudoestático aplicando el coeficiente sísmico, asimismo la información obtenida a través de esta investigación debería ser también aplicable en cualquier lugar y por tanto ofrece oportunidades significativas para su difusión (Zorrilla, 1993).

El nivel de investigación viene dado por el grado de profundidad y alcance que se pretende con la misma. El nivel es “descriptivo”, consiste en describir situaciones, sucesos, fenómenos sísmicos en cuando un talud es propenso a deslizarse por movimiento sísmico. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernández, 2010)

### 2.2. Población y muestra

#### 2.2.1. Población

Taludes de la carretera San Juan.

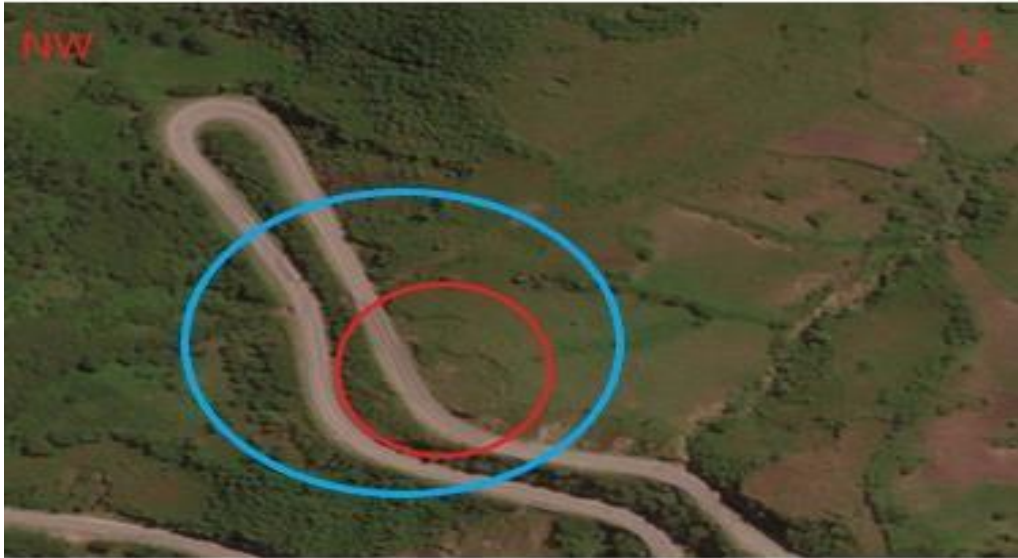


*Figura 01: Talud ubicado en el cuadrante de San Juan.*



### 2.2.2. Muestra

El talud ubicado en el kilómetro 139 (500 al 450) de la carretera San Juan, ubicado en el departamento de Cajamarca.



*Figura 02: Talud de la carretera San Juan kilómetro 139 (500 al 450).*

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recolección de información se hará directamente sobre la superficie del talud por donde pasa la carretera del distrito de San Juan – Cajamarca, donde se estudiará el suelo y el comportamiento sísmico. Se usó los instrumentos Portátiles como Brújula, picota geológica Estwing, GPS Navegatorio Garmin Mal 60 Cx, Wincha (30 m), Libreta de campo, Ficha de deslizamientos, mapa topográfico, mapa geológico, mapa satelital, mapa de vulnerabilidad, bolsas de muestreo y cámara fotográfica Sony DSC-WX80. También se realizarán ensayos de laboratorio de suelos en granulometría, plasticidad y limite líquido. La evaluación se realizará directamente en campo sobre la superficie del talud y en laboratorio para la obtención de cohesión y Angulo de fricción tanto en uniaxial como carta puntual, se usará además el software Slide V 0.6, Phase V 0.2, AutoCAD Civil y ArcGIS 10.5.

Además, se utilizó la técnica de observación para identificar deslizamiento.

**Tabla 01:**

*Ficha de Clasificación de riesgo de taludes*

---

**CLASIFICACION DE RIESGO DE TALUDES CARRETERA  
SAN JUAN KILÓMETRO 139 (450 AL 500)**

---

Progresiva (km)	de:	
	a:	
	(Marguen de la carretera)	
Características	Fenómeno	DESLIZAMIENTO
	Estable (0)	
Equilibrio Actual	Intermedio (1)	
	Critico (2)	
Evolución	Nula (0)	
	progresiva (3)	
	Suave < 10° (0)	
Topografía	Media 10-30° (1)	
	Fuerte > 30° (2)	
	< 10 (0)	
Volumen (m3)	10-100 (1)	
	100-1000 (2)	
	>1000 (3)	
	Ligero (1)	
Daños Materiales	Medio (2)	
	Catastrófico (3)	
	Valoración	
	Altura de Talud (m)	
	Pendiente del talud (°)	
	Litología	
	Factor de Humedad	
	Evaluación Integral	

---

Fuente: Propia

**Tabla 02:**

*Diferencia básica entre diversos métodos de análisis de estabilidad de taludes (Alva Hurtado, 1994).*

Deslizamiento	Condición de equilibrio satisfecha				Forma de superficie de falla	Cálculo Manuales	Cálculos en computador
	Nom. Total	Nom. Dovela	Vertical	Horizontal			
Método ordinario dovela	Sí	no	no	no	Circular	sí	Sí
Método Bishop simplificado	Sí	No	No	No	Circular	sí	Sí
Método Janbu general de dovelas	Sí	Sí	Sí	Sí	Cualquiera	sí	Sí
Métodos Spencer y Morgenstern – Price	Sí	Sí	Sí	Sí	Cualquiera	no	Sí

Fuente: Propia

### 2.3.1. Consideraciones

- Tabla de Coeficiente de sismicidad de Jaime Suarez
- Tabla de Mercalli
- Tabla de Factor de seguridad de Osiderming

## 2.4. Procedimiento

El desarrollo metodológico para el presente estudio tiene dos etapas:

### **Etapas pre campo.**

Para elaborar esta tesis fue muy importante recolectar de documentos bibliográficos, publicaciones de organismos gubernamentales y afines de trabajos anteriores desarrollados en la zona de estudio, documentos asociados a sismología y la influencia en taludes; lo cual permitió determinar las limitaciones de la investigación y elaborar un adecuado plan de trabajo.

### **Etapa de campo.**

Consiste en realizar el reconocimiento de la zona y el área de influencia, realizando el cartografiado geológico del Talud ubicado en la carretera San Juan - Cajamarca, recolectando la información geológica, geotécnica y sismológica para su análisis y evaluación.

### **Etapa de análisis e interpretación.**

La información recopilada de campo es interpretada y analizada en gabinete, dicha información ha sido ingresada al software para la construcción del Talud en 3D y esta evaluada en condiciones sísmicas.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Características específicas de la Zona de estudio

- **Ubicación Geográfica**

Geográficamente la carretera San Juan del departamento de Cajamarca, se encuentra en la cordillera occidental de los andes en el norte del Perú, al suroeste de la ciudad de Cajamarca. Con Coordenadas UTM: DATUM WGS 84, ZONA -17S.

**Tabla 03**

*Coordenadas UTM: DATUM WG 84 de los límites de la carretera.*

Vértices	Norte	Este
<b>Punto Inicial</b>	9195000	772000
<b>Punto Final</b>	9194000	775000

Fuente: Propia

- **Accesibilidad**

Para acceder a la zona de estudio es indispensable conocer cómo llegar a dicho lugar.

**Tabla 04**

*Accesibilidad:*

	Carretera	Tiempo
<b>Asfalto</b>	Cajamarca – Zona de estudio	45 min
<b>Asfalto</b>	Lima – Zona de estudio	13 horas 10 minutos

Fuente: Propia

- **Geomorfología**

Morfológicamente se distinguen dos zonas; una zona media con presencia de depósitos aluviales y con un clima seco, temperaturas altas y presencia de vegetación contribuyendo a una meteorización biológica y la erosión que

origina una extensa cubierta detrítica conformando terrazas y laderas inestables en el tramo de la carretera.

En la segunda zona que se encuentra a menor altura tenemos un valle más maduro con presencia de terrazas, presencia de depósitos aluviales con fragmentos de rocas menores a un metro de formas angulares a subredondeados, también encontramos presencia de depósitos por cárcavas y deslizamientos, los cuales han generado fuertes pendientes, constituyendo depósitos coluvio – aluviales naturales y antrópicos.

- **Quebradas**

Las quebradas son lechos jóvenes con geometría en forma de V con fuertes procesos de erosión lateral y de fondo, conformando canales de descarga del tipo angosto; pero, profundo como ya se describirá en el modelo geotécnico que en tiempos de estiaje se encuentra sin presencia de agua, la geometría del canal de las quebradas es poca sinuosa por su condición juvenil y debido a la variabilidad de la descarga pluvial, relacionándose con la profundización del cauce a lo largo de toda su longitud.



*Figura 03. Quebrada cerca del kilómetro 140 de la carrera San Juan.*

El comportamiento cinético es más notorio cuando se observa una mayor erosión de fondo que lateral en los meses de altas precipitaciones y por consiguiente se acelera los procesos de erosión de las laderas desde las partes altas.

- **Cárcavas**

Ubicadas principalmente en las partes más altas, aunque no muy frecuentes ni con tanta notoriedad en el recorrido desde Peña Blanca hasta Choropampa. La erosión profunda facilita el avance lateral y frontal de las cárcavas, evidenciándose algunas de ellas en sus secciones en forma de V irregular y otras más erosionadas con tendencia a la forma de U, que en algunos casos se evidencia una erosión acelerada por la disminución de la cobertura vegetal y las precipitaciones lluviosas.

- **Terrazas**

Se evidencian debido a las acumulaciones de sedimentos y rocas como bloques, gravas, arenas, depósitos coluviales – aluviales en las pendientes y márgenes de la carretera. Estas geoformas son materiales producto de varios procesos erosivos relacionados con los ríos y quebradas en zonas bajas, que se encuentran definidos por una matriz heterogénea e irregular sin una estratificación definida.

- **Taludes**

Los taludes expuestos en la carretera Peña Blanca – Choropampa, son generalmente inestables debido a su geometría y composición heterogénea, con pendientes que van desde 60° hasta 80° los cuales son afectados por el proceso fluvial, teniendo como resultados taludes bastante meteorizados.



*Figura 04. Talud de la carrera San Juan.*



*Figura 05. Talud margen izquierdo ubicado a 139 (500 al 450).*

- **Geología local**

En área de estudio, tomando como referencia el plano geológico de la carta del INGEMMET, y específicamente siguiendo el cauce y alrededores de la Quebrada Puyllucana, encontramos las Formaciones Carhuaz, Farrat, Yumagual, Inca y Chulec. Las mismas que conciernen a diferentes tipos de litologías sedimentarias pertenecientes al Cretáceo Inferior éstos pertenecen



al grupo Goyllarisquizga. En esta última Formación se encontraron depósitos cuaternarios fluvio aluviales y lacustres.

➤ **Grupo Goyllarisquizga**

**Formación Farrat (ki-f)**

Esta formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretáceo inferior. Consta de areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje.

La formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual.

Por su similitud litológica con la formación Chimú es fácil confundirlas, siendo necesario en el campo, establecer muy bien sus relaciones estratigráficas para diferenciarlas, aunque en algunos casos solamente por la falta de mantos de carbón es posible diferenciarla de la formación Chimú.

Por sus características litológicas, es común encontrar a las formaciones Farrat y Chimú conformando escarpas y altas cumbres agudas y largas, observables por las zonas de Contumazá, Asunción, Cospán, hacienda Chuquizongo, Callacullán, Algamarca, ruinas de Marcahuamachuco, Tamboras y al sur de Huamachuco.

A lo largo de la carretera Coína-hacienda Huacamochal, después de pasar el desvío a la hacienda Chuquizongo, se ha encontrado en la formación Farrat magníficas impresiones o huellas de pisadas de saurios, circulares y dirigidas perpendicularmente a los ripple marks. Aproximadamente a 15 m. de dichas huellas existen otras pisadas donde se notan tres uñas en otros estratos

dispuestos indistintamente. Cuando se hallaron estas huellas, se estaba haciendo el ensanchamiento de la carretera hacia la hacienda Huacamochal.

**Edad y Correlación.** - En el corte de la carretera Cajamarca-San Juan, a la altura del cerro Ventanilla, la parte inferior de la formación Farrat contiene impresiones de plantas regularmente conservadas correspondientes a *Weichselia* peruviana ZEILLER, *Scleropteris* cf. *S. ellensis* SALF y restos de tallos indeterminados, pero asignables al Cretáceo inferior.

### **Formación Inca (ki-in)**

Esta formación, inicialmente llamada “Capas Rojas” del Barremiano por TAFUR (1950), fue posteriormente definida por BENAVIDES (1956) como formación Inca, refiriéndose a los afloramientos al este de los Baños del Inca en Cajamarca.

Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat, con un aparente paso transicional. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza, pero en el resto del área, el color predominante es amarillo-anaranjado, con evidente acción de limonitización. Su grosor no pasa de los 100 m.

Esta formación representa a la cuenca occidental, caracterizada entonces por un mar de poca profundidad con corrientes turbulentas y bien oxigenado.

**Edad y Correlación.** - En esta unidad es común encontrar estratos con numerosos pelecípedos entre los cuales abundan: *Cucullaea*, *Pterotrigonia*, *Buchotrigonia*, algunos equinodermos (*Enallaster*), escasos cefalópodos y *Parahoplites nicholsoni*. En la parte superior aparece *Douvilleicer* que representa la base de la formación Chúlec. Por la presencia de *Parahoplites*,

BENAVIDES (1956) asignó para la formación Inca una edad Albiano inferior, pero teniendo en cuenta que éstos presentan sus costillas con poco abultamiento en el lado umbilical, respecto a los parahoplites albianos que los tienen más desarrollados (Hypacanthoplites), la edad de la formación Inca se encuentra entre el Aptiano superior y Albiano inferior, máxime si se tiene en cuenta que en algunos lugares ella se presenta como un paso transicional de la formación Farrat.

### **Formación Chulec (ki-chu)**

Esta formación fue determinada por MC LAUGHLIN (1925) y al igual que en los Andes centrales, se extiende en la zona norte del Perú suprayaciendo concordantemente a la formación Inca e infrayaciendo con la misma relación a la formación Pariatambo.

Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Sus grosores varían de 200 a 250 m. con tendencia a aumentar hacia el suroeste.

Generalmente, los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos algo azulados.

**Edad y Correlación.** - La formación Chulec es fosilífera por excelencia, habiéndose encontrado restos de cefalópodos, lamelibranquios y equinoideos, tales como *Paregonoceras pernodosum* (SOMMERMEIER), *Knemiceras* sp., cf. *Knemiceras* sp., *Knemiceras crassinodosum* (SOMMERMEIER), *Knemiceras raimondi* (LISSON), *Paregonoceras* sp., *Paregonoceras* n. sp., *Lyelliceras* sp. Y *Douvilleiceras* sp., *Nucula turgida* RICHARDS, *Pecten* sp, aff. *P. tenouklensis* COQUAND, *Tellino* (*Linearia*) *andium* GERHARDT y *Exogira* sp; y, *Cyphosoma texanum* Roemer.

Estos fósiles se encuentran distribuidos en la parte baja del Albiano medio y en el Albiano inferior, por lo que a la formación Chúlec se le correlaciona con la parte inferior de la formación Crisnejas que aflora en el valle del Marañón y con la formación Santa Ursula. Esta formación se extiende por los Andes centrales del Perú.



*Figura 06. Calizas intercaladas con margas amarillentas.*

### **Formación Pariatambo (ki-pa)**

Esta unidad fue inicialmente estudiada por MC LAUGHLIN (1925); en el área consiste de una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Generalmente, su espesor oscila entre los 150 a 200 m.

La formación Pariatambo yace concordantemente sobre la formación Chúlec e infrayace, con suave discordancia a la formación Yumagual; relación observable en la cuenca de Puyllucana, en la carretera Cajamarca-La Encañada, al este de los Baños del Inca. En el sector oriental se hace algo masiva y cambia lateralmente a la facies del valle del Marañón. Las mejores exposiciones de esta unidad se hallan en los alrededores de Cajamarca, La Encañada, San Marcos y hacienda Tambería.

**Edad y Correlación.** - La formación Pariatambo contiene generalmente restos de moluscos, entre los que predominan *Oxitropidoceras carbonarium* (GABB), *Venezoliceras*, cf, *Lyelliceras* sp. Ind., cf. *Lyelliceras* sp. *Dipoloceras*, *Mojsisoviczia*, y *Ostrea* (*Lopha*), sp.; además otros *Acanthocerataceae* y *Brancoceratidae*.



*Figura 07. Calizas bituminosas zona puente el tingo.*

### **Formación Yumagual (ki-yu)**

Esta denominación fue dada por TAFUR (1950) Y BENAVIDES (1956). Suprayace con leve discordancia a la formación Pariatambo e infrayace con aparente concordancia a la formación Mujarrún y Grupo Quilquiñán indiviso.

La formación Yumagual consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, destacando un miembro mediolutáceo margoso, amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas elongadas debido a su dureza uniforme. Algunas veces se intercalan bancos calcáreos, compuestos en su mayor parte por restos de fósiles y microfósiles (pampa de Huanico y comienzo del desarrollo de la carretera hacia la hacienda Huagal). En algunos horizontes se observan nodulaciones calcáreas. Tiene un grosor aproximado de 700 m.

La formación Yumagual se expone ampliamente dentro y fuera del área especialmente a partir del río Crisnejas, San Marcos y Cajamarca. Por la forma topográfica que adopta, muchas veces puede confundírsele con la formación Cajamarca, aunque sus grosores, litología y fauna, dentro del área se mantienen uniformes, tanto en el sector occidental como oriental. Dichas características varían hacia el sur del área.

**Edad y Correlación.** - La formación Yumagual se caracteriza por tener un delgado miembro intermedio bastante fosilífero, por lo que litológicamente puede confundírsele con las formaciones Mujarrún o Quilquiñán. Es común encontrar pequeños Oxitropidoceras en la base de la formación, hallándose, además, en la zona de La Encañada, al norte de la hacienda Palloc y en la parte superior de los baños de Yumagual, *Ostrea scyphax* COQU, *Lopha* sp. *Liopistha* sp., *Venus* sp. y *Paraturrilites* sp.

En los niveles masivos es difícil hallar fósiles, sin embargo, en el desvío de la carretera hacia los yacimientos de Michiquillay y en el caserío de Conga se han encontrado: *Exogyra* cf. *E. boussingaulti* d'ORB., *Exogyra* cf. *E. aquila* BROGNIART, *Natica* sp. y *Phymosoma texanum* ROEMER.

Las especies citadas son representantes del Neo-Albiano y parte temprana del Cenomaniano, correlacionándoseles a estos afloramientos con la parte inferior del Grupo Puyllucana y con la parte baja de la formación Jumasha del centro del país.

### **Formación Quilquiñan (ks-qm)**

La base consiste en una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas con abundantes elementos del género *Exogyra*. Continúan delgados lechos de calizas nodulares con margas de color pardo amarillento, también fosilíferas. Finalmente se encuentran bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles. Alcanza un espesor aproximado de 500 m.

**Edad y correlación.** - la fauna identificada en la formación Mujarrún y formación Quilquiñán ubica a estas unidades entre el Cenomaniano medio y el Turoniano inferior

#### **Formación Cajamarca (ks-ca)**

Esta formación consiste de calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas. Las calizas se presentan en bancos gruesos con escasos fósiles.

Esta formación yace concordantemente sobre la formación Quilquiñán y con la misma relación infrayace a la formación Celendín. Su grosor varía entre los 600 y 700 m.

**Edad y correlación.** - el *Coilopoceras neweli* asigna a la formación Cajamarca la edad perteneciente al Turoniano superior. Se correlaciona con la parte superior de la formación Jumasha, corresponde a la parte inferior de la formación Otuzco.

#### **Formación Celendín (ks-ce)**

Esta formación está constituida por margas y lutitas de color gris azulado y amarillo rojizo, abigarradas hacia el tope, en capas cuyo grosor en la base varía entre 2 y 6 m, alcanzando hasta 8 m, en la parte superior.

La formación Celendín presenta intercalaciones de calizas margosas algo nodulosas en capas delgadas, algunas son lumaquéllicas, asimismo calizas areniscas color gris amarillento, sobre todo en la parte superior. Se observa abundantes láminas de yeso secundario distribuido en el material arcilloso, formando costras en los estratos calcáreos o también rellenando cavidades. Su grosor aproximado es de 300 m.

El contacto de la formación Celendín con la formación Cajamarca que infrayace es concordante, en cambio el contacto suprayacente con la

formación Chota no es claro debido a la cobertura del material reciente. Esta formación representa el final de la sedimentación marina del cretáceo iniciándose la sedimentación continental de las capas rojas.

**Edad y correlación.** - esta formación es muy fosilífera, principalmente en la parte inferior y media, la fauna se encuentra tanto en los niveles limoarciliticos como en los calcáreos y corresponden a cefalópodos, equinodermos, pelecípodos pertenecientes al Coniaciano y Santoniano.

La formación Celendín se extiende hasta la región central del Perú y es equivalente lateral de la formación Arenisca de Azúcar de la región subandina.

➤ **Depósitos cuaternarios (q)**

Constituido por fragmentos de rocas pre existentes. Están formados por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, debido principalmente a su medio de transporte (viento, agua) y a la meteorización.

Por lo que, la clasificación de los materiales, granulometría, forma y tamaño, dependen de su agente de transporte. Teniendo en cuenta las relaciones geológicas los depósitos sedimentarios pueden ser de origen: aluvial, fluvial, lacustre, glacial y fluvioglacial.

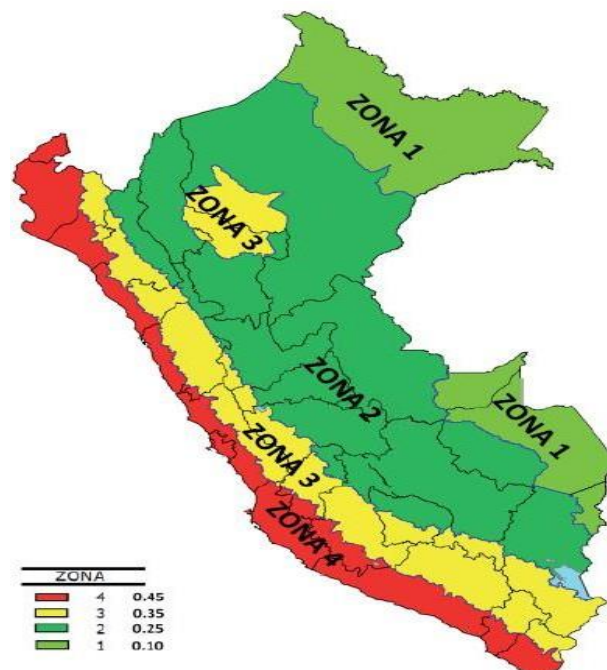
### **3.2. Zona de sismicidad**

Todo esto para aplicar dicha correlación de resultados del factor de seguridad en estado estático y pseudoestático del cual se extrae dicha información para determinar qué tipo de estructura soportará mejor a un talud en condiciones sísmicas.

Además, al escoger un talud el cual debe ser de características de amenaza para un deslizamiento en la carretera que puede estar asociada a la zona de estudio, ya que; está en la zona de influencia sísmica en la zona 3 según el D.S 0.30 “Diseño de Sismorresistente”.



Para recolectar datos se usa la técnica de observación en la cual identificamos un talud donde la parte intermedia de dicho talud sufrió un hundimiento esto puede darse por miles de consecuencias del suelo, por ello se escogió para hacer el experimento de ver cuán susceptible es ante una actividad sísmica y más aún desde los eventos registrados desde los meses de enero hasta marzo según INDECI o Instituto Nacional de Defensa Civil Cajamarca en especial las zonas de San Juan han sido víctimas de deslizamientos de taludes por lluvias intensas y movimiento tectónico sísmico, también se ubicó las zonas donde poder hacer las calicatas, con ello ver el comportamiento del suelo y realizar un análisis tanto estático como pseudoestático para ver en este análisis si el talud es susceptible a un evento sísmico moderado como el ocurrido en Ilaconora.



*Figura 08: Zona sísmica en el Perú (D.S. 0.30 “Diseño de sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones).*

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

### 3.3. Características físicas y mecánicas de los suelos

Los suelos, son agregados naturales de granos minerales unidos por fuerzas de contacto, normales y tangenciales a las superficies de las partículas adyacentes, separables por

medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua (González de Vallejo L. 2004).

El conocimiento de todos ellos permitirá un correcto análisis del talud, la evaluación del estado de estabilidad del mismo y, en su caso, el diseño de las medidas que deberán ser adoptadas para evitar o estabilizar los movimientos. (González de Vallejo L. 2004).



*Figura 09. Frente de suelo parte basal del talud a estudiar.*

La presente investigación nos resulta el comportamiento del suelo:

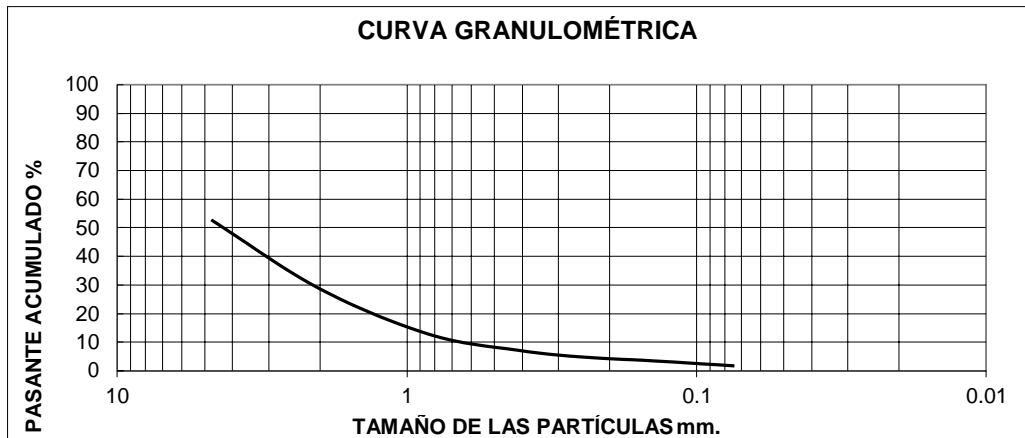
**a) Muestra 01**

**Tabla 05**

*Tabla de tamices para la granulometría muestra 01.*

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
4	4.75	0.27	47.2414	47.2414	52.7586
10	2	0.14	24.1379	71.3793	28.6207
20	0.84	0.09	15.8621	87.2414	12.7586
40	0.42	0.03	5.5172	92.7586	7.2414
60	0.25	0.01	2.4138	95.1724	4.8276
100	0.14	0.01	1.3793	96.5517	3.4483
200	0.074	0.01	1.7241	98.2758	1.7242
<b>Fondo</b>		0.01	1.7241	99.9999	0.0001
<b>Total</b>		<b>0.57</b>	99.9999		

Fuente: Propia



*Figura 10. Curva granulométrica muestra 01.*

Según Joseph Bowles nos informa la clasificación de suelo:

- El porcentaje de finos es de 1.724
- El porcentaje de retenido de gruesos  
 $100 - 1.724 = 98.276 > 50\%$ , entonces es **suelo de grano grueso**.
- Calculamos si es gravoso o arenoso:  
 El porcentaje retenido en la malla N°4 =  $51.15\% > 50\% \cdot 98.276 = 49.138$  entonces es **un suelo gravoso**.

Para el cálculo de coeficiente de uniformidad y Coeficiente de gradación con una interpolación lineal semilogarítmica:

- Para D10:

$$D10 = \frac{0.001 - 0.075}{\log(0.001) - \log(1.724)} = 0.023$$

- Para D30:

$$D30 = \frac{0.425 - 2}{\log(7.2414) - \log(28.6207)} = 6.4$$

- Para D60:

$$D60 = \frac{4.75 - 9.5}{\log(28.6207) - \log(52.7586)} = 17.88$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 777.39$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = 99.60$$

Por lo tanto se clasifica como un suelo tipo GW.

### Tabla 06

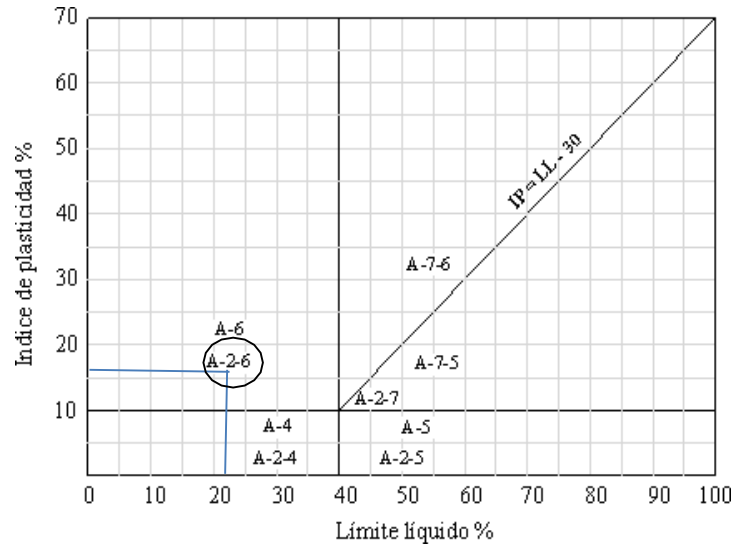
*Tabla de Límite Líquido y resultado de límite plástico muestra 01*

<b>Lata Numero</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de la lata + suelo Húmedo	38.80	34.8	42.8
Peso de la lata + suelo seco	44.80	46.8	50.8
Peso de la lata (g)	2.8	2.8	2.8
Peso del suelo seco (g)	42.00	40.00	48.00
Peso del agua	14.00	10.00	6.00
Contenido de humedad	33.33	25.00	12.50
N° de golpes	8	14	24

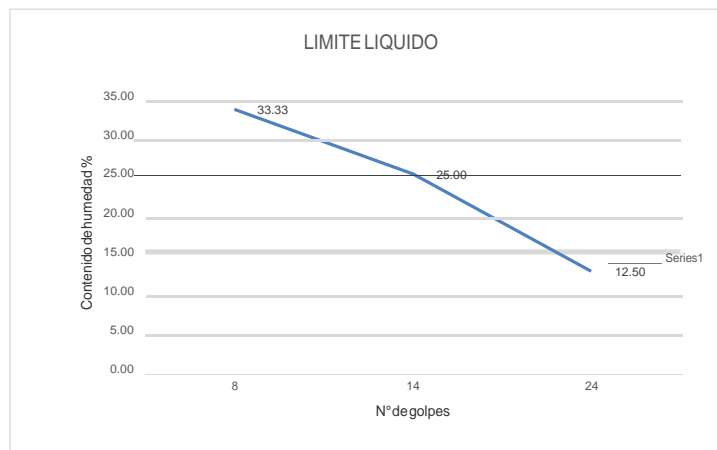
Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en la tabla 05 podemos calcular el límite líquido y límite plástico

- Límite Líquido: 23.61 %
- Límite Plástico: 16.71%



**Figura 11: Identificación de la clasificación AASHTO (Norma ASTM D-3282) Muestra 01.**



**Figura 12. Límite líquido muestra 01.**

**Tabla 07**

*Pesos y volúmenes de muestra 01.*

Determinación Ensayo	Unidad	Muestra de suelo (NORMA ASTM - C 128)			Promedio
		Calicata 1			
		I	II	III	
Peso Material Saturado Superficialmente Seca	g.	700,00	700,00	690,60	
Peso Fiola + H2O	g.	767,90	777,89	776,80	
Peso Fiola + H2O + S	g.	1467,9	1477,9	1467,4	
Peso del material + H2O + frasco	g.	1007,6	1008,70	1007,5 )	
Volumen de masa + Volumen de vacíos	g/cm <sup>3</sup>	460,30	469,19	459,90	
Peso material seco en horno (105°)	g.	676,46	673,78	680,50	
Volumen de masa	g/cm <sup>3</sup>	436,76	442,97	449,80	
P.E Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	1,470	1,436	1,480	1,46
P.E Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	1,521	1,492	1,502	1,50
P.E Aparente (Base Seca)	g/cm <sup>3</sup>	1,55	1,52	1,51	1,53
% de absorción	%	3,48	3,89	1,48	2,95

Fuente: Propia

**b) Muestra 02:**

**Tabla 08**

*Tabla de tamices muestra 02.*

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
4	4.75	0.28	43.6137	43.6137	56.3863
10	2	0.21	33.0218	76.6355	23.3645
20	0.84	0.09	14.3302	90.9657	9.0343
40	0.42	0.03	4.6729	95.6386	4.3614
60	0.25	0.01	1.8692	97.5078	2.4922
100	0.14	0.01	0.9346	98.4424	1.5576
200	0.074	0.01	0.9346	99.377	0.623
<b>FONDO</b>		0.00	0.6230	100.0000	0.0000
<b>TOTAL</b>		<b>0.64</b>	100.0000		

Fuente: Propia

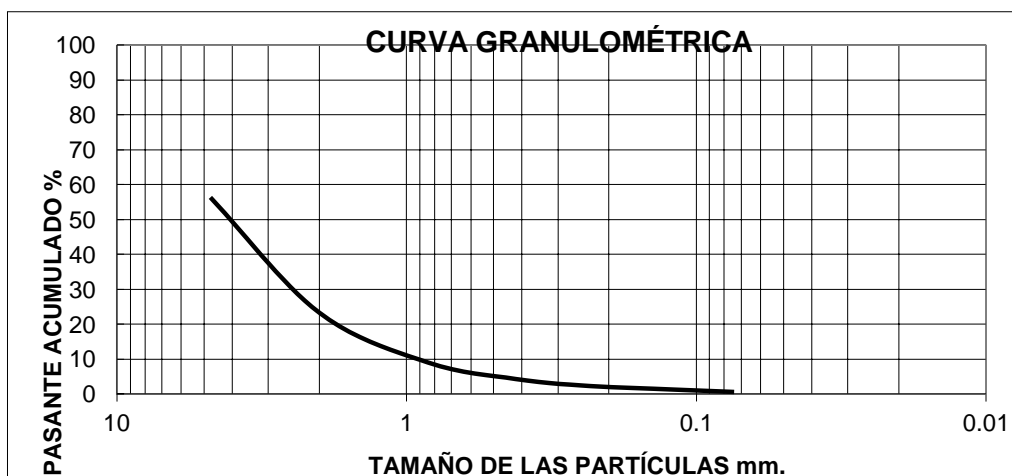


Figura 13: Grafica de curva de nivel muestra 02.

Según Joseph Bowles nos informa la clasificación de suelo:

- El porcentaje de finos es de 0.623
- El porcentaje de retenido de gruesos  
 $100 - 0.623 = 99.377 > 50\%$ , entonces es **suelo de grano grueso**.
- Calculamos si es gravoso o arenoso:  
 El porcentaje retenido en la malla N°4 =  $56.386\% > 50\% \cdot 99.377 = 49.689$  entonces es **un suelo gravoso**.

Para el cálculo de coeficiente de uniformidad y Coeficiente de gradación con una interpolación lineal semilogarítmica:

- Para D10:

$$D_{10} = \frac{0.001 - 0.075}{\log(0.001) - \log(0.623)} = 0.026$$

- Para D30:

$$D_{30} = \frac{0.425 - 2}{\log(4.3614) - \log(23.3645)} = 2.16$$

- Para D<sub>60</sub>:

$$D_{60} = \frac{4.25 - 9.5}{\log(23.3645) - \log(56.3863)} = 12.41$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 477.31$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = 14.46$$

Por lo tanto se clasifica como un suelo tipo GW.

### Tabla 09

*Tabla para la obtención del Límite Líquido y resultado de límite plástico muestra 02.*

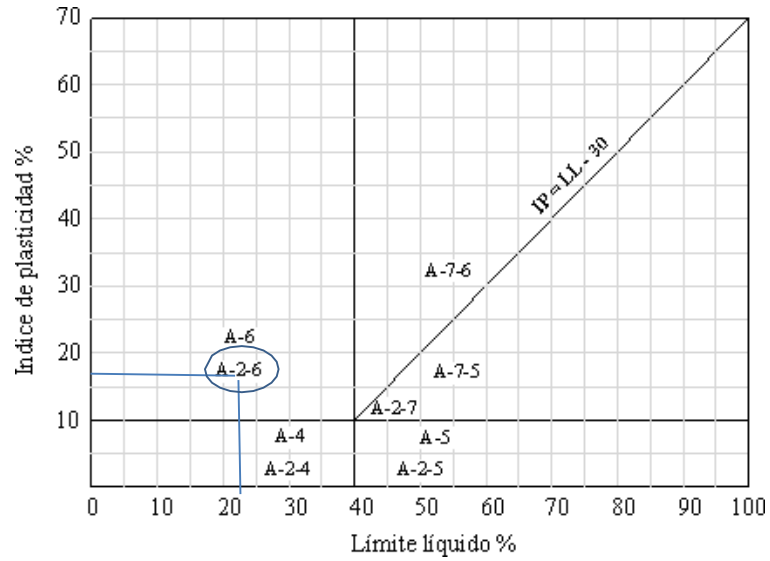
<b>Lata Numero</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de la lata + suelo Húmedo	38.80	40.8	36.8
Peso de la lata + suelo seco	44.80	44.8	46.8
Peso de la lata (g)	2.8	2.8	2.8
Peso del suelo seco (g)	42.00	42.00	44.00
Peso del agua	12.00	10.00	8.00
Contenido de humedad	28.57	23.81	18.18
N° de golpes	14	22	26

Fuente: Propia

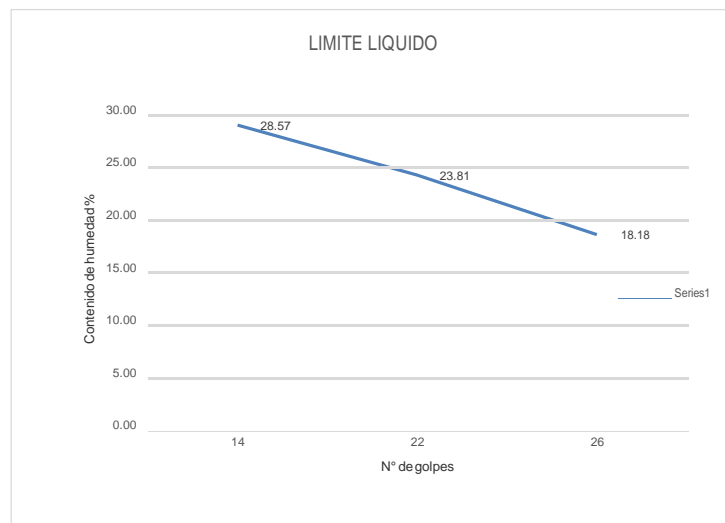
Con los datos obtenidos en la tabla 08 podemos calcular el límite líquido y límite plástico

- Límite Líquido: 23.52 %
- Límite Plástico: 18.95%





**Figura 14: Identificación de la clasificación AASHTO (Norma ASTM D-3282) Muestra 02.**



**Figura 15: Límite líquido muestra 02.**

**Tabla 10**

*Pesos y volúmenes de muestra 02.*

Determinación Ensayo	Unidad	Muestra de suelo (NORMA ASTM - C 128) Calicata 2			Promedio
		I	II	III	
Peso Material Saturado Superficialmente Seca	g.	650,00	650,00	650,00	
Peso Fiola + H <sub>2</sub> O	g.	736,10	732,20	738,30	
Peso Fiola + H <sub>2</sub> O + S	g.	1386,1	1382,2	1388,3	
Peso del material + H <sub>2</sub> O + frasco	g.	981,50	932,20	927,50	
Volumen de masa + Volumen de vacíos	g/cm <sup>3</sup>	404,60	451,00	460,80	
Peso material seco en horno (105°)	g.	628,77	632,60	626,80	
Volumen de masa	g/cm <sup>3</sup>	383,37	433,60	437,60	
P.E Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	1,554	1,403	1,360	1,44
P.E Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	1,607	1,441	1,411	1,49
P.E Aparente (Base Seca)	g/cm <sup>3</sup>	1,64	1,46	1,43	1,51
% de absorción	%	3,38	2,75	3,70	3,28

Fuente: Propia

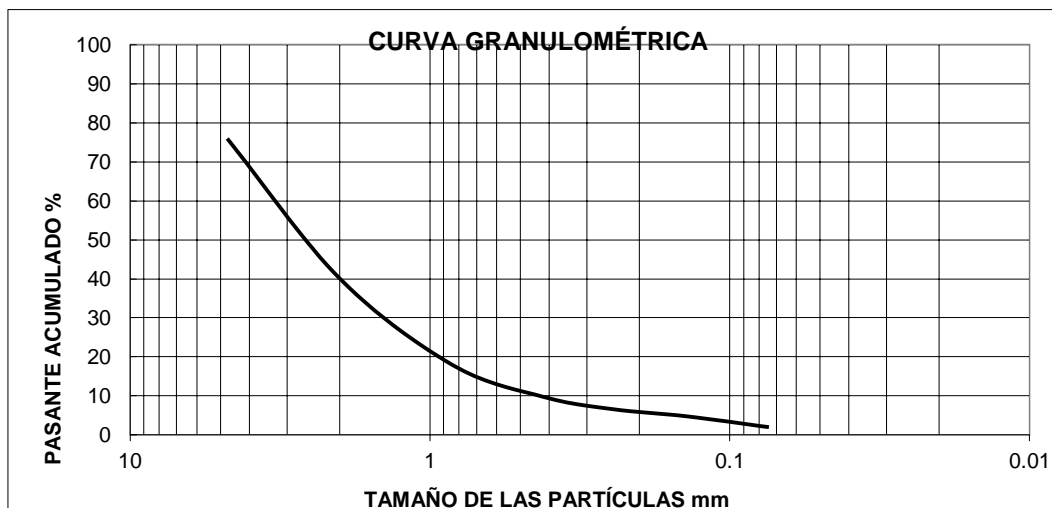
**c) Muestra 03:**

**Tabla 11**

*Tabla de tamices de muestra 03.*

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
4	4.75	0.15	24.0625	24.0625	75.9375
10	2	0.23	35.9375	60.0000	40.0000
20	0.84	0.14	22.1875	82.1875	17.8125
40	0.42	0.05	8.1250	90.3125	9.6875
60	0.25	0.02	3.1250	93.4375	6.5625
100	0.14	0.01	1.8750	95.3125	4.6875
200	0.074	0.02	2.8125	98.1250	1.8750
<b>Fondo</b>		0.01	1.8750	100.0000	0.0000
<b>Total</b>		<b>0.63</b>	100.0000		

Fuente: Propia



*Figura 16. Curva granulométrica de muestra 03.*

Según Joseph Bowles nos informa la clasificación de suelo:

- El porcentaje de finos es de 1.875
- El porcentaje de retenido de gruesos  
 $100 - 1.875 = 98.125 > 50 \%$ , entonces es **suelo de grano grueso**.
- Calculamos si es gravoso o arenoso:  
 El porcentaje retenido en la malla N°4 =  $24.063 \% < 50 \% \cdot 98.125 = 49.063$  entonces es **un suelo gravoso**.

Para el cálculo de coeficiente de uniformidad y Coeficiente de gradación con una interpolación lineal semilogarítmica:

- Para D10:

$$D_{10} = \frac{0.001 - 0.075}{\log(0.001) - \log(1.875)} = 0.023$$

- Para D30:

$$D_{30} = \frac{0.425 - 2}{\log(9.6875) - \log(40)} = 2.56$$

- Para D<sub>60</sub>:

$$D_{60} = \frac{4.75 - 9.5}{\log(28.6207) - \log(52.7586)} = 17.06$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 741.74$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = 16.70$$

Por lo tanto se clasifica como un suelo tipo GW.

### Tabla 12

*Tabla de limite líquido y resultado de limite plástico muestra 03.*

<b>Lata Numero</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de la lata + suelo Húmedo	74.80	62.8	70.8
Peso de la lata + suelo seco	60.80	52.8	62.8
Peso de la lata (g)	2.8	2.8	2.8
Peso del suelo seco (g)	58.00	50.00	60.00
Peso del agua	18.00	16.00	14.00
Contenido de humedad	31.03	32.00	23.33
N° de golpes	26	32	37

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en la tabla 11 podemos calcular el límite líquido y límite plástico

- Límite Líquido: 28.79 %
- Límite Plástico: 17.21%

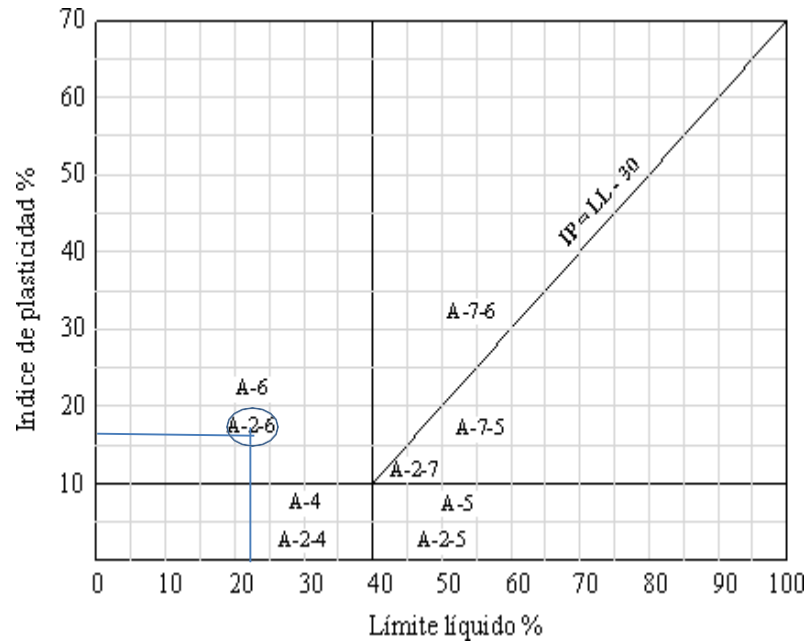


Figura 17: Identificación de la clasificación AASHTO (Norma ASTM D-3282) Muestra 03.

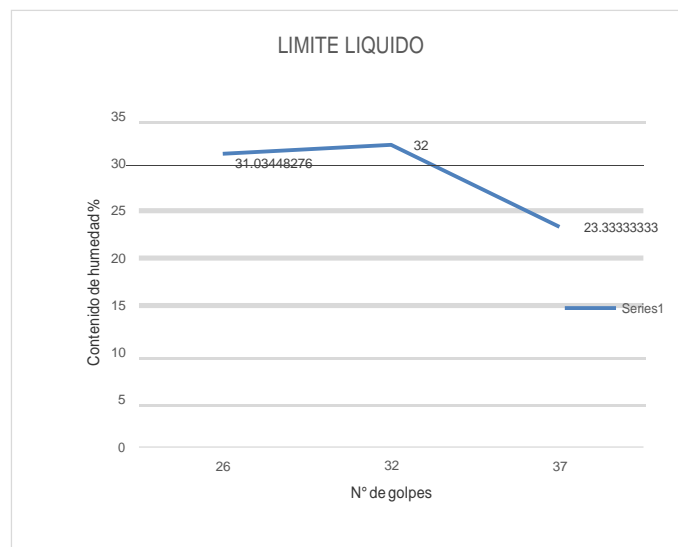


Figura 18. Límite líquido muestra 03.

**Tabla 13**

*Tabla Pesos y volúmenes de muestra 03.*

Determinación Ensayo	Unidad	Muestra de suelo (NORMA ASTM - C 128) Calicata 3			Promedio
		I	II	III	
Peso Material Saturado Superficialmente Seca	g	570,00	570,00	580,70	
Peso Fiola + H <sub>2</sub> O	g	757,10	762,90	768,30	
Peso Fiola + H <sub>2</sub> O + S	g	1327,1	1332,9	1349,0	
Peso del material + H <sub>2</sub> O + frasco	g	981,50	931,20	927,50	
Volumen de masa + Volumen de vacíos	g/cm <sup>3</sup>	345,60	401,70	421,50	
Peso material seco en horno (105°)	g	549,90	551,90	560,70	
Volumen de masa	g/cm <sup>3</sup>	325,50	383,60	401,50	
P.E Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	1,591	1,374	1,330	1,43
P.E Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	1,649	1,419	1,378	1,48
P.E Aparente (Base Seca)	g/cm <sup>3</sup>	1,69	1,44	1,40	1,51
% de absorción	%	3,66	3,28	3,57	3,50

Fuente: Propia

Resultado de las muestras de suelo según limite líquido y limite plástico en USCS nos indica que la arcilla es de baja plasticidad (CL)

### 3.4. Análisis de Parámetros Geotécnicos Cohesión y Ángulo de Fricción

El talud de la carretera de San Juan ubicada en el kilómetro 139 (500 al 450) se analizó con parámetros de comportamiento geotécnico, con las variables litología, medidas del talud y factores desencadenantes (agua y sismicidad), para obtener el factor de seguridad, mediante el análisis de estabilidad, realizado con el software Slide v6.0.

#### a) Diseño del Talud

Se denomina talud a cualquier superficie inclinada, de un macizo rocoso o suelo, que forme un ángulo con la horizontal. Los taludes pueden ser clasificados en taludes naturales, que básicamente son las pendientes naturales, y en taludes

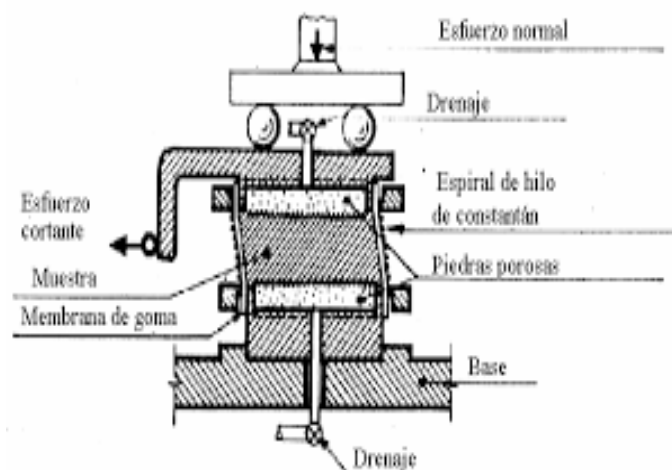
construidos que pueden ser los terraplenes o los cortes de terreno (Gerscovich, 2013).

El talud es un talud natural naturales normalmente están conformados por suelos residuales, coluviales y rocas. Los suelos residuales siempre permanecen en el lugar donde fueron generados y son producto del intemperismo químico y físico sobre una roca. Debido a la alteración progresiva de las propiedades geomecánicas de las rocas, los estratos más próximos a la superficie se van transformando en suelos. Mientras que los suelos coluviales son formados como resultado del transporte, principalmente de la gravedad. Por eso motivo son más heterogéneos. Los taludes naturales casi siempre están propensos a la inestabilidad debido a las fuerzas gravitacionales (Gerscovich, 2013).

## b) Ensayos

- **Corte directo**

Durante mucho tiempo, el corte directo ha sido la única técnica para determinar la resistencia de los suelos. Sin embargo, hoy en día se usa con menos frecuencia, debido a que existen nuevas técnicas como las pruebas triaxiales (Suarez, 2013).



*Figura 19. Esquema corte directo (Suarez, 2013).*

El aparato para realizar el ensayo consta de dos marcos, uno fijo y otro móvil, al cual puede aplicarse una fuerza lateral que genera la falla del espécimen.

Además, tanto el esquema presenta una piedra porosa superior y una inferior, las cuales permiten el drenaje de muestras saturadas. Asimismo, la piedra porosa superior permite que se pueda aplicar un esfuerzo normal, graduable, bien distribuido.

Realizando varias pruebas puede obtenerse una gráfica  $\sigma - \tau$ , relacionando los esfuerzos normales  $\sigma$  aplicados y los máximos esfuerzos tangenciales  $\tau$  generados.

El ángulo de inclinación  $\phi$  viene a ser el ángulo de fricción del suelo; mientras que, el punto de intersección entre la línea inclinada y el eje vertical es la cohesión  $c$  (Badillo y Rodríguez, 2 010).

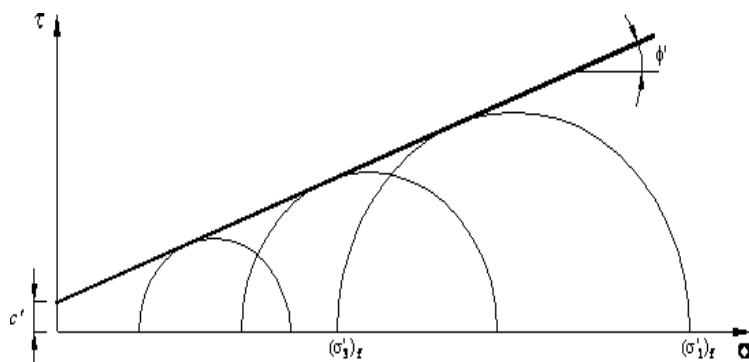


Figura 20. Círculo de falla  $\sigma - \tau$ .

### c) Parámetros Geotécnicos

Los parámetros geotécnicos fueron obtenidos a través de los resultados de ensayos de corte directo y peso específico proporcionados por Laboratorio.

#### Tabla 14

Características de la muestra 01 calicata intermedia del talud (CORTE DIRECTO ASTM D 3080).

Características de la muestra			
Lado o diámetro	6,2	Humedad (%)	11,73
Altura (cm)	2,16		
Área (cm <sup>2</sup> )	38,44		
Volumen (cm <sup>3</sup> )	83,03		

Fuente: Propia



**Tabla 15**

*Aplicaciones de carga muestra 01 calicata intermedia del talud (CORTE DIRECTO ASTM D 3080).*

<b>Aplicaciones de carga</b>			
Velocidad de carga de la maquina (mm/min)	0,25		
Carga normal (kg)	5		
Esp. Muestra	I	II	III
Peso de la semi caja superior (kg)	4	8	16
Esfuerzo Normal ( $\sigma$ )(kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	4,00
Esf. De corte máximo ( $\sigma$ )(kg/cm <sup>2</sup> )	0,38	0,67	1,22
<b>Angulo de friccion interna (<math>\phi</math>)</b>	<b>15,60</b>		
<b>Cohesion (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0,11</b>		

Fuente: Propia

**Tabla 16**

*Características de la muestra 02 calicata base del talud (CORTE DIRECTO ASTM D 3080).*

<b>Características de la muestra</b>			
Lado o diámetro	6,2	Humedad (%)	16,93
Altura (cm)	2,16		
Área (cm <sup>2</sup> )	38,44		
Volumen (cm <sup>3</sup> )	83.03		

Fuente: Propia

Porcentaje de Humedad de la calicata intermedia del talud.

**Tabla 17**

*Aplicación de carga muestra 02 calicata base del talud (CORTE DIRECTO ASTM D 3080).*

<b>Aplicaciones de carga</b>			
Velocidad de carga de la maquina (mm/min)	0,25		
Carga normal (kg)	5		
Esp. Muestra	I	II	III
Peso de la semi caja superior (kg)	4	8	16
Esfuerzo Normal ( $\sigma$ )(kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	4,00
Esf. De corte máximo ( $\sigma$ )(kg/cm <sup>2</sup> )	0,49	0,71	1,21
<b>Angulo de friccion interna (<math>\phi</math>)</b>	<b>13,50</b>		
<b>Cohesion (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0,24</b>		

Fuente: Propia

**Tabla 18**

*Características de la muestra 03 calicata superior del talud (CORTE DIRECTO ASTM D 3080).*

<b>Características de la muestra</b>			
Lado o diámetro	6,2	Humedad (%)	16,28
Altura (cm)	2,16		
Área (cm <sup>2</sup> )	38,44		
Volumen (cm <sup>3</sup> )	83,03		

Fuente: propia

**Tabla 19**

*Aplicación de carga muestra 03 calicata superior del talud (CORTE DIRECTO ASTM D 3080).*

<b>Aplicaciones de carga</b>			
Velocidad de carga de la maquina (mm/min)			0,25
Carga normal (kg)			5
Esp. Muestra	I	II	III
Peso de la semi caja superior (kg)	4	8	16
Esfuerzo Normal ( $\sigma$ )(kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	4,00
Esf. De corte máximo ( $\sigma$ )(kg/cm <sup>2</sup> )	0,49	0,73	1,28
<b>Angulo de friccion interna (<math>\phi</math>)</b>			<b>14,80</b>
<b>Cohesion (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			<b>0,22</b>

Fuente: Propia

**Tabla 20**

*Tabla de parámetros geotécnicos.*

<b>Muestra</b>	<b>C. Naturales</b>			<b>Humedad</b>
	$\gamma$ (gr/cc)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%
<b>1</b>	1.53	0.11	15.60	11,73
<b>2</b>	1.51	0.24	13.50	16,93
<b>3</b>	1.51	0.22	14.80	16.28

Fuente: Propia

Los resultados de estas muestras nos demuestran que el diseño del talud tiene en la parte intermedia que es la muestra 01 gravas con tamaño más grande a diferencia que las halladas dentro de las muestras 02 y 03, produciendo según el diseño un hundimiento visible a simple vista. Esto nos dice que la relación entre el ángulo de fricción y la cohesión son directamente proporcional, cada cambio físico que el suelo depende de estos demostrado cuando puede almacenar el suelo de carga de humedad hasta el tamaño de partículas que puede tener cada uno.

### 3.5. Análisis Geotécnico estático y pseudoestático

Los resultados demuestran que el talud es susceptible a movimientos telúricos moderadamente fuertes y estos provocar un deslizamiento en todo el talud local en el programa Slide V 0.6 por los métodos Spencer y Morgenstern – Price son los que nos demuestran este cambio con los factores de seguridad.

**Tabla 21**

*Valores de coeficiente sísmico recomendados en el análisis pseudoestático.*

Coeficiente de sismicidad k	Observaciones
0.1	Sismo importante, FS > 1
0.15	Sismo de gran magnitud FS > 1
0.15 a 0.25	Japón FS > 1.0
0.05 a 0.15	Estado de california
0.1 para $\mu = 6.5$	FS > 1.15
0.15 para $\mu = 8.5$	
1/3 a 1/2 de la aceleración pico superficial	FS > 1.0
1/2 de la aceleración pico superficial	FS > 1.0 y un 20% de reducción de resistencia

Fuente: J. Suarez (Libro Deslizamientos - Análisis Geotécnico)

a) Método de Spencer

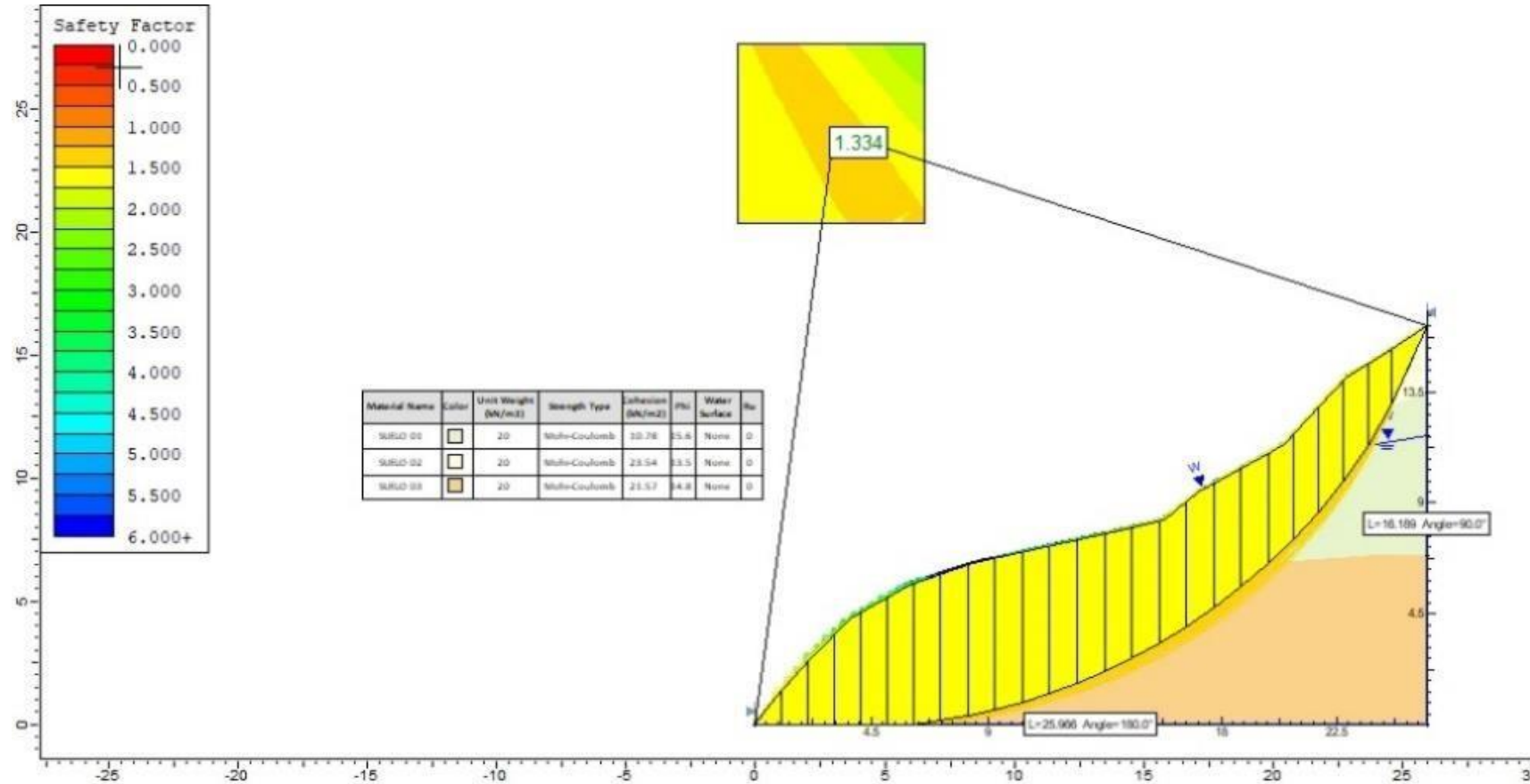


Figura 21. Método de Spencer resultado de factor de seguridad 1,334 talud totalmente estable a corto plazo ante un movimiento sísmico, la relación de cohesión y ángulo de fricción del talud en la parte intermedia según sus resultados indica que el tamaño de sus gravas es más grande, siendo distinto que las axiales por ello la forma de hundimiento, a este tipo de caso se le conoce como Licuación.

b) Método Morgenstern – Price

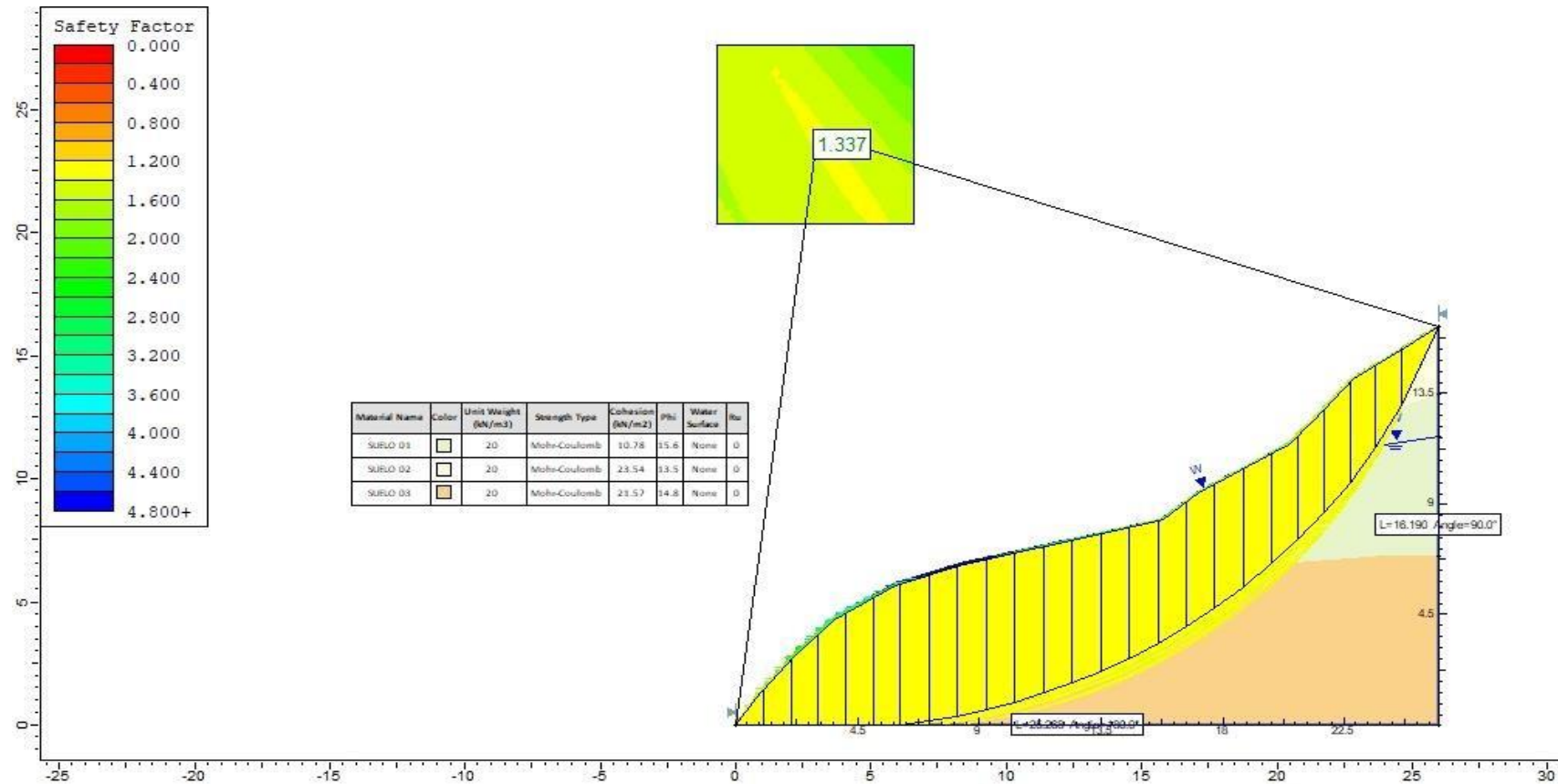


Figura 22. Método de Morgenstern - Price resultado de factor de seguridad 1,337 talud moderadamente estable a corto plazo ante un movimiento telúrico, ya que las gravas son de distinto tamaño, provocando un aumento de la presión de poros, debido a los esfuerzos generados por pequeños sismos.

Según la aceleración pico superficial

Ks: 1/3 o 0.33

a) Método de Spencer

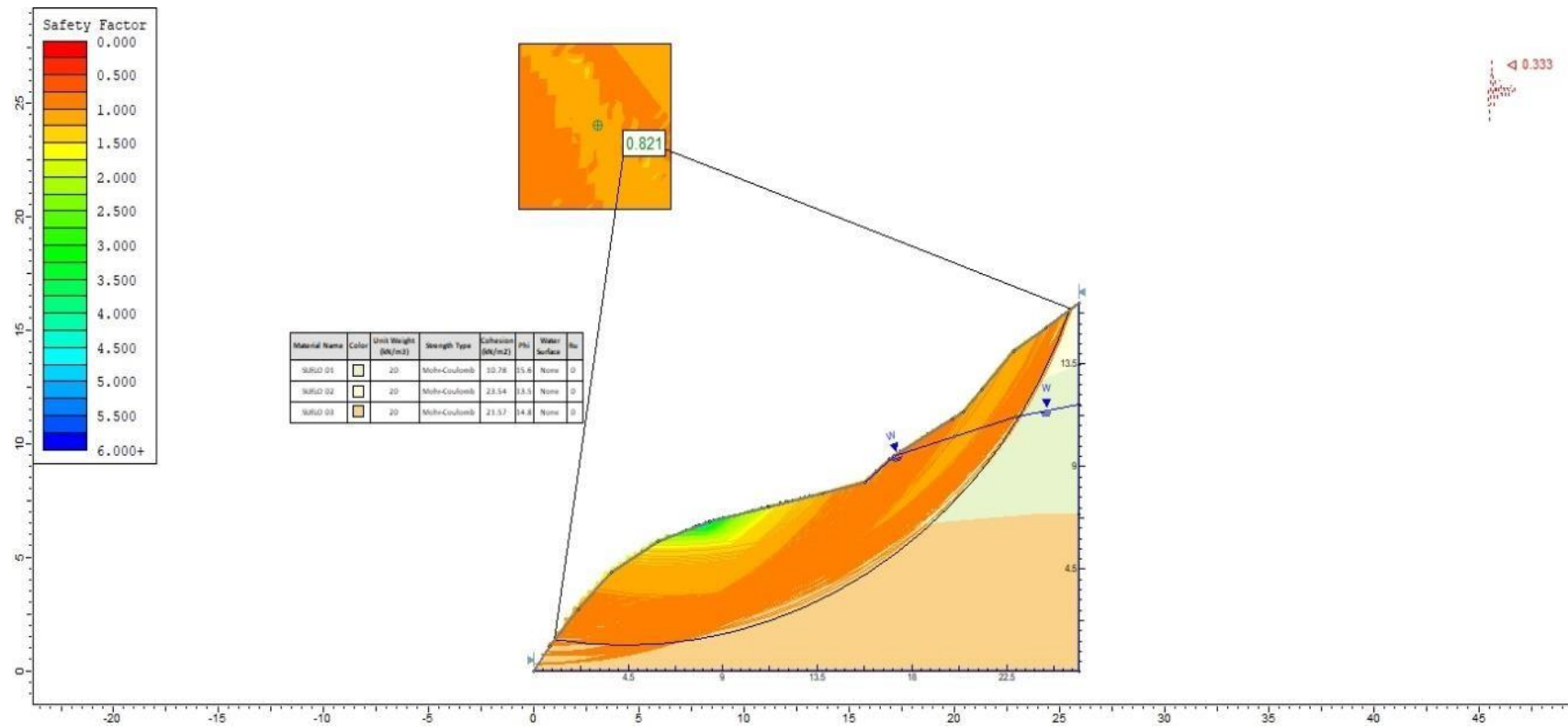


Figura 23. Método de Spencer resultado factor de seguridad 0.821, talud inestable y susceptible a movimiento sísmico con un coeficiente sísmico de 0.33, este fenómeno llamado licuación en taludes produce deslizamientos por la influencia sísmica.

b) Método de Morgenstern – Prince:

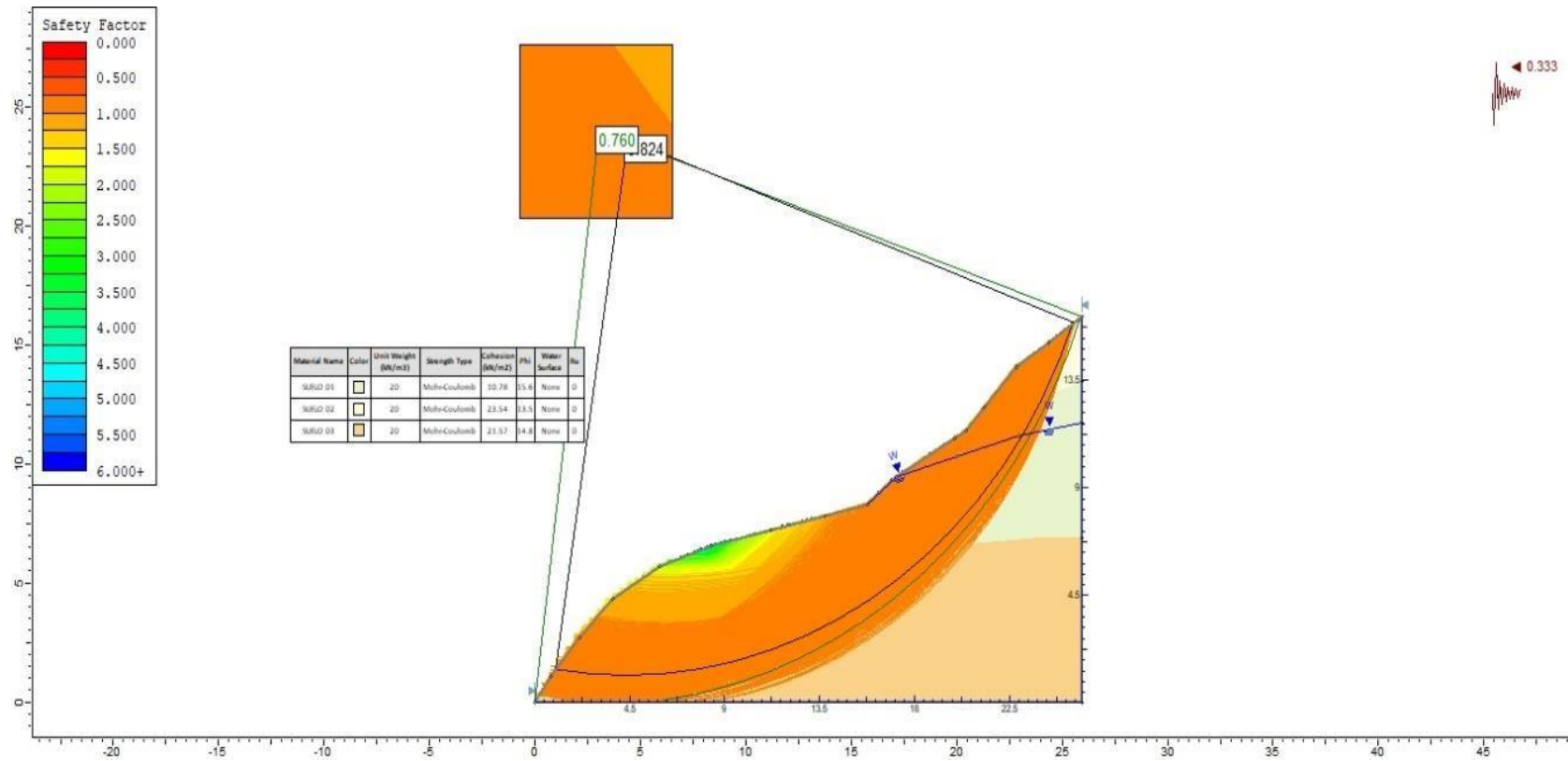


Figura 24. Método de Morgenstern - Prince según análisis pseudoestático, resultado factor de seguridad 0.760, con un coeficiente sísmico de 0.333, talud inestable en condiciones sísmicas.

Según la aceleración pico superficial

Ks: 1/2 o 0.5

a) Método de Spencer:

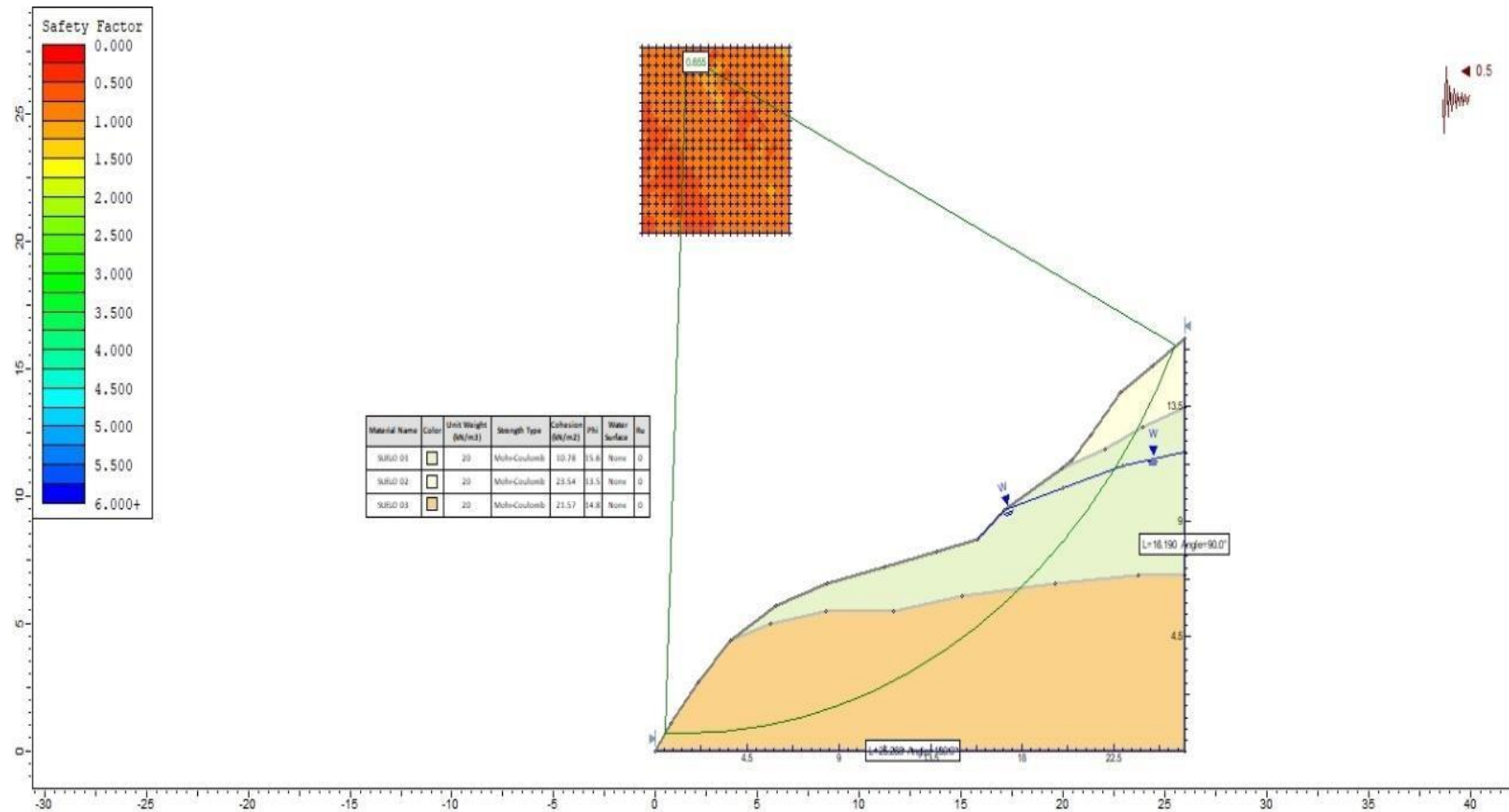


Figura 25. Método de Spencer, Factor de seguridad 0.655 con un coeficiente sísmico de 0.5, susceptible a sismicidad por la licuación más en la zona intermedia del talud.



b) Método de Morgenstern – Prince

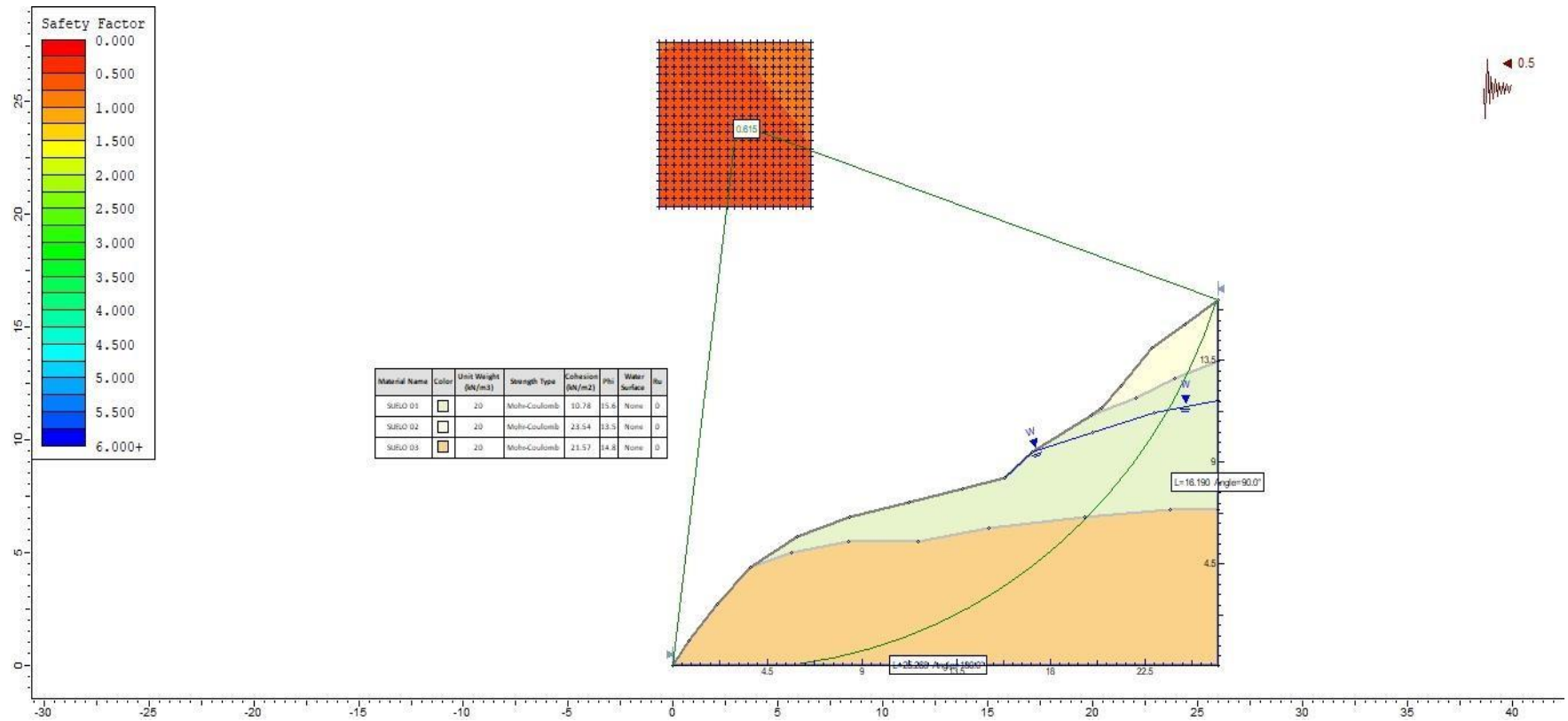
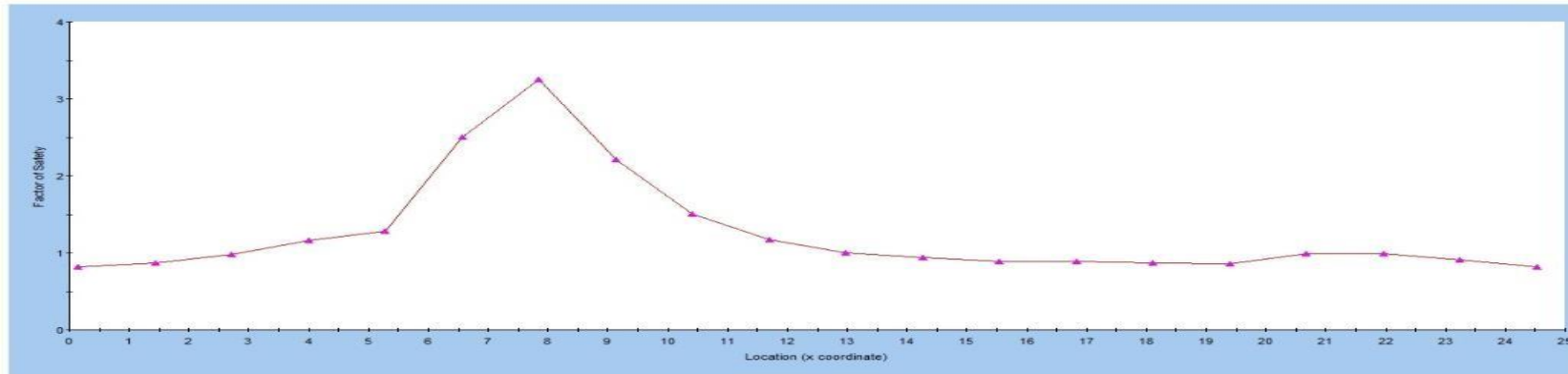


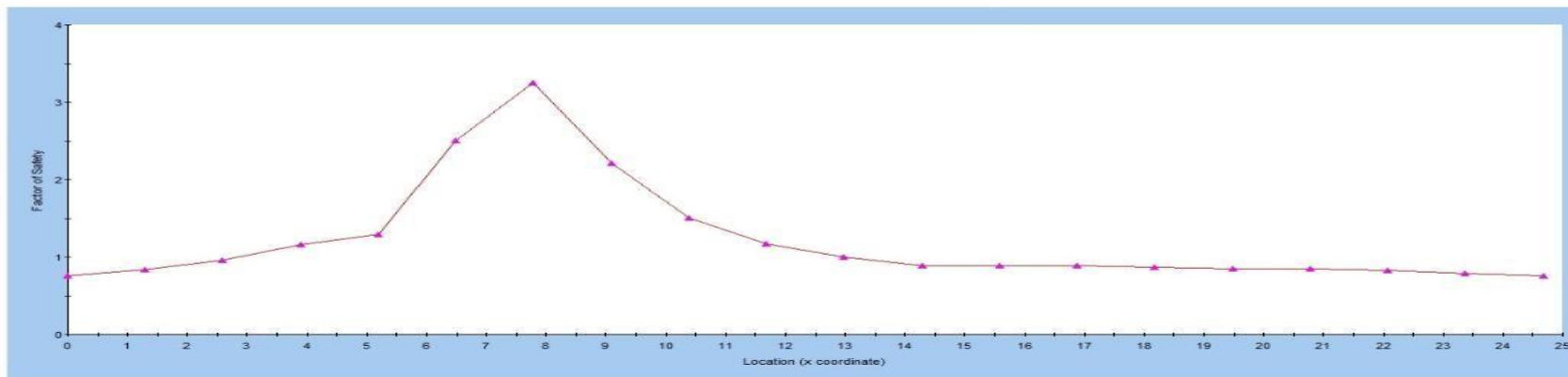
Figura 26. El Método de Morgenstern - Prince, Factor de seguridad 0.615 con un coeficiente sísmico de 0.5, se dividió en tres zonas por la diferencia de la cohesión y ángulo de fricción.

La influencia de carga sísmica en cada estructura por simple o no tan visible que sea es fuente principal de desastres naturales a las estructuras tanto naturales como hechas por el hombre tan así que por más pequeño que sea el talud como el caso de este, genera un deterioro rápido, obstaculizando la carretera que conecta Choropampa y San Juan, dicha zona por el contenido sísmico que posee se halla en la Zona 03 según el Decreto Supremo 0.30 “Diseño de Sismoresistencia”, está dentro de una zona sísmica intermedia la cual se usa como coeficiente horizontal  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{1}{3}$  descrito por el dicho por Jaime Suarez para ver cuando el talud empieza a ser susceptible a un esfuerzo brusco en la corteza terrestre dando así los resultados que este talud es inestable a movimientos telúricos solo considerando fuerza horizontal.

**Ks: 1/3**



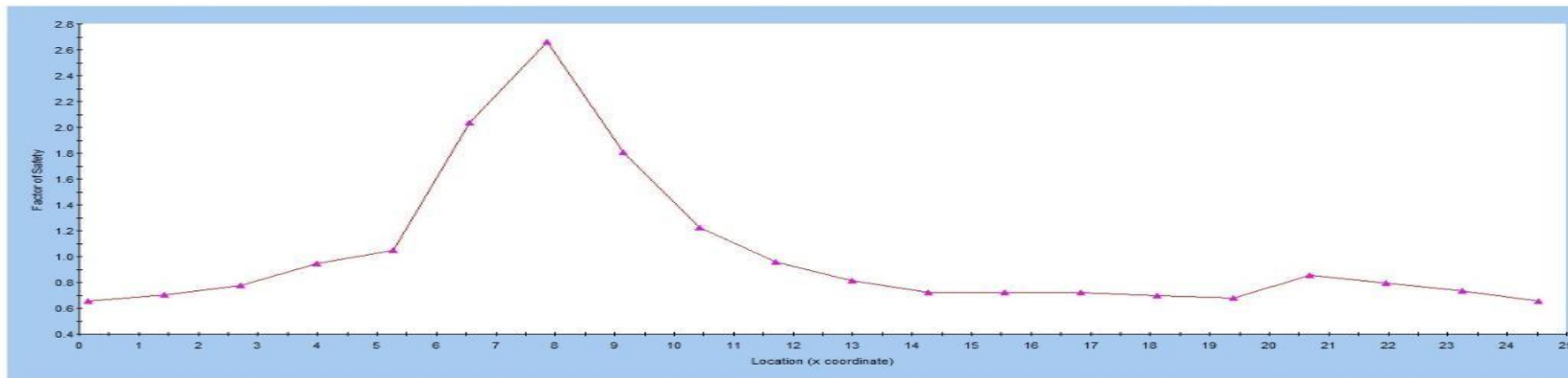
*Método de Spencer*



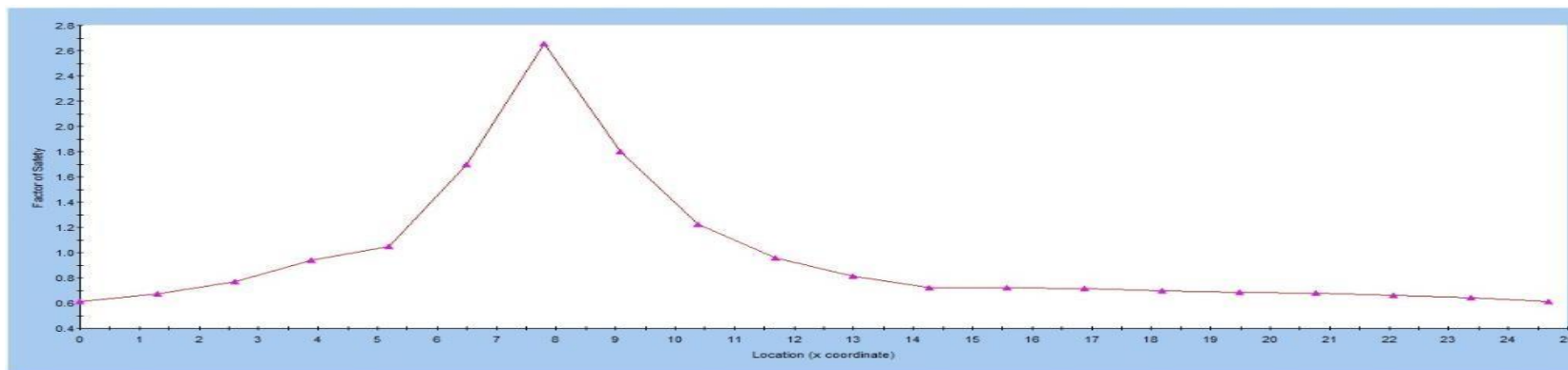
*Método de Morgenstern – Prince*

*Figura 27. La gran diferencia entre usar un coeficiente sísmico 1/3 o 0.33, son indica que a los 5.4 metros hasta 11.5 metros el talud es totalmente inestable y el deslizamiento del suelo se producirá en esta distancia los métodos de evaluación son muy parecidos, adicionando que el punto cero es el punto que está cerca de la carretera de San Juan hacia Choropampa.*

Ks: 1/2



*Método de Spencer*



*Método de Morgenstern - Prince*

Figura 28. La gran diferencia entre usar un coeficiente sísmico 1/2 o 0.5, son indica que a los 4 metros hasta 11.6 metros el talud es totalmente inestable y el deslizamiento del suelo se producirá en esta distancia los métodos de evaluación son muy parecidos, este coeficiente sísmico a diferencia del anterior asume distancia más grande por ende se realiza la comparación de los dos coeficientes.

Al hacer un análisis estadístico identificamos que ambos métodos tanto el Método de Spencer como el Método de Morgenstern – Prince tienen un punto de debilidad ante un sismo, la localización 4 metros a 12 metros, en estas distancias es donde se produce un deslizamiento el cual con la intensidad de fuerza sísmica caerá en la carretera, por lo cual tapaná y obstaculizará la vía que se dirige hacia Choropampa, por más que sean 50 metros el talud en ancho y en contacto con la carretera puede movilizar masa de suelo parando la movilidad de buses hasta pérdidas humana si un automóvil pasan por dicha carretera que se encuentre cerca de dicho talud.

En fechas recientes el 04 de marzo de 2019 se produjo una alerta de transportistas, ya que se quedaron varados vehículos tanto de tránsito pequeño y pesado por tan solo un deslizamiento de suelo menor de 16 metros paralizando la ruta Ciudad de Dios y Cajamarca por más de medio Día hasta que las Autoridades de Cajamarca y San Juan Movieran toda la masa de suelo aun así se tardaron más de tres días en movilizar los escombros, esto se pudo evitar sí se tuviera un análisis del clima y además un análisis sísmico. Además, en Cajamarca de mismo modo se produjo un sismo de 4 en la escala de Richter el día 13 de febrero de 2019 reportado por el Instituto Geofísico del Perú, dicha fuerza telúrica moviliza masas de suelos y rocas como lo que ocurrió en Llacanora implica como agente la activación de inestabilidad de taludes como el de esta tesis.



*Figura 29. Evidencia de deslizamiento de suelo al costado del talud 139 (450 al 500).*



Figura 30. Evidencia de deslizamiento antes del llevar al talud 139 + 450 al 139 + 500.

Tabla 22

Escala de Mercalli

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (g)	Velocidad sísmica (cm/s)	Percepción del temblor
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable
II – III	0.0017 – 0.014	0.1 – 1.1	Muy leve
IV	0.014 – 0.089	1.1. – 3.4	Leve
V	0.089 – 0.092	3.4 – 8.1	Moderado
VI	0.092 – 0.18	8.1 – 16	Fuerte
VII	0.18 – 0.34	16 – 31	Muy fuerte
VIII	0.34 – 0.65	31 – 80	Severo
IX	0.65 – 1.24	80 – 116	Violento
X	> 1.24	> 116	Extremo

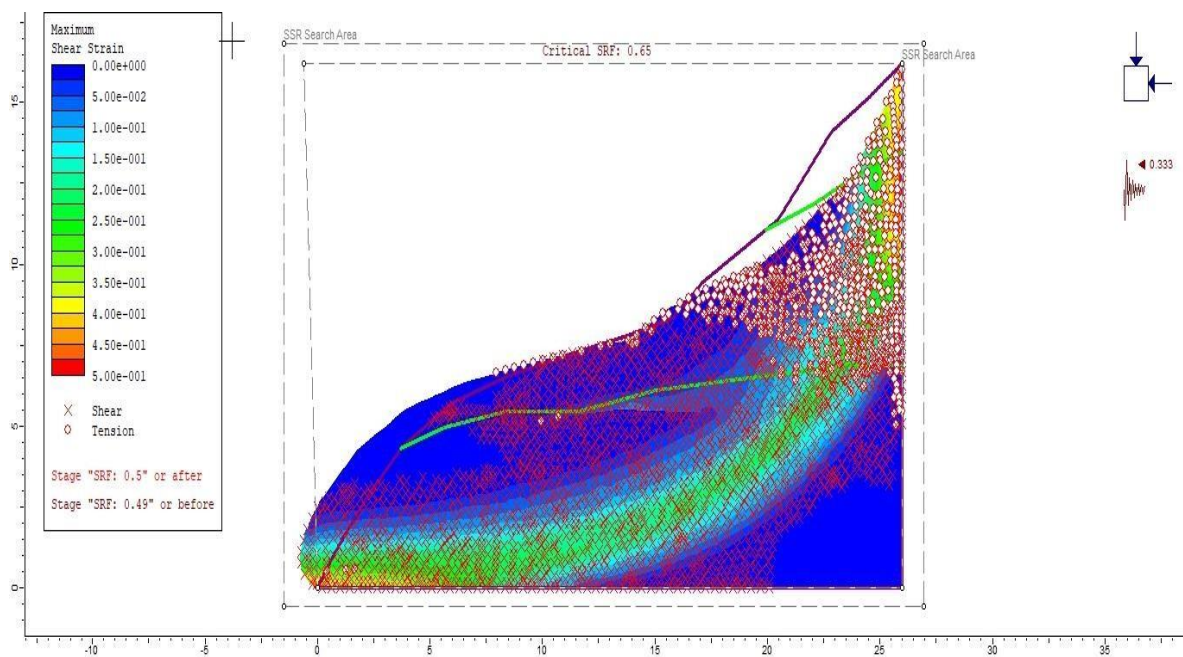
Fuente: Servicio Geológico de los EE. UU

**Tabla 23**

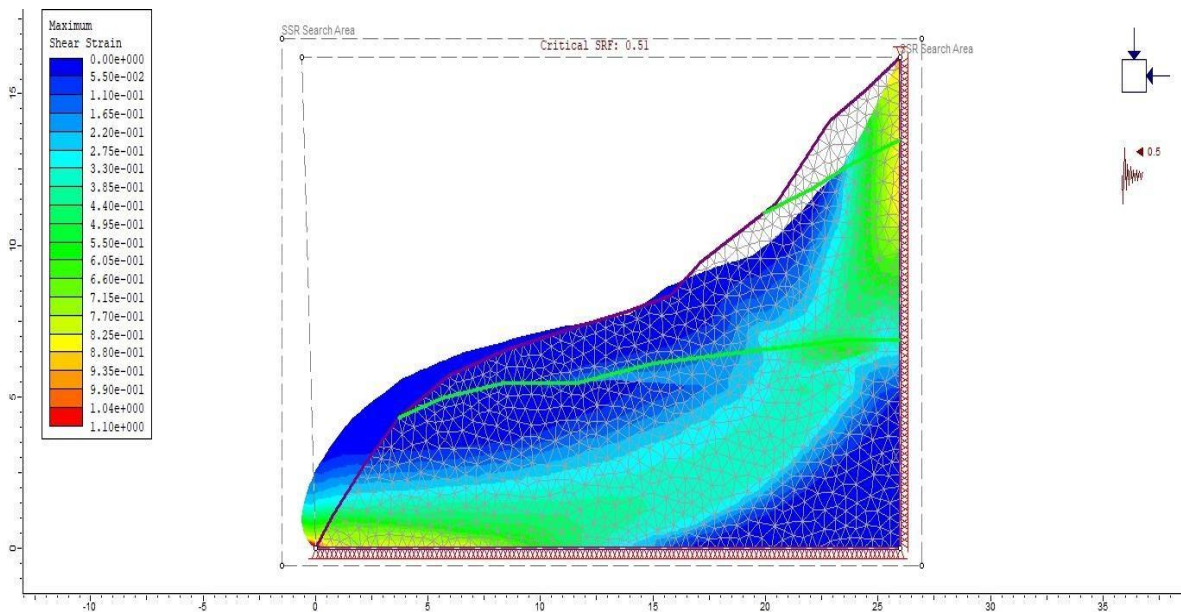
*Factor de seguridad*

	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	LARGO PLAZO
<b>Factor de Seguridad</b>	1.0 – 1.3	1.4 – 1.7	1.8 – 2.0

Fuente: Osinergmin



**Figura 31.** Resultado del deslizamiento por un coeficiente sísmico de  $K_s = 1/3$ . Deslizamiento evidente por fenómeno de licuación, con desplazamiento de masa de suelo a favor de la falla circundante.



**Figura 32. Resultado del deslizamiento por un coeficiente sísmico de  $K_s = 1/2$ . Deslizamiento evidente por fenómeno de licuación, originando un descenso de suelo de la parte superficial.**

La solución del problema es identificar las zonas más vulnerables y hacer un diseño nuevo de la zona más susceptibles en Cajamarca a un deslizamiento, para luego colocar gaviones o hacer un diseño adecuado de estos taludes, así mismo mitigando que un deslizamiento ocurra y más en tiempo de lluvias, fenómeno del niño entre otros cambios climáticos que en años posteriores se den, ya que por más que el talud este estable con un rango de 1.0 a 1.3 es a corto plazo según Osinergmin y esto es activable si un sismo con más fuerza ocurriera en la Cajamarca



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

- La presente Investigación tuvo como objetivo promover la mejor información del comportamiento sísmico que puede poseer un talud, por lo cual se analizó los diferentes métodos computacionales más usados. Mediante esta investigación se logra demostrar que el talud es susceptible a esfuerzos sísmicos y estable por un periodo a mediano plazo entre 3 meses a 1 año según Osinergmin.
- Dentro del análisis del ángulo de fricción y la cohesión nos brinda un análisis con mayor claridad del porque es inestable esto es por el fenómeno conocido como Licuación el cual dice que la relación de poros es propensa a provocar deslizamientos, según muchos autores dicen que esta relación ya está dada, pero es indispensable para hallar el fenómeno del cual se daría un deslizamiento, en caso el movimiento tectónico fuese moderado o leve, esto está plasmado según Jaime Suarez en su Capítulo 7 del su libro Deslizamiento de Talud.
- Cada profesional mayormente analiza la estabilidad de taludes con los métodos de Jambu, Bishop y Fellenius, sin embargo, en la tesis de Aguilar y Zúñiga (2015) y muchas otras tesis usan todos los métodos, eso sería algo innecesario debido a que los métodos de Morgenstern Price y Spencer tienen valores semejantes y son más usados en sistemas computacionales.
- En cuanto a los resultados obtenidos usando criterios de análisis estático y pseudoestático, uno con un enfoque de equilibrio sin movimiento sísmico alguno y otro con fuerza sísmica, indica que este lugar si es propenso a deslizamientos en caso un movimiento telúrico como los ocurridos en fechas recientes en Cajamarca, el talud en estudio sísmicamente es inestable, puesto que solo con magnitud 04 que es movimiento leve según la escala de Mercalli, hubo la caída de suelo orgánico en la parte lateral de este, si la fuerza sísmica fuese mayor el talud se comportaría más inestable.
- Una de las limitaciones de esta tesis es no tener un sismógrafo por ello se usó la teoría del Jaime Suarez en su libro Deslizamientos con coeficiente estándar que el propone y es usado en lugares sísmicos.

- Por lo tanto, se recomienda hacer un estudio de toda la zona para determinar que taludes son inestables a sismos como el ocurrido en Cajamarca en el mes de enero.
- Además, se recomienda hacer un diseño del talud que sea óptimo para mitigar deslizamientos y este a su vez sea de ejemplo para evaluar otros taludes.
- En la tesis de Mendoza (2016) se realizó un análisis mediante el software Slide. Esta tesis se desarrolló con el Software Slide y se concluyó que este es muy completo fácil de usar y contienen todo para un análisis sísmico.

## 4.2 Conclusiones

- Los resultados por instrumentación geotécnica, nos permite determinar en forma más precisa el mecanismo de falla de los taludes y el porqué de un deslizamiento, para seguir un seguimiento de posibles deslizamientos. Como, la relación entre la cohesión y el ángulo de fricción, nos da las formas de las partículas del suelo provocando un fenómeno de licuación, identificando el aumento repentino de la presión de poros y siendo propenso a movimiento sísmico.
- El análisis pseudoestático para la estabilidad de taludes es válido como metodología de diseño, para identificar condiciones en movimiento telúrico, esto a su vez la correcta elección de un coeficiente sísmico estándar para proveer un estudio de peligros sísmico bien realizado es parte importante de esta evaluación.
- La elección de un coeficiente sísmico para un análisis pseudoestático ha de reflejar los hechos condiciones ocurridas durante determinado sismo, en este caso se un coeficiente sísmico estándar por la limitación de equipos geofísicos sismológicos, explicando con los resultados la falla durante la activada sísmica. El uso de evaluaciones sísmicas de taludes como metodología de diseño se pretende que sea aplicado en nuestra realidad en informes y proyectos de obras civiles y mineras, para este propósito una mayor y mejor información sísmica es fundamental. El análisis estático se realizó en condiciones sin movimiento sísmico a través de técnicas de recolección de datos y métodos computacionales evidenciando el

diagnostico que el talud es estable según el Osinergmin a 3 meses < Mediano Plazo < 1 año. Además, el análisis pseudoestático nos da un resultado que el talud es inestable, en conclusión, es sísmicamente inestable. La evaluación propone brindar información de cuan estable pueden ser un talud en condiciones sísmicas y esta a su vez dar a conocer la susceptibilidad de la zona.

## REFERENCIAS

- Alvarado, D. B. (2009). Procedimientos de investigación y comparación de los métodos bishop modificado, janbu y felleius paa el cálculo de estabilidad de taludes. Guatemala: Unversidad de San Carlos de Guatemala.
- Braja, m. (2001). "Fundamentos de ingeniería geotécnica". Sacramento, U.S.A. Cengage Learning Latin Am.
- Braja M. Das. (2001). Principios de la ingeniería de cimentaciones. 4. ed. México: International Thomson Editores, 862 p
- Calla, J. (2012). GEOTECNA I. Puno, Puno: Universidad Nacional del Altiplano
- Duncan and Wright (2005). "Soil Strength and Slope Stability"
- Gerscovich, D. (2013). Estabilidad de Taludes. São Paulo: Oficina de Textos.
- Gerscovich, D. M. (2016). Estabilidade de taludes. Sao Paulo: Oficina de Textos
- Gidahatar (2017). "Modelamiento de Erosión de suelos"
- Herrera, f. (2003). "Introducción al análisis de la estabilidad de taludes en suelos y los diferentes métodos de cálculo utilizados".
- Jesús Torres, R. T. (2013). análisis de estabilidad de taludes en la vía hacia el sector "el mucuy alto, municipio santo marquina, estado mérida. geominas, 158. 73
- Joel, M. L. (2016). análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina antapaccay. lima: pontifica universidad catolica del peru.
- Juarez, E., & Rico, A. (2005). Fundamentos de la mecánica de suelos. México: Limusa.
- Medina, P., Barra, E., Y Guzmán, L. (2008). Guía de laboratorio de geotécnia.
- Martinez, R., Barrera, S. y Gomez, P. (2011). "El método Pseudoestático de estabilidad en presas"
- McLaughlin, DH. (1925). Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Departments of lima and Junin. Geol. Soc.
- Mendo, D (2018). "Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018"

Montoya, f. (2014) “Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz Blanca- el Gavilán”. Universidad Nacional de Cajamarca.

Morales, D.B. (2009). Procedimientos de investigación y comparación de los métodos de bishop modificado, janbú y fellenius para el cálculo de estabilidad de taludes. Facultad de ingeniería, Universidad de san Carlos de Guatemala

Saez, E. (2010). Fundamentos de Geotecnia. Chile: Pontificia Universidad Catolica de Chile Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnia.

Sanhueza Plaza, C., & Rodríguez Cifuentes, L. (2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. Revista de la Construcción.

Sáenz, e. (2015). “Evaluación geotécnica de los taludes en el tramo de la carretera el Gavilán - Chigden”. Universidad Nacional de Cajamarca.

Sepulveda (2011). “Comportamiento sísmico de taludes de roca. Aplicación del método de Newmark”

Silgado, F. E. (2012). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú. Lima-Peru: guzlop editoras.

Suarez, j. (2009). “Deslizamientos: análisis geotécnico”. España. u. industrial de Santander.

Suarez, L. (2016). Análisis de estabilidad de taludes 1. ed. Español: independiente, por el autor, 167p

Oteo, C. (2002). “Introducción a la mecánica de rocas”

Ortiz, R. (2002). “Introducción a la mecánica de suelos”

Osinergmin (2012). “Criterios Geomecanicos de Bienewski”

Oscar Alejandro Aguilar Goenaga, C. E. (2015). análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los metodos de equilibrio limite aplicado a taludes o laderas aledañas al cerro de la popa,caso urbano de cartagena. cartagena d. t. y c. – bolivar: universidad de cartagena.

Torres, w. (2015). “Evaluación geotécnica de los deslizamientos en taludes de la carretera Peña Blanca - Choropampa - Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca.

Kramer, S. L. (1996). "Geotechnical earthquake engineering"

Ricardo Valiente Sanz, S. S. (s.f.). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de diseño y métodos de cálculo. CIV información, 50-54

Valladares, I. P. (2015). estabilidad de taludes con anclas. México, df.: universidad nacional autónoma de México, facultad de ingeniería.

Veliz, C (2009) estabilización de taludes con pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala

## ANEXOS



*Figura 33. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 01*



*Figura 34. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 02*



*Figura 35. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 03*



*Figura 36. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 04*





*Figura 37. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 05*



*Figura 38. Toma de medida de la dimensión del Talud Parte 06*



*Figura 39. Muestra de suelo que pasa por tamices.*



*Figura 40. Peso de suelo.*



*Figura 41. Peso de la Tara.*



*Figura 42. Tara más suelo húmedo.*

CLASIFICACION DE RIESGO DE TALUDES CARRETERA SAN JUAN KILOMETRO 139 (450 AL 500)		
Progresiva (km)	de:	
	a:	
(Marguen de la carretera)		
Características	Fenómeno	DESLIZAMIENTO
Equilibrio Actual	Estable (0)	
	Intermedio (1)	
	Critico (2)	
Evolución	Nula (0)	
	progresiva (3)	
Topografía	Suave < 10° (0)	
	Media 10-30° (1)	
	Fuerte > 30° (2)	
Volumen (m3)	< 10 (0)	
	10-100 (1)	
	100-1000 (2)	
	>1000 (3)	
Daños Materiales	Ligero (1)	
	Medio (2)	
	Catastrófico (3)	
Valoración		
Altura de Talud (m)		
Pendiente del talud (°)		
Litología		
Factor de Humedad		
Evaluación Integral		

Fuente: Propia



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú

Subdirección de  
Ciencias de la  
Tierra Sólida



## CENTRO NACIONAL DE MONITOREO SÍSMICO

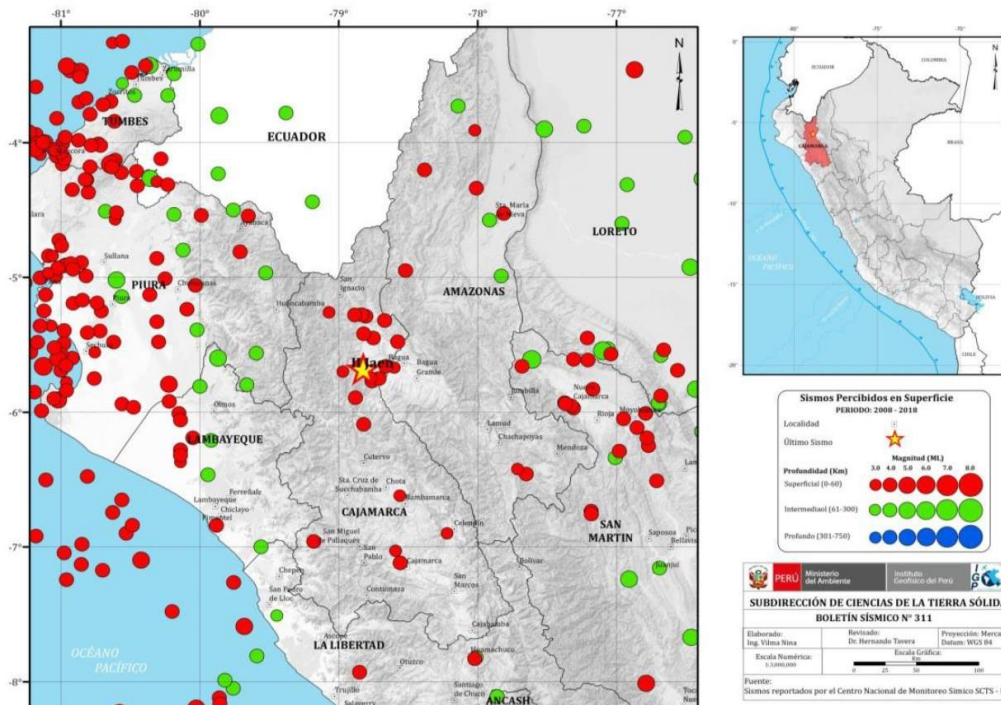


### BOLETÍN SÍSMICO N° 311

#### Sismo del 16 de diciembre del 2018

A las 03 horas – 58 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:

Coordenadas del epicentro: Latitud: Longitud:	-05.68° -78.82°	<b>CAJAMARCA</b>
Profundidad:	17 km	<i>Evento de Foco Superficial</i>
Magnitud:	3.7 ML	<i>Magnitud Local</i>
Referencia:	3 km al Norte-NO de Jaén	<i>Jaén</i>
Intensidad Máxima:	II en Jaén	<i>Escala Mercalli Modificada</i>
Fecha (UTC) Hora Origen (UTC)	16 de diciembre, 2018 08 h 58 min	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>



**Epicentro:** Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad  
**Intensidad Máxima:** Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.



Sismología

Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida

SCTS



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú

Subdirección de  
Ciencias de la  
Tierra Sólida



## CENTRO NACIONAL DE MONITOREO SÍSMICO

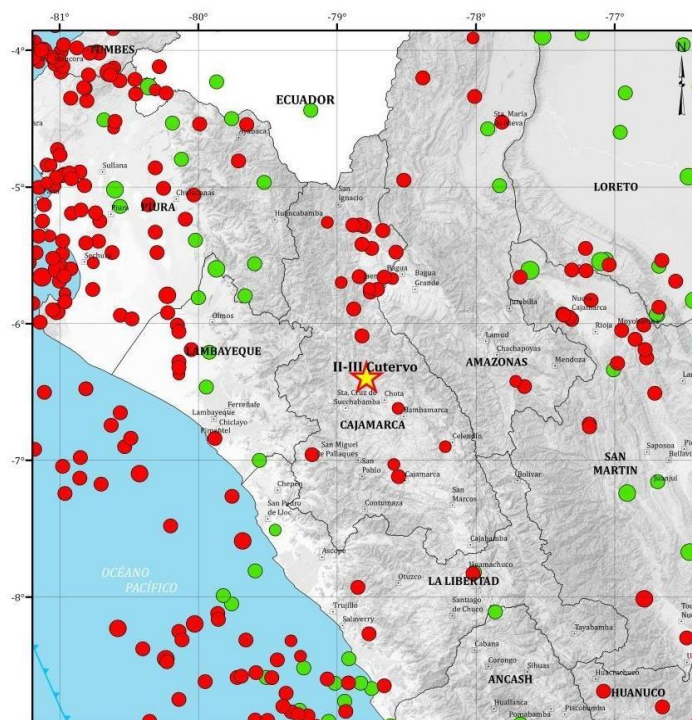


### BOLETÍN SÍSMICO N° 289

#### Sismo del 26 de noviembre del 2018

A las 07 horas – 15 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:

<b>Coordenadas del epicentro:</b> Latitud: Longitud:	-06.39° -78.79°	<b>CAJAMARCA</b>
<b>Profundidad:</b>	30 km	<i>Evento de Foco Superficial</i>
<b>Magnitud:</b>	4.0 ML	<i>Magnitud Local</i>
<b>Referencia:</b>	4 km al Este-SE de Cutervo	<i>Cutervo</i>
<b>Intensidad Máxima:</b>	II-III en Cutervo	<i>Escala Mercalli Modificada</i>
<b>Fecha (UTC) Hora Origen (UTC)</b>	26 de noviembre, 2018 12 h 15 min	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>



PERÚ Ministerio del Ambiente	Instituto Geofísico del Perú	IGP
SUBDIRECCIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA		
BOLETÍN SÍSMICO N° 289		
Elaborado: Ing. Vilma Noya	Revisado: Dr. Hernando Torres	Proyección: Mercator
Escala Numérica: 1:1000000	Escala Gráfica:	Datam: WGS 84
Fuente: Sismos reportados por el Centro Nacional de Monitoreo Sísmico SCTS - IGP		

**Epicentro:** Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad  
**Intensidad Máxima:** Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú

Subdirección de  
Ciencias de la  
Tierra Sólida



## CENTRO NACIONAL DE MONITOREO SÍSMICO

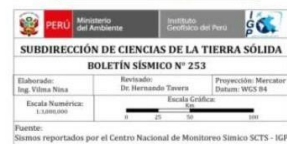
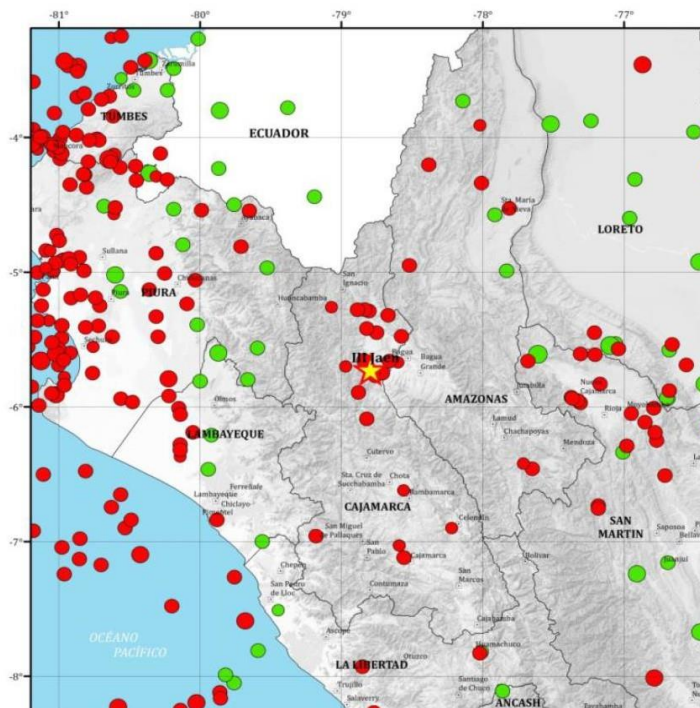


### BOLETÍN SÍSMICO N° 253

#### Sismo del 23 de octubre del 2018

A las 23 horas – 16 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:

<b>Coordenadas del epicentro:</b> Latitud: Longitud:	-05.72° -78.79°	<b>CAJAMARCA</b>
<b>Profundidad:</b>	11 km	<i>Evento de Foco Superficial</i>
<b>Magnitud:</b>	3.9 ML	<i>Magnitud Local</i>
<b>Referencia:</b>	3 km al SE de Jaén	<i>Jaén</i>
<b>Intensidad Máxima:</b>	III en Jaén	<i>Escala Mercalli Modificada</i>
<b>Fecha (UTC) Hora Origen (UTC)</b>	24 de octubre, 2018 04 h 16 min	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>



**Epicentro:** Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad  
**Intensidad Máxima:** Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

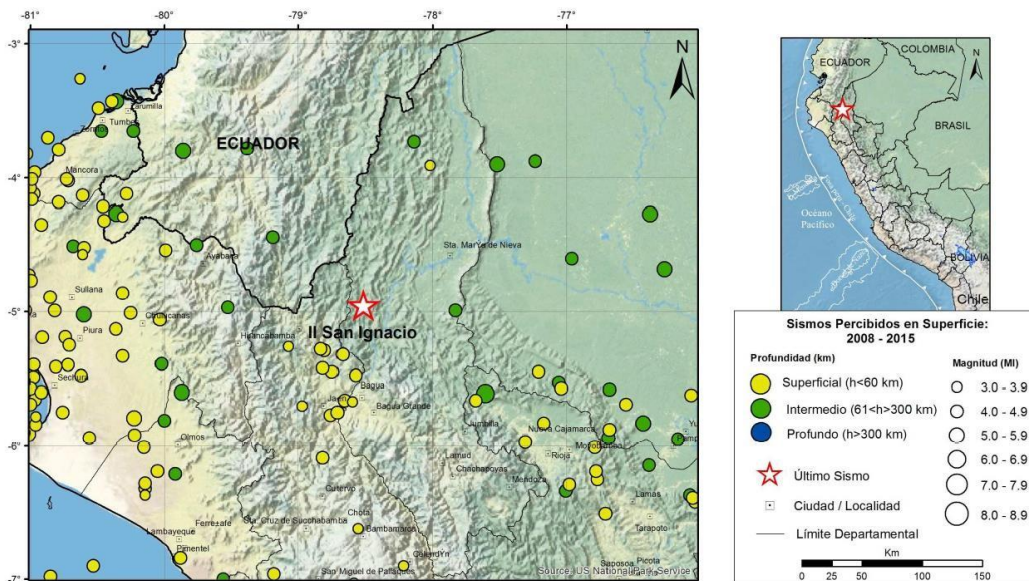
Instituto  
Geofísico del Perú

Dirección  
de Sismología



## BOLETÍN SÍSMICO N° 49 - 2015

Viernes 27 de febrero del 2015, a las 23 horas – 53 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:



<b>Fecha (UTC)</b>	28 de febrero, 2015	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>
<b>Hora Origen (UTC)</b>	04 h 53 min	
<b>Coordenadas del epicentro:</b> Latitud: Longitud:	-04.95° -78.52°	<i>CAJAMARCA</i>
<b>Profundidad:</b>	40 km	<i>Profundidad Superficial</i>
<b>Magnitud:</b>	4.6 ML	<i>Magnitud Local</i>
<b>Referencia:</b>	56 km al E-NE de San Ignacio	<i>San Ignacio</i>
<b>Intensidad Máxima:</b>	II en San Ignacio	<i>Escala Mercalli Modificada</i>

**Epicentro:** Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad

**Intensidad Máxima:** Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.

### Mayor Información:

#### Dirección de Sismología:

[http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com\\_content&view=frontpage&Itemid=1&lang=es](http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1&lang=es)

#### Servicio Sismológico:

[http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es)

#### Información y consultas:

[hernando.tavera@igp.gob.pe](mailto:hernando.tavera@igp.gob.pe)



Sismología

Investigación para la Prevención de Desastres en Sismología





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

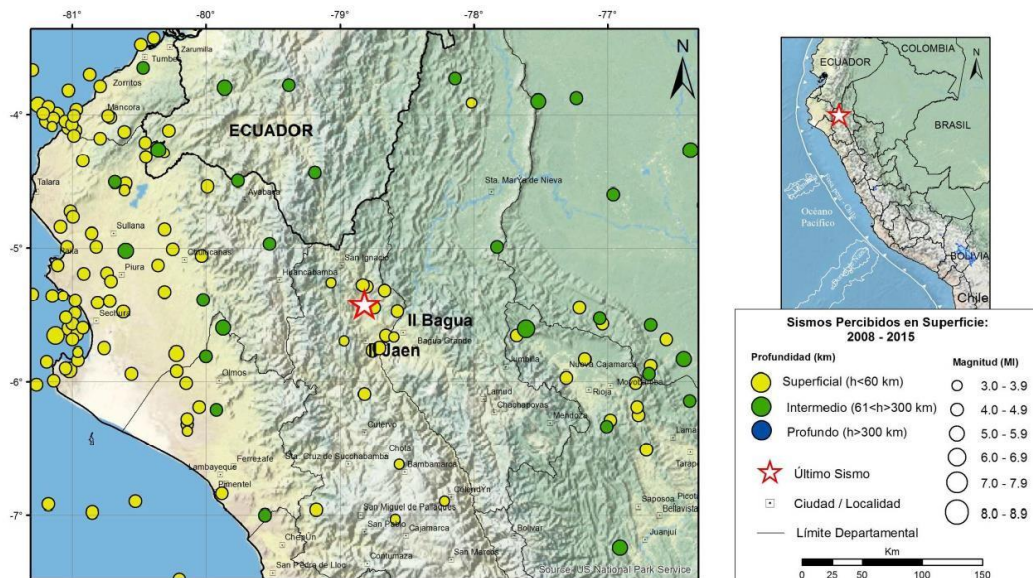
Instituto  
Geofísico del Perú

Dirección  
de Sismología



## BOLETÍN SÍSMICO N° 08 - 2015

Viernes 09 de enero del 2015, a las 03 horas – 15 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:



<b>Fecha (UTC)</b>	09 de enero, 2015	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>
<b>Hora Origen (UTC)</b>	08 h 15 min	
<b>Coordenadas del epicentro:</b>		
Latitud:	-05.42°	<i>CAJAMARCA</i>
Longitud:	-78.82°	
<b>Profundidad:</b>	25 km	<i>Profundidad Superficial</i>
<b>Magnitud:</b>	4.3 ML	<i>Magnitud Local</i>
<b>Referencia:</b>	31 km al Norte de Jaén	<i>Jaén</i>
<b>Intensidad Máxima:</b>	II en Jaén, Bagua	<i>Escala Mercalli Modificada</i>

**Epicentro:** Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad

**Intensidad Máxima:** Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.

### Mayor Información:

#### Dirección de Sismología:

[http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com\\_content&view=frontpage&Itemid=1&lang=es](http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1&lang=es)

#### Servicio Sismológico:

[http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es)

#### Información y consultas:

[hernando.tavera@igp.gob.pe](mailto:hernando.tavera@igp.gob.pe)



Sismología

Investigación para la Prevención de Desastres en Sismología



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

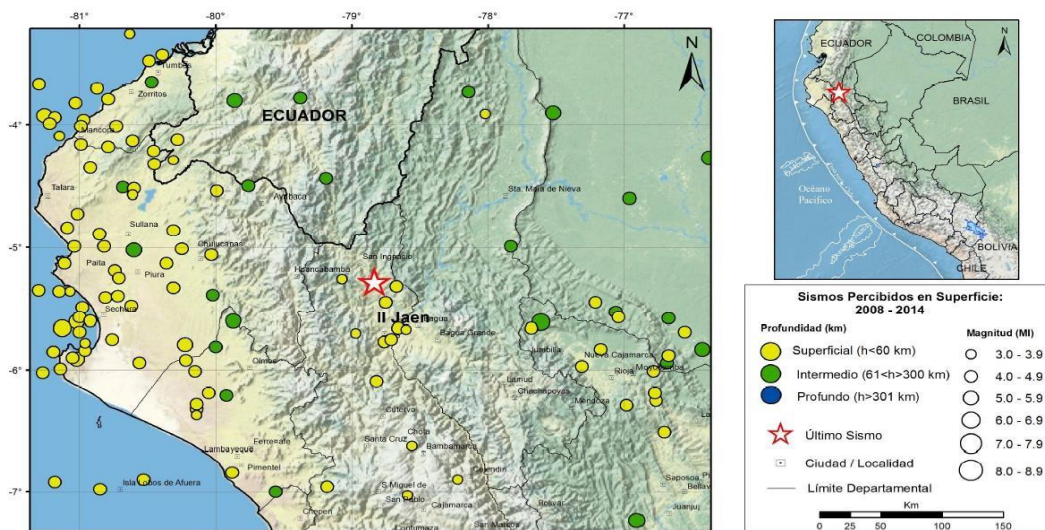
Instituto  
Geofísico del Perú

Dirección  
de Sismología



## BOLETÍN SÍSMICO N° 109 - 2014

Miércoles 28 de mayo del 2014, a las 05 horas – 55 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:



<b>Fecha (UTC)</b>	28 de mayo, 2014	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>
<b>Hora Origen (UTC)</b>	10 h 55 min	
<b>Coordenadas del epicentro:</b>	-05.28° Longitud: -78.83°	<i>CAJAMARCA</i>
<b>Profundidad:</b>	18 km	<i>Profundidad Superficial</i>
<b>Magnitud:</b>	4.3 ML	<i>Magnitud Local</i>
<b>Referencia:</b>	47 km al Norte de Jaén	<i>Jaén</i>
<b>Intensidad Máxima:</b>	II en Jaén	<i>Escala Mercalli Modificada</i>

**Epicentro:** Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad

**Intensidad Máxima:** Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.

### Mayor Información:

#### Dirección de Sismología:

[http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=95&area=5&mainMenu=3&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com_content&view=article&id=95&area=5&mainMenu=3&Itemid=164&lang=es)

#### Servicio Sismológico:

[http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es)

#### Información y consultas:

[hernando.tavera@igp.gob.pe](mailto:hernando.tavera@igp.gob.pe)



Servicio Sismológico



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

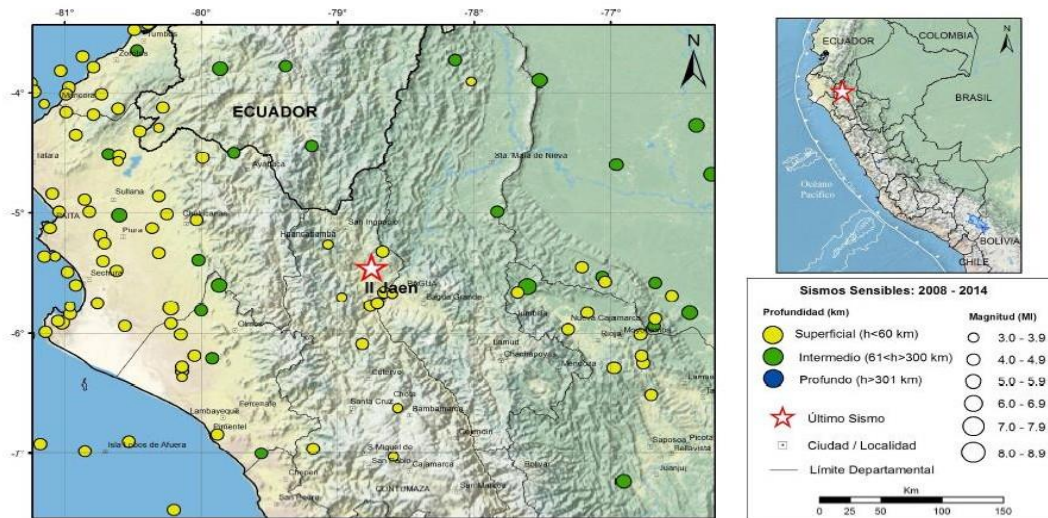
Instituto  
Geofísico del Perú

Dirección  
de Sismología



## BOLETÍN SÍSMICO N° 38- 2014

Jueves 13 de marzo del 2014, a las 04 horas – 26 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:



<b>Fecha (UTC)</b>	13 de marzo, 2014	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>
<b>Hora Origen (UTC)</b>	09 h 26 min	
<b>Coordenadas del epicentro:</b>		
Latitud:	-05.45°	<i>CAJAMARCA</i>
Longitud:	-78.75°	
<b>Profundidad:</b>	21 km	<i>Profundidad Superficial</i>
<b>Magnitud:</b>	4.3 ML	<i>Magnitud Local</i>
<b>Referencia:</b>	29 km al Norte de Jaén	<i>Jaén</i>
<b>Intensidad Máxima:</b>	II en Jaén	<i>Escala Mercalli Modificada</i>

*Epicentro: Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad*

*Intensidad Máxima: Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.*

### Mayor Información:

#### Dirección de Sismología:

[http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=95&area=5&mainMenu=3&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com_content&view=article&id=95&area=5&mainMenu=3&Itemid=164&lang=es)

#### Servicio Sismológico:

[http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es)

#### Información y consultas:

[hernando.tavera@igp.gob.pe](mailto:hernando.tavera@igp.gob.pe)



*Servicio Sismológico*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

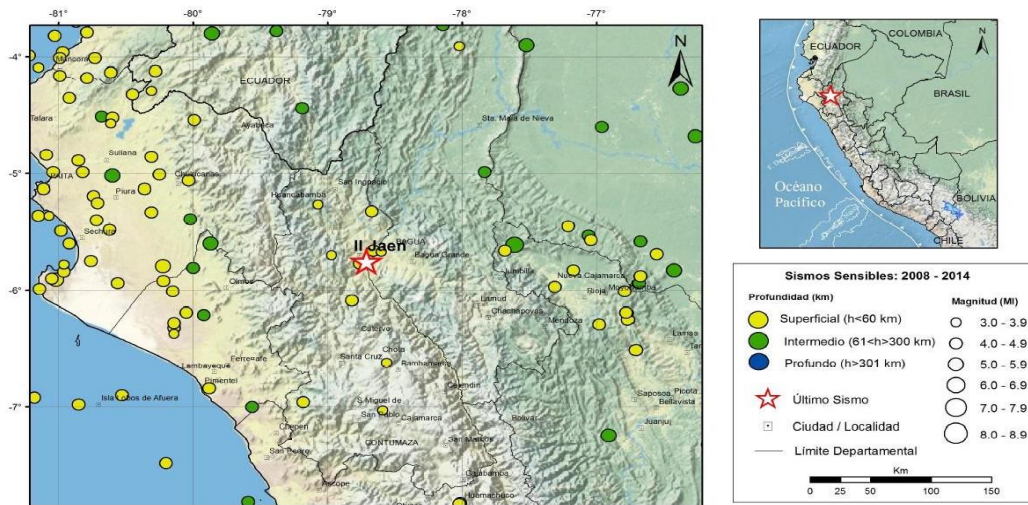
Instituto  
Geofísico del Perú

Dirección  
de Sismología



## BOLETÍN SÍSMICO N° 09 - 2014

Lunes 14 de enero del 2014, a las 21 horas – 09 minutos (Hora Local), se registró un sismo con los siguientes parámetros hipocentrales:



<b>Fecha (UTC)</b>	15 de enero, 2014	<i>Fecha/Hora, Tiempo Universal Coordinado</i>
<b>Hora Origen (UTC)</b>	02 h 09 min	
<b>Coordenadas del epicentro:</b>		
Latitud:	-05.75°	CAJAMARCA
Longitud:	-78.71°	
<b>Profundidad:</b>	21 km	<i>Profundidad Superficial</i>
<b>Magnitud:</b>	4.0 ML	<i>Magnitud Local</i>
<b>Referencia:</b>	12 km al SE de Jaén	<i>Jaén</i>
<b>Intensidad Máxima:</b>	III en Piura	<i>Escala Mercalli Modificada</i>

**Epicentro:** Se toma como referencia la plaza de Armas de la ciudad y/o localidad

**Intensidad Máxima:** Corresponde a la localidad más cercana al epicentro.

### Mayor Información:

#### Dirección de Sismología:

[http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=95&area=5&mainMenu=3&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com_content&view=article&id=95&area=5&mainMenu=3&Itemid=164&lang=es)

#### Servicio Sismológico:

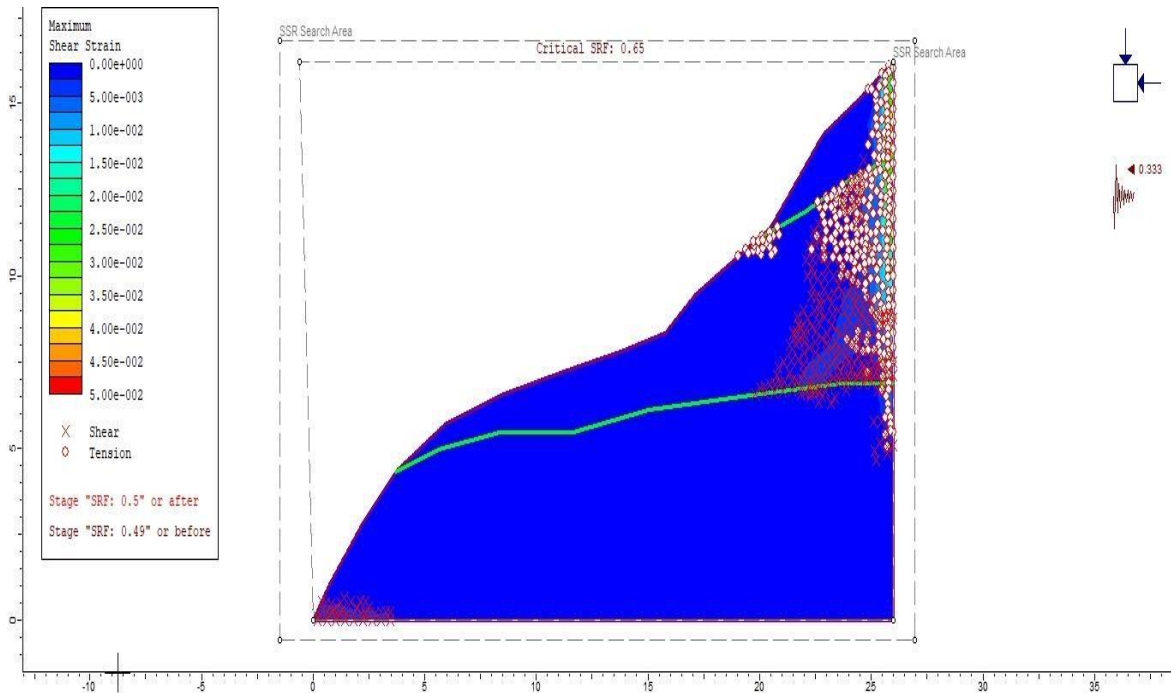
[http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es](http://www.igp.gob.pe/igp/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es)

#### Información y consultas:

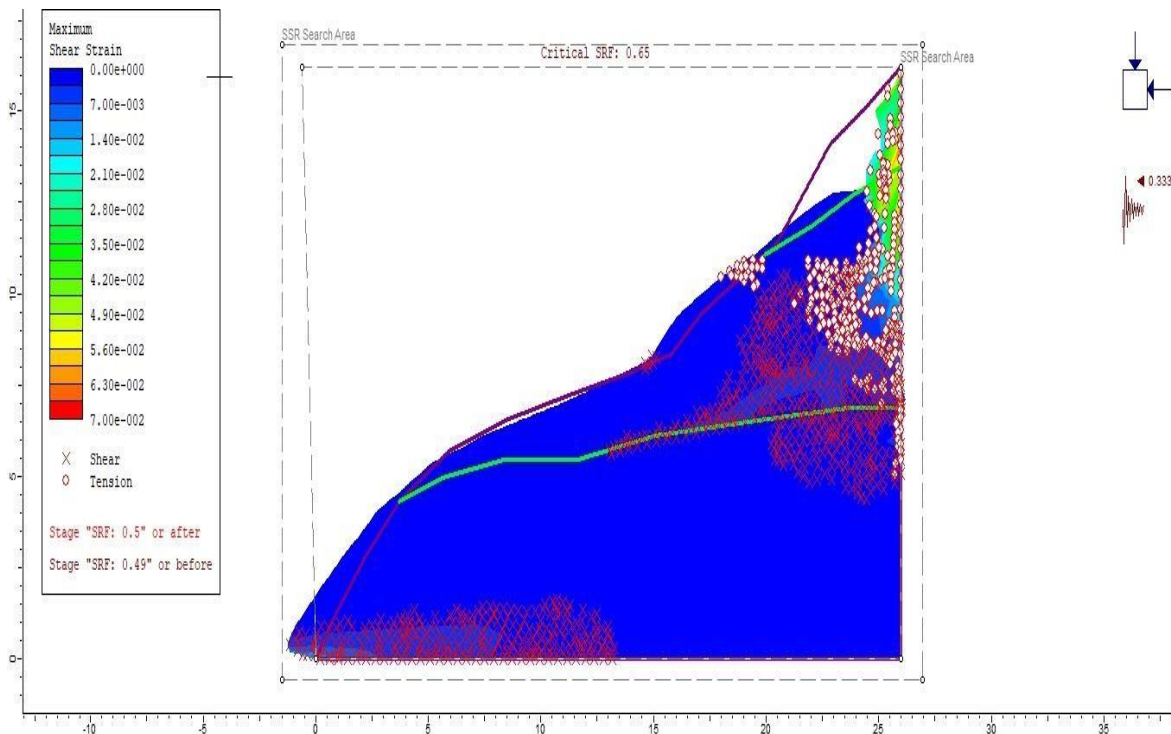
[hernando.tavera@igp.gob.pe](mailto:hernando.tavera@igp.gob.pe)



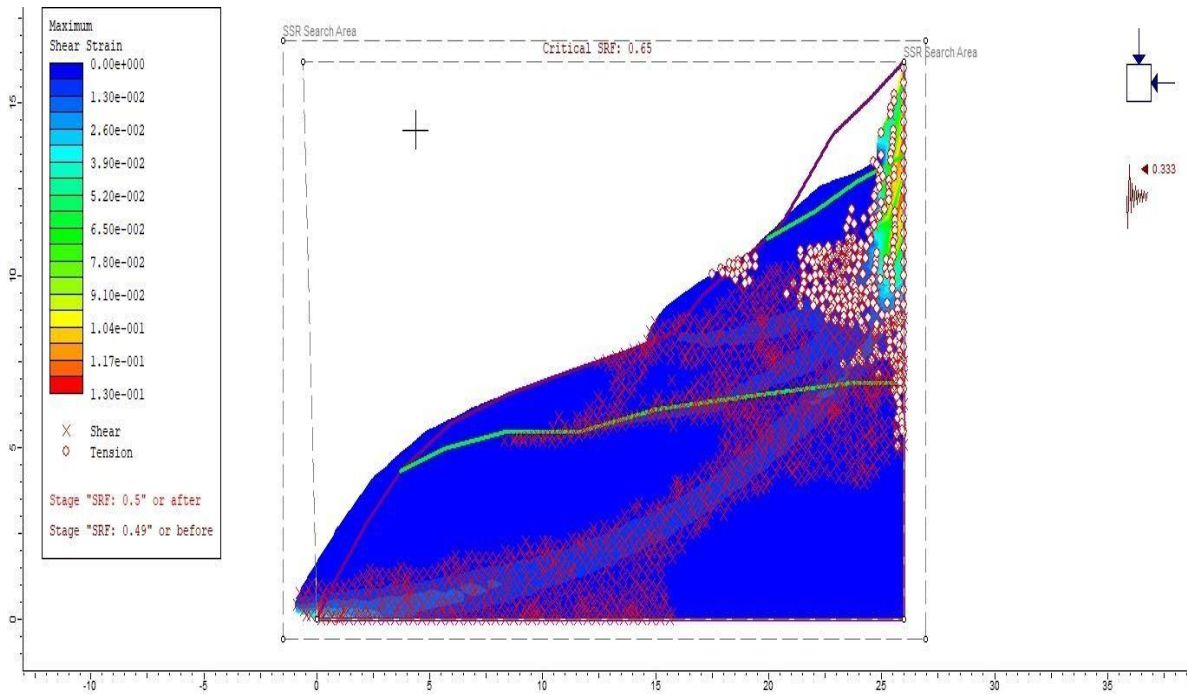
Servicio Sismológico



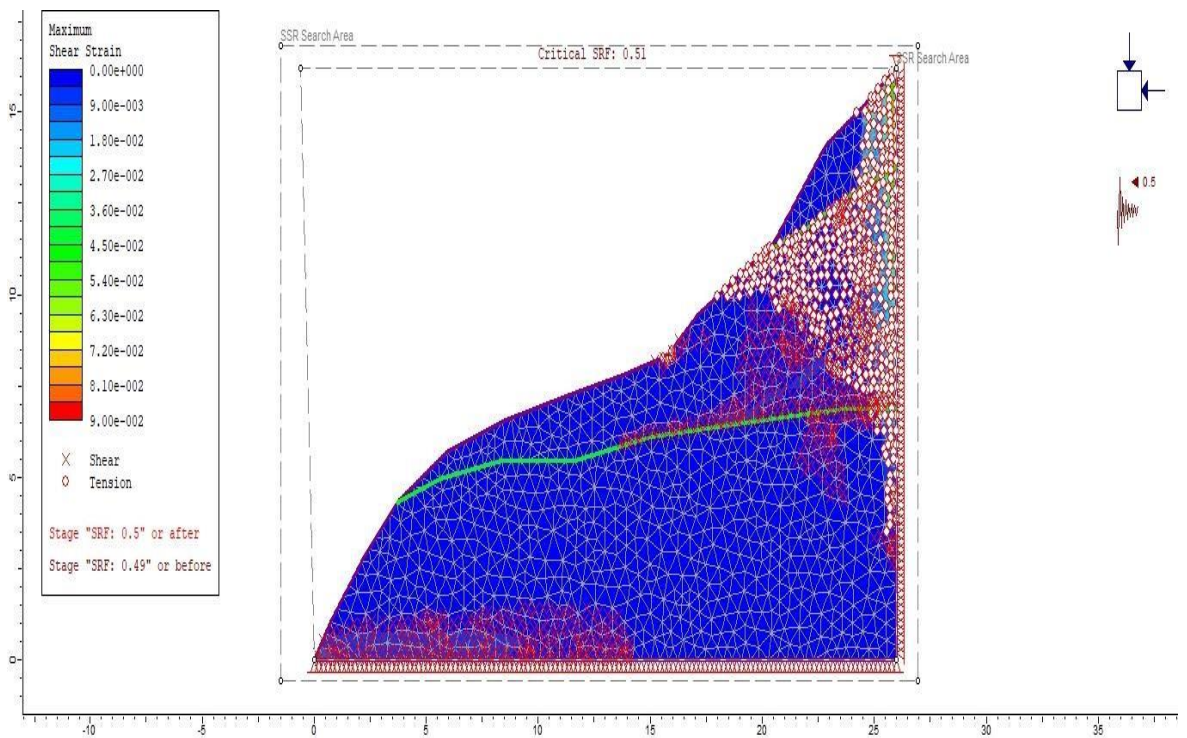
**Figura 43. Talud inicial sin deslizamiento parte 1**



**Figura 44. Talud con deslizamiento inicial**



*Figura 45. Talud con deslizamiento*



*Figura 46. Talud con deslizamiento inicial coeficiente sísmico 0.5*

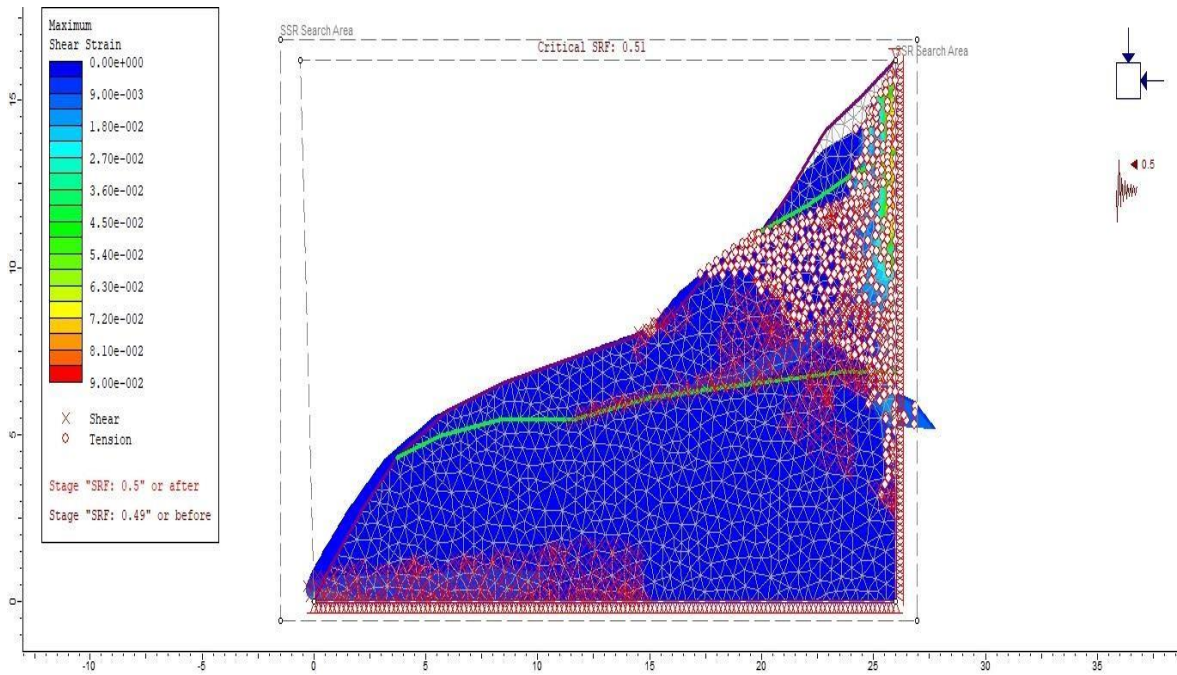


Figura 47. Deslizamiento inicial coeficiente sísmico 0.5

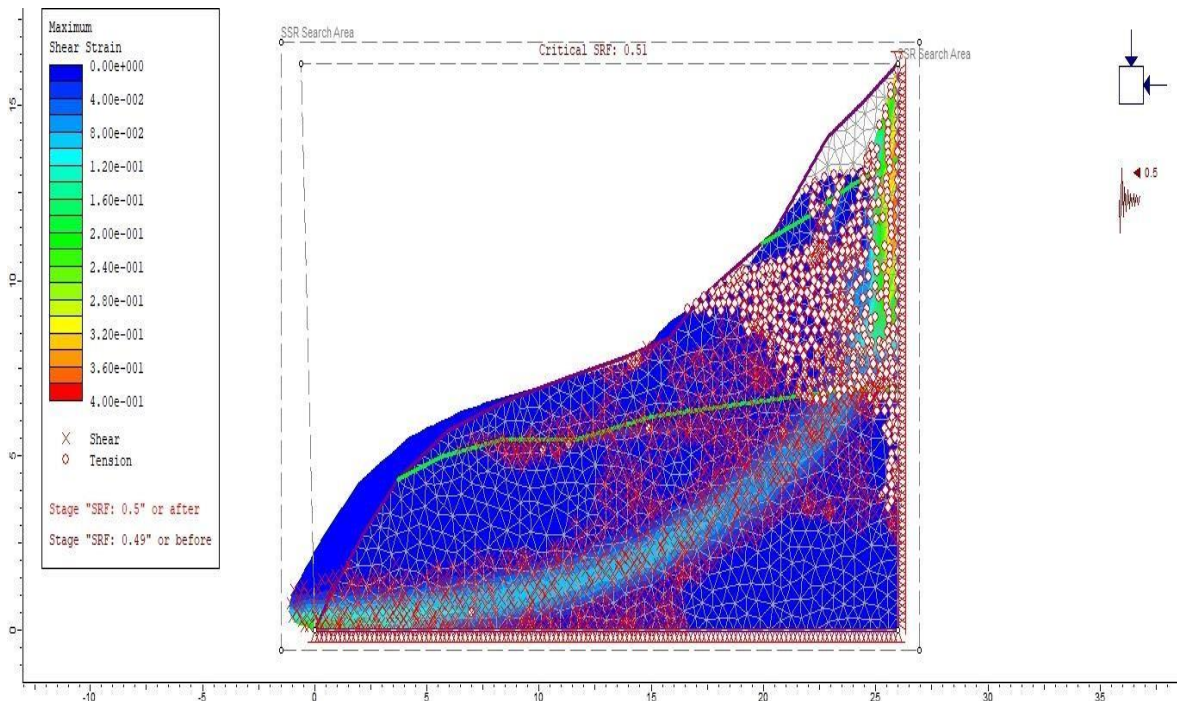
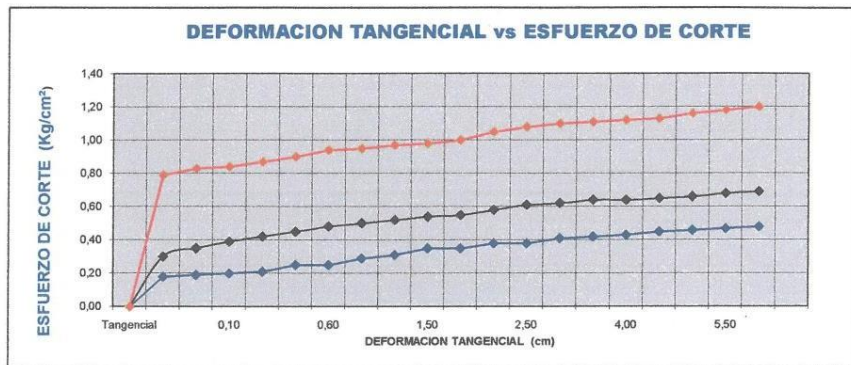


Figura 48. Deslizamiento coeficiente sísmico 0.5

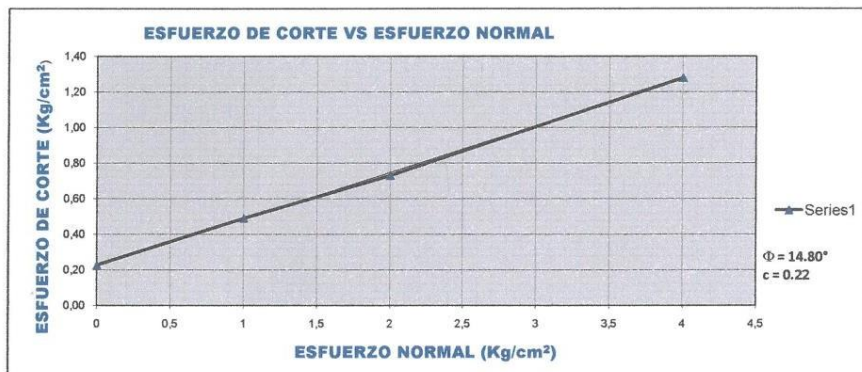
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

<b>TESISTA</b>		: BACH. LUIS CHUQUIRUNA ROJAS				
<b>CALICATA</b>		: N °3 - PROFUNDIDAD (m) : 1,50				
<b>UBICACIÓN</b>		: DIST. SAN JUAN, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA				
<b>TIPO DE MUESTRA</b>		: REMOLDEADA				
<b>FECHA</b>		: DICIEMBRE DEL 2018				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>						
Lado o Espesor (mm)	6,3	Humedad (%)		16,28		
Altura (mm)	3,16					
Área (cm <sup>2</sup> )	38,44					
Volumen (cm <sup>3</sup> )	85,05					
<b>APLICACIONES DE CARGA</b>						
Velocidad de carga de la máquina (mm/min)	0,25					
Carga normal (kN)	5					
Esp. de muestra	I	II	III			
Peso de la semi Caja Superior (kg)	4	8	16			
Esfuerzo Normal (σ) (kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	4,00			
Vel. de corte máxima (τ) (kg/cm <sup>2</sup> )	0,49	0,73	1,28			
<b>ÁNGULO DE FROCCION INTERNA (φ) °</b>		14,80				
<b>COHESION (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		6,22				
<b>RESULTADOS</b>						
Deflexion	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,18	0,18	0,80	0,15	0,79	0,20
0,10	0,19	0,19	0,35	0,18	0,88	0,21
0,20	0,20	0,21	0,39	0,20	0,84	0,21
0,35	0,21	0,25	0,42	0,21	0,87	0,22
0,50	0,25	0,26	0,45	0,25	0,90	0,23
0,75	0,25	0,32	0,48	0,24	0,94	0,24
1,00	0,29	0,35	0,50	0,25	0,95	0,24
1,25	0,31	0,34	0,52	0,26	0,97	0,24
1,50	0,35	0,37	0,54	0,27	0,98	0,25
1,75	0,35	0,39	0,55	0,28	1,00	0,25
2,00	0,38	0,39	0,58	0,29	1,05	0,26
2,25	0,38	0,40	0,61	0,31	1,08	0,27
2,50	0,41	0,41	0,62	0,31	1,10	0,28
2,75	0,42	0,42	0,64	0,32	1,11	0,28
3,00	0,44	0,43	0,64	0,32	1,12	0,28
3,25	0,45	0,45	0,65	0,33	1,13	0,28
3,50	0,46	0,44	0,66	0,33	1,16	0,29
3,75	0,47	0,44	0,68	0,34	1,18	0,30
4,00	0,48	0,48	0,69	0,35	1,20	0,30





P



## ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. SAN JUAN, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA
<b>CALICATA</b>	: N '3
<b>TESISTA</b>	: BACH. LUIS CHUQUIRUNA ROJAS
<b>FECHA</b>	: DICIEMBRE DEL 2018

MUESTRA DE SUELO					
( NORMA ASTM - C 128 )					
DETERMINACION	UNIDAD	CALICATA 3			PROMEDIO
ENSAYO		I	II	III	
A) Peso Material Saturado Superficialmente Seca (en el aire)	gr.	570,00	570,00	580,70	
B) Peso Fiola + H2O	gr.	757,10	762,90	768,30	
C) Peso Fiola + H2O + S	gr.	1327,1	1332,9	1349,0	
D) Peso del material + H2O + frasco	gr.	981,50	931,20	927,50	
E) Volumen de masa + Volumen de Vacios	gr/cm3	345,60	401,70	421,50	
F) Peso material seco en horno (105°c)	gr.	549,90	551,90	560,70	
G) Volumen de masa	gr/cm3	325,50	383,60	401,50	
P.E bulk ( base seca )	gr/cm3	1,591	1,374	1,330	<b>1,43</b>
P.E bulk ( base saturada )	gr/cm3	1,649	1,419	1,378	<b>1,48</b>
P.E Aparente ( base seca )	gr/cm3	1,69	1,44	1,40	<b>1,51</b>
% de Absorción	%	3,66	3,28	3,57	<b>3,50</b>

**LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO**

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

<b>TESISTA</b> : BACH. LUIS CHUQUIRUNA ROJAS	
<b>CALICATA</b> : N °2 - PROFUNDIDAD (m) : 1,50	
<b>UBICACIÓN</b> : DIST. SAN JUAN, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA	
<b>TIPO DE MUESTRA</b> : REMOLDEADA	
<b>FECHA</b> : DICIEMBRE DEL 2018	

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		
Lado o diámetro (cm)	6,2	Humedad (%) <span style="float: right;">16,93</span>
Altura (cm)	2,16	
Area (cm <sup>2</sup> )	38,44	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	83,03	

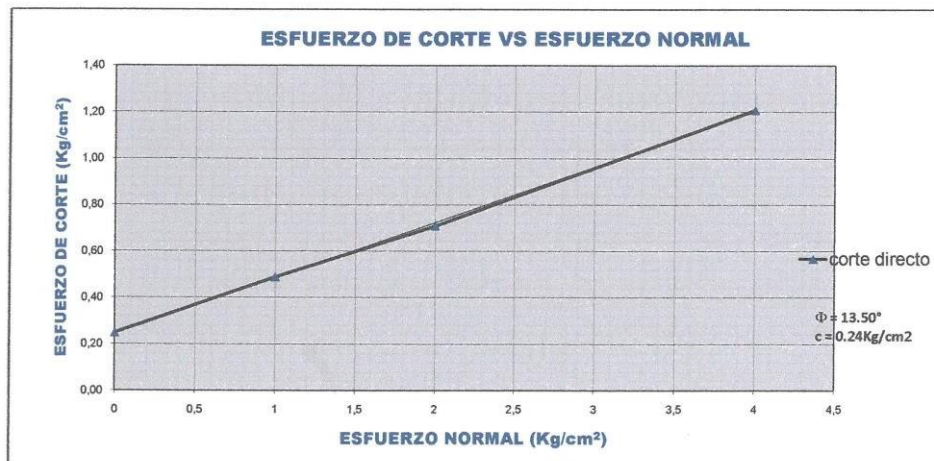
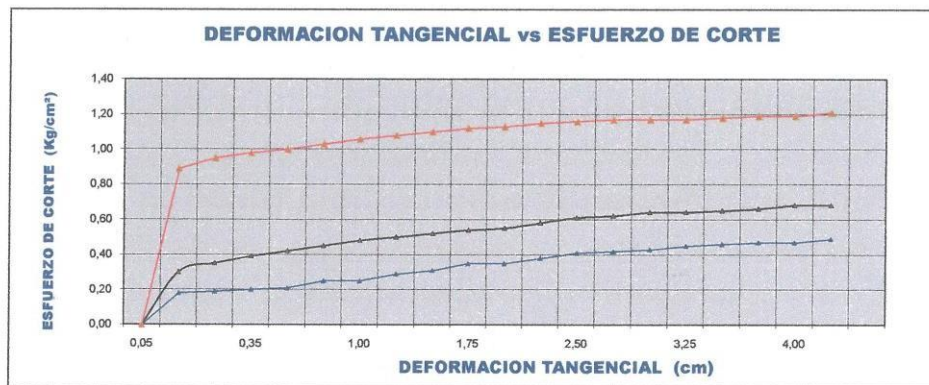
APLICACIONES DE CARGA			
Velocidad de carga de la maquina (mm/min)	0,25		
Carga normal (KG)	5		
Esp. de muestra	I	II	III
Peso de la Semí Caja Superior (Kg)	4	8	16
Esfuerzo Normal ( $\sigma$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	4,00
Esf. de corte máximo ( $\sigma$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,49	0,71	1,21

<b>ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (<math>\theta</math>) =</b>	<b>13,50</b>
<b>COHESION (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0,24</b>

Deformacion %	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,18	0,18	0,30	0,15	0,89	0,22
0,10	0,19	0,18	0,35	0,18	0,95	0,24
0,20	0,20	0,21	0,39	0,20	0,98	0,25
0,35	0,21	0,25	0,42	0,21	1,00	0,25
0,50	0,25	0,28	0,45	0,23	1,03	0,26
0,75	0,25	0,31	0,48	0,24	1,06	0,27
1,00	0,29	0,35	0,50	0,25	1,08	0,27
1,25	0,31	0,34	0,52	0,26	1,10	0,28
1,50	0,35	0,37	0,54	0,27	1,12	0,28
1,75	0,35	0,39	0,55	0,28	1,13	0,28
2,00	0,38	0,39	0,58	0,29	1,15	0,29
2,25	0,41	0,40	0,61	0,31	1,16	0,29
2,50	0,42	0,42	0,62	0,31	1,17	0,29
2,75	0,43	0,43	0,64	0,32	1,17	0,29
3,00	0,45	0,45	0,64	0,32	1,17	0,29
3,25	0,46	0,46	0,65	0,33	1,18	0,30
3,50	0,47	0,44	0,66	0,33	1,19	0,30
3,75	0,47	0,44	0,68	0,34	1,19	0,30
4,00	0,49	0,49	0,68	0,34	1,21	0,30

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

<b>UBICACIÓN</b>	<b>: BACH. LUIS CHUQUIRUNA ROJAS</b>	
<b>CALICATA</b>	<b>: N °2 - PROFUNDIDAD (m) : 1,50</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>: DIST. SAN JUAN, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA</b>	
<b>TESISTA</b>	<b>: REMOLDEADA</b>	
<b>FECHA</b>	<b>: DICIEMBRE DEL 2018</b>	



## ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. SAN JUAN, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA
<b>CALICATA</b>	: N °2
<b>TESISTA</b>	: BACH. LUIS CHUQUIRUNA ROJAS
<b>FECHA</b>	: DICIEMBRE DEL 2018

MUESTRA DE SUELO					
( NORMA ASTM - C 128 )					
DETERMINACION ENSAYO	UNIDAD	CALICATA 2			PROMEDIO
		I	II	III	
A) Peso Material Saturado Superficialmente Seca (en el aire)	gr.	650,00	650,00	650,00	
B) Peso Fiola + H2O	gr.	736,10	732,20	738,30	
C) Peso Fiola + H2O + S	gr.	1386,1	1382,2	1388,3	
D) Peso del material + H2O + frasco	gr.	981,50	931,20	927,50	
E) Volumen de masa + Volumen de Vacios	gr/cm3	404,60	451,00	460,80	
F) Peso material seco en horno (105°C)	gr.	628,77	632,60	626,80	
G) Volumen de masa	gr/cm3	383,37	433,60	437,60	
P.E bulk ( base seca )	gr/cm3	1,554	1,403	1,360	<b>1,44</b>
P.E bulk ( base saturada )	gr/cm3	1,607	1,441	1,411	<b>1,49</b>
P.E Aparente ( base seca )	gr/cm3	1,64	1,46	1,43	<b>1,51</b>
% de Absorcion	%	3,38	2,75	3,70	<b>3,28</b>

**LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO**

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

<b>TESISTA : BACH. LUIS CHUQUIRUNA ROJAS</b>		
<b>CALICATA : N °1 - PROFUNDIDAD (m) : 1,50</b>		
<b>UBICACIÓN : DIST. SAN JUAN, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA</b>		
<b>TIPO DE MUESTRA : REMOLDEADA</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>E. 774460,9 N. 9193903,9</b>
<b>FECHA : DICIEMBRE DEL 2018</b>		

### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA


Lado o diámetro (cm) 6,2	Humedad (%) 11,73
Altura (cm) 2,16	
Area (cm <sup>2</sup> ) 38,44	
Volumen (cm <sup>3</sup> ) 83,03	

### APLICACIONES DE CARGA

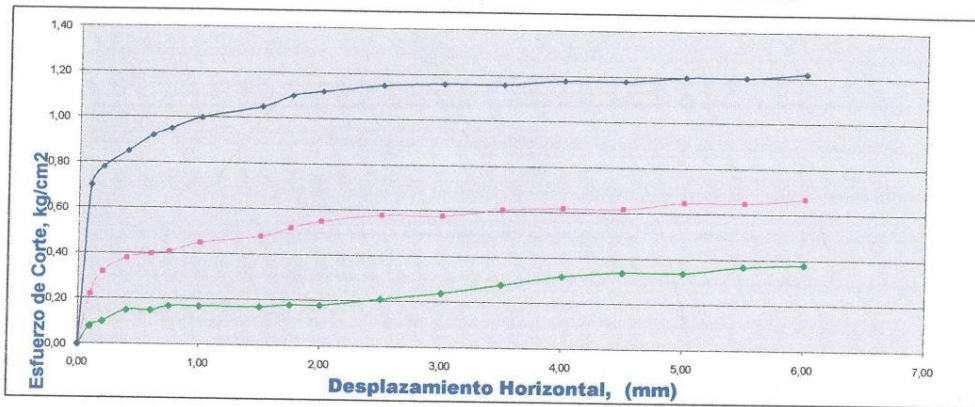
Velocidad de carga de la máquina (mm/min)	0,25	
Carga normal (KG)	5	
Esp. de muestra	I	II
Peso de la Semi Caja Superior (Kg)	4	8
		16
Esfuerzo Normal ( $\sigma$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00
		4,00
Esf. de corte máximo ( $\sigma$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,38	0,67
		1,22

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA ( $\phi$ ) =	15,60
COHESION (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,11

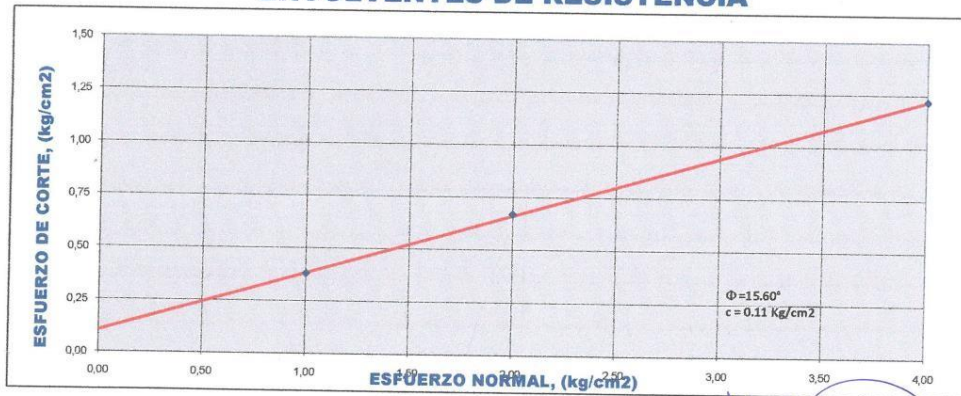
Deformación Tangencial mm	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,08	0,08	0,22	0,11	0,70	0,18
0,20	0,10	0,10	0,32	0,16	0,78	0,20
0,40	0,15	0,15	0,38	0,19	0,85	0,21
0,60	0,15	0,15	0,40	0,20	0,92	0,23
0,75	0,17	0,17	0,41	0,21	0,95	0,24
1,00	0,17	0,17	0,45	0,23	1,00	0,25
1,50	0,17	0,17	0,48	0,24	1,05	0,26
1,75	0,18	0,18	0,52	0,26	1,10	0,28
2,00	0,18	0,18	0,55	0,28	1,12	0,28
2,50	0,21	0,21	0,58	0,29	1,15	0,29
3,00	0,24	0,24	0,58	0,29	1,16	0,29
3,50	0,28	0,28	0,61	0,31	1,16	0,29
4,00	0,32	0,32	0,62	0,31	1,18	0,30
4,50	0,34	0,34	0,62	0,31	1,18	0,30
5,00	0,34	0,34	0,65	0,33	1,20	0,30
5,50	0,37	0,37	0,65	0,33	1,20	0,30
6,00	0,38	0,38	0,67	0,34	1,20	0,31

  
**HERNÁN WILBER FERNÁNDEZ GALVEZ**  
 Ingeniero Geólogo Civil  
 Reg. CIP. N° 12190

**APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE**



**ENVOLVENTES DE RESISTENCIA**



*Hernán Wilbert Fernández Galvez*  
 HERNAN WILBERT FERNANDEZ GALVEZ  
 Ingeniero Geólogo - Civil  
 Reg.CIP. N° 121967

## ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. SAN JUAN, PROV. CAJAMARCA, OPTO CAJAMARCA
<b>CALICATA</b>	: N° 1
<b>TESISTA</b>	: BACH. LUIS CHUQUIRUNA ROJAS
<b>FECHA</b>	: DICIEMBRE DEL 2018

MUESTRA DE SUELO					
( NORMA ASTM - C 128 )					
DETERMINACION	UNIDAD	CALICATA 1			PROMEDIO
ENSAYO		I	II	III	
A) Peso Material Natural Superficialmente Seco (en el aire)	gr	704.00	700.00	690.00	
B) Peso Plata + H <sub>2</sub> O	gr	707.00	717.00	710.00	
C) Peso Plata + H <sub>2</sub> O + S	gr	1407.0	1417.0	1407.4	
D) Peso del material + H <sub>2</sub> O + Soven	gr	1007.4	1008.70	1007.30	
E) Volumen de arena + Volumen de Agua	gr/m <sup>3</sup>	490.30	490.19	490.90	
F) Peso material seco en horno (105°)	gr	670.40	670.78	680.30	
G) Volumen de arena	gr/m <sup>3</sup>	430.70	432.97	430.80	
P.H. bulk ( base arena )	gr/m <sup>3</sup>	1.470	1.490	1.480	1.48
P.H. bulk ( base saturada )	gr/m <sup>3</sup>	1.921	1.492	1.902	1.80
P.H. Aparato ( base arena )	gr/m <sup>3</sup>	1.50	1.52	1.51	1.53
% de Absorción	%	0.48	0.80	1.48	0.90

LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO