

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LA LICUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE  
DAÑOS POST-LICUACION EN TERRAPLENES DE UNA VÍA  
ESTATAL DEL AUSTRO ECUATORIANO”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERIA CIVIL**

**AUTOR:**

**ANDREA MONSERRATH TOASA NUÑEZ**

[andrea.toasa@epn.edu.ec](mailto:andrea.toasa@epn.edu.ec)

**DIRECTOR:**

**ING. JUAN SEBASTIAN LOPEZ ZHINDON**

[juan.lopez13@epn.edu.ec](mailto:juan.lopez13@epn.edu.ec)

**DMQ, septiembre 2022**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Toasa Nuñez, Andrea Monserrath, declaro que el trabajo es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado bibliografías que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Andrea Toasa Nuñez

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Andrea Monserrath Toasa Nuñez, bajo mi supervisión.

---

**Juan Lopez Zhindon**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## DEDICATORIA

A mis padres Rocío y Milton que con su amor y esfuerzo me han permitido cumplir un sueño más.

A mi abuelita, mi más grande tesoro.

A mi hermano, mi mayor inspiración.

A Dobby, mi amigo más leal.

“Si realmente quieres algo, no te detienes por nadie ni por nada hasta que lo consigues”-  
Blair Waldorf

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a mis padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez, han sido mis mejores guías de vida.

Gracias a mi hermano por su apoyo incondicional desde el primer día, por estar conmigo en todo momento.

Gracias a mi abuelita por siempre creer en mí, por su cariño y apoyo incondicional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>I</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 ALCANCE</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4.1 SISMOS</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4.2 DETERMINACIÓN DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4.3 LICAUCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4.4 EVALUACIÓN DE LA LICUACIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4.5 RESISTENCIA RESIDUAL</b> .....	<b>14</b>
<b>1.4.6 ÍNDICES DE LICUACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4.7 ENSAYOS DE CAMPO</b> .....	<b>19</b>
<b>1.4.8 TALUDES Y TERRAPLENES</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4.9 ESTABILIDAD DE TALUDES</b> .....	<b>22</b>
<b>2 METODOLOGÍA</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1 PROYECTO ACCESO SUR CUENCA</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1.1 TERRAPLENES</b> .....	<b>29</b>
<b>3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1 RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2 CONCLUSIONES</b> .....	<b>48</b>
<b>3.3 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>51</b>
<b>5 ANEXOS</b> .....	<b>53</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Fuentes de Subducción</i> .....	5
<b>Tabla 2.</b> <i>Valores del factor Z en función de la zona sísmica</i> .....	7
<b>Tabla 3.</b> <i>Clasificación de los perfiles de suelo</i> .....	7
<b>Tabla 4.</b> <i>Valores del factor de amplificación (Fa) en función del factor de zona (Z) y el perfil de suelo</i> .....	8
<b>Tabla 5.</b> <i>Número de Severidad de Licuación</i> .....	19
<b>Tabla 6.</b> <i>Correcciones para SPT</i> .....	20
<b>Tabla 7.</b> <i>Factores de seguridad mínimos</i> .....	23
<b>Tabla 8.</b> <i>Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en un talud</i> .....	24
<b>Tabla 9.</b> <i>Información Ensayos SPT</i> .....	29
<b>Tabla 10.</b> <i>Terraplenes Seleccionados</i> .....	30
<b>Tabla 11.</b> <i>Estratigrafía de cada terraplén</i> .....	33
<b>Tabla 12.</b> <i>Resultados LPI y LSN</i> .....	39
<b>Tabla 13.</b> <i>Desplazamientos terraplén PT7-1</i> .....	47
<b>Tabla 14.</b> <i>Desplazamientos terraplén PT8-1</i> .....	47
<b>Tabla 15.</b> <i>Desplazamientos terraplén PT10-2</i> .....	48
<b>Tabla 16.</b> <i>Desplazamientos terraplén PT11-2</i> .....	48
<b>Tabla 17.</b> <i>Desplazamientos terraplén PPE-15</i> .....	48

## ÍNDICE DE ILUSTACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Placas Tectónicas .....	3
<b>Ilustración 2.</b> Fuentes sísmicas de tipo subducción.....	4
<b>Ilustración 3.</b> Fuentes sísmicas tipo corticales.....	5
<b>Ilustración 4.</b> Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z .....	6
<b>Ilustración 5.</b> Estimación de Resistencia Residual a partir de la resistencia SPT (Idris y Boulanger, 2007) .....	15
<b>Ilustración 6.</b> Estimación de Resistencia Residual a partir de la resistencia SPT (Olson y Stark, 2002) .....	16
<b>Ilustración 7.</b> Variación de la Resistencia Residual con la Resistencia SPT y el Esfuerzo Efectivo .....	17
<b>Ilustración 8.</b> Ensayo SPT .....	20
<b>Ilustración 9.</b> Zonas de un Terraplén .....	21
<b>Ilustración 10.</b> Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en un talud.....	23
<b>Ilustración 11.</b> Fuerzas que actúan sobre una dovela .....	24
<b>Ilustración 12.</b> Esquema estático. Método de Morgenstern-Price.....	26
<b>Ilustración 13.</b> Ubicación del área de estudio .....	28
<b>Ilustración 14.</b> Explanación del Km 3+400 al Km 9+570 .....	31
<b>Ilustración 15.</b> Perfil característico del tramo del Km 3+400 al Km 9+570.....	31
<b>Ilustración 16.</b> Explanación del Km 9+900 al Km 12+420 .....	32
<b>Ilustración 17.</b> Perfil característico del tramo del Km 9+900 al Km 12+420.....	32
<b>Ilustración 18.</b> Factor de seguridad .....	36
<b>Ilustración 19.</b> Factor de Seguridad.....	37
<b>Ilustración 20.</b> Factor de Seguridad.....	38
<b>Ilustración 21.</b> Resultados LPI puntos licuables .....	40
<b>Ilustración 22.</b> Resultados LSN puntos licuables.....	40
<b>Ilustración 23.</b> Resultados terraplén Punto PT7-1 .....	41
<b>Ilustración 24.</b> Resultados Terraplén Punto PT8-1 .....	42
<b>Ilustración 25.</b> Resultados Terraplén Punto PT10-2. ....	42
<b>Ilustración 26.</b> Resultados Terraplén PT11-2 .....	43
<b>Ilustración 27.</b> Resultados Terraplén Punto PPE-15. ....	44
<b>Ilustración 28.</b> Valores KY PT7-1.....	45
<b>Ilustración 29.</b> Valores Ky PT8-1 .....	45
<b>Ilustración 30.</b> Valores Ky PT10-2 .....	46
<b>Ilustración 31.</b> Valores Ky PT11-2 .....	46
<b>Ilustración 32.</b> Valores Ky PPE-15.....	47



**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1.</b> Aceleración máxima .....	9
<b>Ecuación 2.</b> Coeficiente horizontal .....	9
<b>Ecuación 3.</b> Esfuerzo total .....	9
<b>Ecuación 4.</b> Relación de esfuerzos cíclicos .....	11
<b>Ecuación 5.</b> Relación de resistencia cíclica .....	12
<b>Ecuación 6.</b> Corrección N1(60) por finos .....	12
<b>Ecuación 7.</b> Factor de seguridad.....	13
<b>Ecuación 8.</b> Factor de seguridad corregido.....	13
<b>Ecuación 9.</b> Factor de magnitud de escala .....	13
<b>Ecuación 10.</b> Resistencia residual .....	15
<b>Ecuación 11.</b> Resistencia residual .....	15
<b>Ecuación 12.</b> Resistencia residual .....	16
<b>Ecuación 13.</b> Índice de potencial de licuación.....	18
<b>Ecuación 14.</b> Número de severidad de licuación .....	18
<b>Ecuación 15.</b> Corrección N1(60) por número de golpes SPT .....	21

## RESUMEN

Ecuador al ser un país que se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico representa una amenaza tanto a la población como a las estructuras de obra civil. El presente trabajo parte de la necesidad de analizar la susceptibilidad a la licuación del suelo y los problemas relacionados con la estabilidad de terraplenes del proyecto Acceso Sur Cuenca, para lo cual se utilizó una metodología que incluye trabajo de campo, ensayos de laboratorio y procesamiento de datos.

Se trabajó con muestras de suelo para 12 puntos ubicados a lo largo del proyecto, mismos que fueron analizados por el método propuesto por Youd (2001). Los resultados obtenidos se compararon con los obtenidos por el método de Idriss y Boulanger (2014) y posterior se evaluó la estabilidad de terraplenes para diferentes alturas. Los resultados evidencian que de los 12 puntos estudiados 5 son susceptibles a licuación sin embargo los terraplenes ubicados en estos puntos no presentan desplazamientos significativos.

**Palabras Clave:** Riesgo sísmico, Susceptibilidad a la licuación, Estabilidad de terraplenes.

## **ABSTRACT**

Ecuador, being a country located in a high seismic risk zone, represents a threat to both the population and civil works structures. The present work is based on the need to analyze the susceptibility to soil liquefaction and the problems related to embankment stability of the Acceso Sur Cuenca project, for which a methodology that includes field work, laboratory tests and data processing was used.

We worked with soil samples for 12 points located along the project, which were analyzed by the method proposed by Youd (2001). The results obtained were compared with those obtained by the method of Idriss and Boulanger (2014) and then the stability of embankments was evaluated for different heights. The results show that out of the 12 points studied, 5 are susceptible to liquefaction; however, the embankments located at these points do not show significant displacements.

**Key words:** Seismic risk, Liquefaction susceptibility, Embankment stability.

# 1 INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la licuación ha causado la destrucción de varias obras civiles, en Ecuador se ha podido observar este fenómeno en sismos de grandes magnitudes como es el ejemplo del sismo de 7.8 grados que se registró el 16 de abril del 2016 en la provincia de Manabí.

Por lo general en la construcción de obras viales es frecuente la ejecución de terraplenes, cuya estabilidad debe asegurarse, y son los métodos de “equilibrio límite” los que han sido utilizados desde la década de 1920 para analizar la estabilidad de taludes, El diseño y la construcción de terraplenes requiere una buena comprensión de la capacidad de las capas de suelo subyacentes para soportar las cargas aplicadas, los materiales disponibles, y para garantizar la estabilidad posterior a la construcción. Esto a menudo requiere una cuidadosa investigación, observación, muestreo, prueba y modelado.

A lo largo del trazado vial correspondiente al proyecto Acceso Sur de Cuenca se evidencia cortes en taludes y rellenos para terraplenes, por lo que es importante analizar su estabilidad y desempeño. En este informe se presenta un estudio de la geología de la zona evaluando el potencial de licuación de los suelos de fundación de los terraplenes para posteriormente verificar los estados límites de falla de estos.

La evaluación del potencial de licuación estará basada en ensayos de perforación SPT y CPTu, y mediante el procesamiento matemático de los datos se estudiará el comportamiento de los estratos de suelo para el proyecto Acceso Sur Cuenca. Una vez analizadas las perforaciones se evaluará la estabilidad de los terraplenes.

Este estudio comprende dos documentos que evalúan el potencial de licuación y estabilidad de los terraplenes. El primer documento “Evaluación de Licuación y Determinación de Índices de Licuación para los Sondeos Ejecutados en una Vía del Austro Ecuatoriano” desarrollado por Guanoluisa (2022).

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Verificar el potencial de licuación de los materiales de la fundación de tramos representativos de la vía de Acceso Sur de Cuenca, en donde se proyectan terraplenes.
- Evaluar la estabilidad global para diferentes alturas de terraplenes con respecto a los efectos de licuefacción.
- Proveer recomendaciones acerca de los daños esperados en terraplenes.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la geología de los puntos propuestos en base a los ensayos SPT y registros fotográficos obtenidos del proyecto Acceso Sur Cuenca.
- Calcular por el método de Youd (2001) el potencial de licuación de los sitios propuestos.
- Comparar los resultados obtenidos por el método de Youd (2001) con los resultados por el método de Idriss y Boulanger (2014).
- Comparar el factor de seguridad obtenidos para los terraplenes a diferentes alturas al considerar el confinamiento generado por los terraplenes.
- 

## **1.3 ALCANCE**

En el proyecto “Estudios de factibilidad, impactos ambientales e ingeniería: Prepreliminar, preliminar y definitivo para la construcción de la carretera Cuenca-Estación Cumbe”, realizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte se realizaron los ensayos de exploración geotécnica como son ensayos de penetración estándar SPT como sondeos de piezocono CPT a lo largo de 14KM aproximados donde se proyecta la carretera.

Los datos obtenidos se recopilaron a partir de 12 ensayos SPT realizados, identificando parámetros geológicos. Aplicando el método de Youd (2001) se evaluará el potencial de licuación del suelo, con el fin de obtener los factores de seguridad, el índice de potencial de licuación, el número de severidad de licuación y la resistencia al corte. Los resultados obtenidos por el método de Youd (2001) se

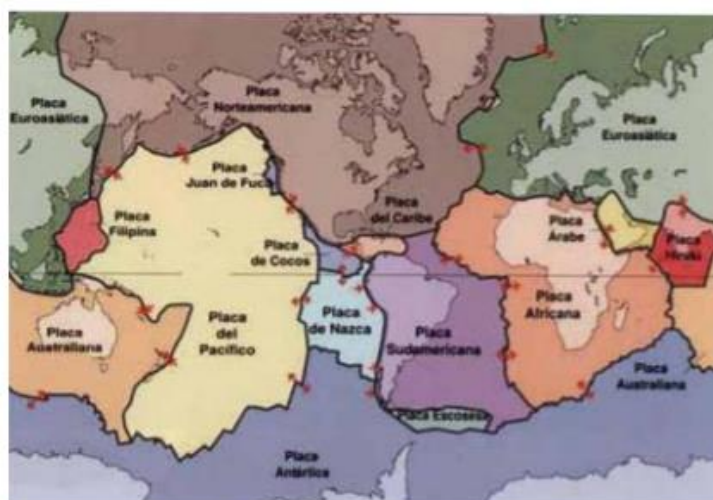
compararán con los resultados por el método de Boulanger e Idriss (2014). Posteriormente para los puntos que presenten licuación se evaluará la estabilidad de terraplenes de diferentes alturas, con el fin de obtener los factores de seguridad y los desplazamientos.

## 1.4 MARCO TEÓRICO

### 1.4.1 SISMOS

La Tierra está formada por una serie de placas rígidas, que se denominan placas tectónicas. Estas se encuentran en un constante movimiento, y varias chocan entre sí. Este desplazamiento provoca la acumulación de energía y con el paso del tiempo esta energía debe ser liberada. Esta liberación de energía produce vibraciones en la superficie dando así origen a los sismos.

En la Ilustración 1 podemos ver las principales placas que forman la tierra son:



**Ilustración 1. Placas Tectónicas**

Los sismos se propagan mediante ondas sísmicas, mismas que pueden ser de tres tipos:

- Ondas Longitudinales, Primaria, compresionales o P, estas ondas son las más rápidas por lo tanto son las primeras en ser detectadas por una estación sísmica. Las ondas P pueden desplazarse a través de rocas sólidas y fluidos.

- Ondas Secundarias, transversales o de cizalla o S, estas ondas viajan más lento que las ondas P, y pueden desplazarse únicamente a través de rocas sólidas.
- Ondas Superficiales, estas ondas viajan más lento que las ondas S, producen grandes desplazamientos en la superficie por lo que son las causantes de los daños asociados a los terremotos.

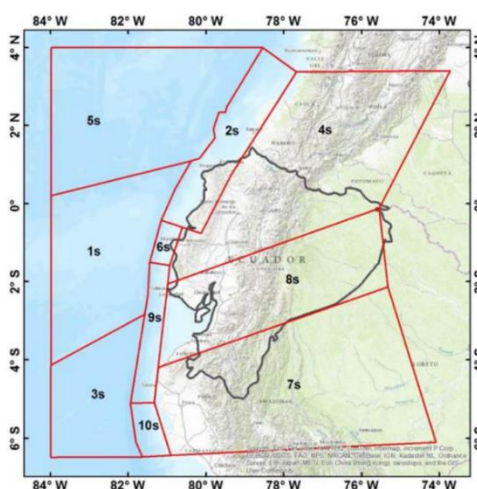
### Actividad Sísmica en el Ecuador

El Ecuador se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, zona considerada la más susceptible a sufrir sismos debido a la subducción entre dos placas tectónicas, la Placa Nazca y la Placa Sudamericana, en estas zonas de subducción se libera gran cantidad de energía sísmica, alrededor del 80%.

El riesgo sísmico en Ecuador se rige por tres tipos de fuentes sísmicas; subducción (interplaca e intraplaca), y corticales (superficiales). Los sismos interplaca, son los sismos producidos por la fricción entre la placa de Nazca que se subduce bajo la placa Sudamericana. Los sismos intraplaca, son los sismos de falla normal con una profundidad intermedia. Y los sismos corticales, son los sismos someros que suceden dentro de la placa Sudamericana. (Martinez,2016)

Como se puede observar en la Ilustración 2 e Ilustración 3 y en la

Tabla 1 en la zona de estudio, Cuenca, existe un tipo de falla de subducción interplaca y corticales.



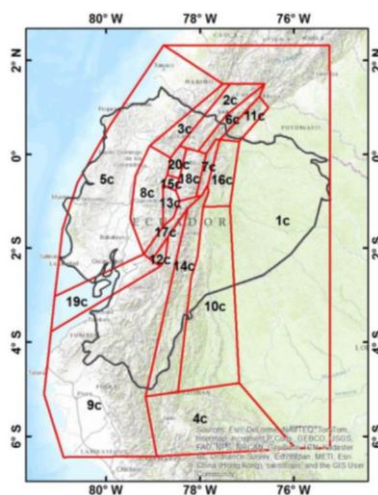
**Ilustración 2.** Fuentes sísmicas de tipo subducción  
Fuente: Alvarado (2012)

**Tabla 1.***Fuentes de Subducción*

ID	Nombre	Tipo de falla
1s	Carnegei	Indeterminado
2s	Tumaco-Esmeraldas	Interplaca
3s	Grijalva	Indeterminado
4s	Ibarra	Intraplaca
5s	Malpelo	Indeterminado
6s	Manta	Interplaca
7s	Moyobamba	Interplaca
8s	Puyo	Interplaca
9s	Salinas	Interplaca
10s	Sechura	Interplaca

Fuente: Alvarado (2012)

Elaborado por: Toasa Andrea

**Ilustración 3.** Fuentes sísmicas tipo corticales  
Fuente: Alvarado (2012)

A lo largo de la historia del Ecuador se han producido varios eventos sísmicos, de los cuales podemos destacar los siguientes:

1906-Esmeraldas, afueras de Mompiche (8,8Mw)

1958-Manabí, Pedernales (7,8Mw)

1979-Esmeraldas, afueras de San Lorenzo (8,1Mw)

2016-Manabí, Pedernales (7,8Mw)

Mismos que han dejado pérdidas materiales, económicas y humanas. Como fue el caso del sismo del 16 de abril del 2016, que dejó aproximadamente 300

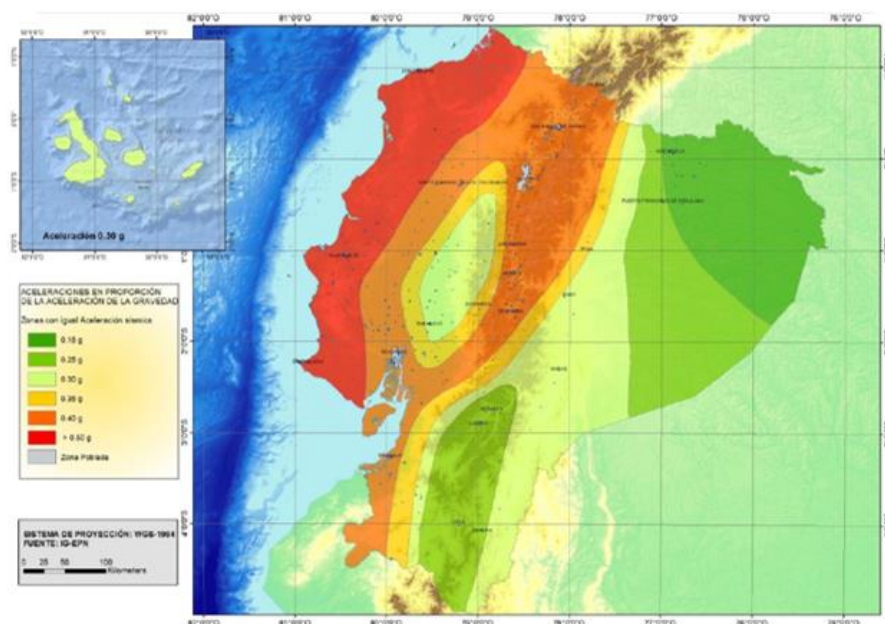


víctimas fatales, 8 mil casas destruidas y 14 mil casas afectadas. Dejando en evidencia los problemas relacionados con el diseño sismorresistente en Ecuador.

Cuenca pese a ser una ciudad con una alta amenaza sísmica, no ha sufrido sismos destructores. La fuente sismogénica crítica para la ciudad de Cuenca es la falla geológica de Girón, con un potencial sísmico estimado de 7.1 en magnitud de momento (Jiménez & Peñaherrera, 2001).

#### 1.4.2 DETERMINACIÓN DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA

Para el análisis de la estabilidad de geoestructuras como taludes y terraplenes, se necesita la medida de la aceleración máxima de la superficie (PGA). La NEC-15 presenta valores de intensidad mediante un mapa de contornos para un periodo de retorno de 475 años, que corresponde a la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño para estructuras convencionales. En la Ilustración 4 podemos observar un mapa de Ecuador dividido de acuerdo a zonas sísmicas.



**Ilustración 4.** Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción. NEC-15  
 Para el sitio de estudio del proyecto de Acceso Sur de Cuenca, de la ilustración 3 se obtiene un valor de factor de zona de  $Z = PGA_{roca} = 0.25 g$

**Tabla 2.***Valores del factor Z en función de la zona sísmica*

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción. NEC-15

Los efectos locales de la respuesta sísmica de la zona de estudio deben evaluarse en base a los perfiles de suelo. El tipo de suelo de acuerdo con la NEC-15 se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.***Clasificación de los perfiles de suelo*

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760$ m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360$ m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100$ kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa

F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)
	F5—Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción. NEC-15

**Tabla 4.**

Valores del factor de amplificación ( $F_a$ ) en función del factor de zona ( $Z$ ) y el perfil de suelo

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.5.4</a>					

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción. NEC-15-SE-DS

El sitio de estudio se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Cuenca, en la provincia de Azuay, según la Tabla 2 se encuentra ubicado en la zona II que tiene una alta peligrosidad sísmica, con un valor del factor de zona de 0,25 para un periodo de retorno de 475 años.

Mediante la geofísica realizada en el lugar de estudio y de acuerdo con la Tabla 3 se ha determinado que el tipo de suelo es tipo C.

Para estructuras con un periodo de retorno de 475 años, como taludes y terraplenes, el valor de  $PGA_{suelo}$  será:

$$PGA_{suelo(Tr=475 \text{ años})} = Z * Fa$$

**Ecuación 1. Aceleración máxima**

$$PGA_{suelo(Tr=475 \text{ años})} = 0.25g * 1.3 = 0.325 g$$

De acuerdo con la NEC-15, la demanda sísmica para los análisis pseudo-estáticos en la estabilidad global de un sistema es el 60% de la aceleración máxima.

$$kh = 0.6(PGA_{suelo})$$

**Ecuación 2. Coeficiente horizontal**

Por lo tanto, el coeficiente horizontal para la zona de estudio será de:

$$kh = 0.6 * 0.325 = 0.203$$

### 1.4.3 LICAUCIÓN

El fenómeno de licuación es un proceso que ocurre generalmente en arenas o en arenas limosas sueltas, saturadas, que cuando son sometidas a cargas cíclicas tienden perder temporalmente su resistencia.

La licuación resulta del acontecimiento de un evento sísmico. Las ondas sísmicas producen un esfuerzo cortante al suelo que genera un incremento en la presión de poro del agua, lo que implica una reducción del esfuerzo efectivo. (Quesada, 2008).

De acuerdo con la ecuación fundamental de mecánica de suelos:

$$\sigma = \sigma' + u$$

**Ecuación 3. Esfuerzo total**

Donde

$\sigma$ : Esfuerzo total

$\sigma'$ : Esfuerzo efectivo

$u$ : Presión de poro del agua

El esfuerzo efectivo se reduce a manera que la presión de poro aumenta.

En depósitos de suelos arenosos en los cuales se ha perdido el esfuerzo efectivo, su rigidez, y resistencia a corte disminuyen significativamente lo que lo lleva a comportarse como un fluido con una densidad igual a su densidad saturada.

De acuerdo a Henríquez (2007), los efectos más comunes en la superficie producto de la licuación son:

- Volcanes de arena
- Grietas en el terreno
- Desplazamientos laterales
- Oscilaciones del terreno
- Falla de taludes
- Pérdida de capacidad portante

Factores que influyen en la ocurrencia de la licuación comprenden:

- Suelos uniformemente graduados.
- Depósitos de arenas y limos de baja plasticidad con niveles freáticos altos.
- Depósitos con una edad menor a los 10000 años, formaciones del Holoceno.
- Depósitos recientes ubicados en llanuras de inundación, deltas de canales y ríos y rellenos con poca compactación.
- Forma de las partículas del suelo, partículas redondeadas tienden a densificarse más fácil que las partículas angulosas.

### 1.4.4 EVALUACIÓN DE LA LICUACIÓN

La evaluación de la licuación se realizará mediante el método recomendado por Youd (2001), para posteriormente comparar los resultados obtenidos por el método de Idriss y Boulanger (2014) desarrollado en el trabajo “Evaluación de Licuación y Determinación de Índices de Licuación para los Sondeos Ejecutados en una Vía del Austro Ecuatoriano” Guanoluisa (2022).

#### 1.4.4.1 Relación de Esfuerzos Cíclicos (CSR)

Representa la demanda sísmica sobre la capa de suelo evaluada, Seed e Idriss (1971) definieron las cargas cíclicas creadas por los terremotos en regiones saturadas de agua en términos de relación de esfuerzos cíclicos.

Seed e Idriss (1971) propusieron la siguiente ecuación:

$$CSR = 0,65 \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) r_d$$

**Ecuación 4.** *Relación de esfuerzos cíclicos*

Donde

$a_{max}$ : Aceleración horizontal máxima

$g$ : Gravedad

$\sigma_v$ : Esfuerzo vertical total

$\sigma'_v$ : Esfuerzo vertical efectivo

$r_d$ : Coeficiente de reducción de esfuerzo

De acuerdo con Liao y Whitman (1986) el factor  $r_d$  viene dado por:

$$r_d = 1 - 0,00767z \text{ para } z \leq 9,15m$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267z \text{ para } 9,15m \leq z \leq 23m$$

### 1.4.4.2 Relación de Resistencia Cíclica (CRR)

Es la razón de tensiones cíclicas que origina la licuación en un suelo no cohesivo, para un sismo Magnitud  $M=7.5$ .

A.F. Rauch (1998) recomienda la siguiente ecuación:

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10 * (N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

#### **Ecuación 5.** *Relación de resistencia cíclica*

Esta ecuación es válida para valores de  $(N_1)_{60} < 30$ , para valores mayores a 30, suelos granulares son muy densos para licuarse y se los clasifica como no licuables.

El valor de CRR presenta un aumento que va directamente relacionado con el aumento del contenido de finos, no está claro si este aumento se debe al incremento de la resistencia a la licuación o a la disminución de la resistencia a la penetración.

De acuerdo con Seed et al. (1985), recomienda las siguientes correcciones para la influencia del contenido de finos en la CRR.

Seed e Idriss propusieron la siguiente ecuación para la corrección de  $(N_1)_{60}$  a un valor equivalente de arena limpia  $(N_1)_{60cs}$ :

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60}$$

#### **Ecuación 6.** *Corrección $N1(60)$ por finos*

$$\alpha = 0 \text{ para } FC \leq 5\%$$

$$\alpha = e^{(1,76 - (190/FC^2))} \text{ para } 5\% \leq FC \leq 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ para } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 0 \text{ para } FC \leq 5\%$$

$$\beta = \left[ 0,99 + \left( FC^{1,5} / 1000 \right) \right] \text{ para } 5\% \leq FC \leq 35\%$$

$$\beta = 1.2 \text{ para } FC \geq 35\%$$

Varios factores, además del contenido de finos y las características de los granos influyen en los resultados de la prueba SPT, como se indica en la Tabla 6.

#### 1.4.4.3 Determinación del Potencial de Licuación

El análisis de los suelos respecto a su potencial de licuación necesita de la definición de un factor de seguridad, que se define como la relación de la resistencia cíclica y la relación de esfuerzos cíclicos

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

##### **Ecuación 7.** *Factor de seguridad*

Una capa de suelo con un factor de seguridad menor a 1 se clasifica como licuable, y con un factor mayor a 1 como no licuable.

Para ajustar las curvas de arena limpia a magnitudes menores o mayores a 7,5, Seed e Idriss (1982) incluyeron factores de corrección llamados “factores de escala de magnitud MSF”

$$FS = \frac{CRR}{CSR} * MSF$$

##### **Ecuación 8.** *Factor de seguridad corregido*

Idriss propuso la siguiente ecuación:

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}}$$

##### **Ecuación 9.** *Factor de magnitud de escala*



Donde:

$M_w$ : Magnitud del Sismo

#### **1.4.5 RESISTENCIA RESIDUAL**

El efecto de la licuefacción reduce la resistencia al corte de un suelo hasta el punto de inducir desplazamientos perjudiciales y fallos en la capacidad de carga.

La resistencia residual se define como la resistencia al corte del material después de haberse licuado, este valor es un factor que permite determinar si las consecuencias son aceptables o si es necesario remediarlas.

La resistencia residual al cizallamiento de un suelo licuado depende de muchos factores, como el tamaño y la distribución granulométrica del suelo y la densidad inicial. También se postula que las tensiones en el suelo antes del terremoto y la presencia de capas de confinamiento superpuestas afectan a la resistencia residual al corte de un suelo. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016)

Las estimaciones de la resistencia residual se basan principalmente en casos históricos de desplazamiento lateral y deslizamiento de flujos.

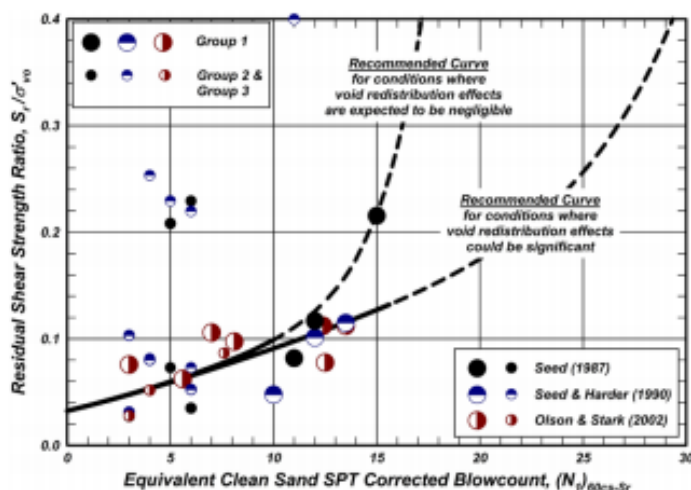
Debido a la incertidumbre en determinar la resistencia residual, se recomienda estimarlo mediante diversas metodologías. A continuación, se exponen varios métodos para la evaluación de la resistencia residual.

Idriss y Boulanger

La correlación de Idriss y Boulanger (2007), presentada en la se divide en dos ramas con corrección de número de golpes de arena limpia superiores a unos 8 golpes: una rama para condiciones en las que se espera que los efectos de la redistribución de vacíos sean insignificantes y otra para casos en los que los efectos de la redistribución de vacíos pueden ser significativos.

El término redistribución de vacíos fue introducido por primera vez por Whitman (1985). Si una capa de suelo licuable se superpone a una capa impermeable, la licuefacción inducida por el sismo puede causar el aflojamiento de

una zona de suelo por debajo de la capa impermeable. La parte inferior de la capa de suelo licuado se densifica a medida que las presiones de los poros inducidas por el terremoto se disipan por el flujo de agua hacia arriba, mientras que la parte superior de esta capa se afloja debido a la impedancia del flujo de agua, causada por la capa impermeable. Estos cambios de volumen locales (redistribución de vacíos) pueden tener lugar sin que se produzcan cambios de volumen globales.



**Ilustración 5.** Estimación de Resistencia Residual a partir de la resistencia SPT (Idriss y Boulanger, 2007)

Fuente: Idriss y Boulanger (2007)

Para el caso donde no se espera que el efecto de la redistribución de vacíos sea significativo

$$\frac{S_r}{\sigma'_{vo}} = \exp \left[ \frac{(N_1)_{60}}{16} + \left( \frac{(N_1)_{60} - 16}{21,2} \right)^3 - 3 \right] * \left[ 1 + \exp \left( \frac{(N_1)_{60}}{2,4} + 6,6 \right) \right]$$

**Ecuación 10.** Resistencia residual

Para el caso donde se espera que el efecto de la redistribución de vacíos sea significativo

$$\frac{S_r}{\sigma'_{vo}} = \exp \left[ \frac{(N_1)_{60}}{16} + \left( \frac{(N_1)_{60} - 16}{21,2} \right)^3 - 3 \right]$$

**Ecuación 11.** Resistencia residual

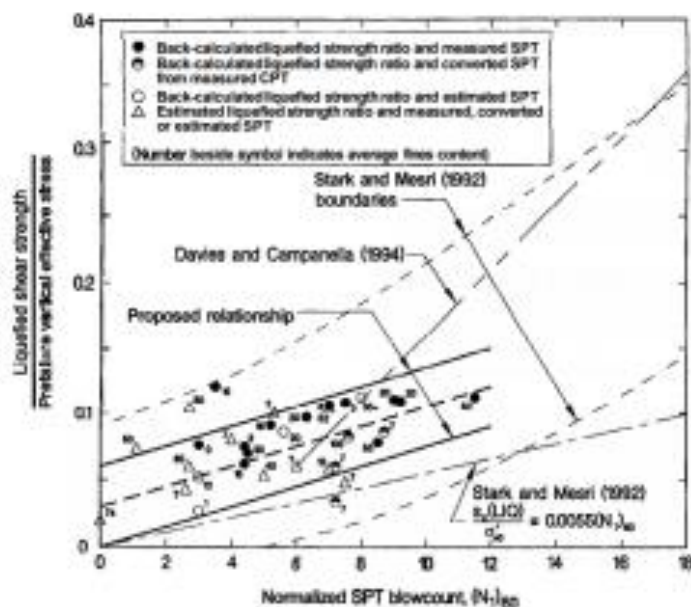
Donde:

$S_r$ : Resistencia residual

$\sigma'_{vo}$ : Esfuerzo vertical efectivo

Olson y Stark

Olson y Stark (2002) utilizaron una base de datos ampliada para correlacionar la relación de resistencia residual al corte,  $S_r/\sigma'_{vo}$ , con la resistencia SPT normalizada del suelo,  $(N_1)_{60}$ , y con la resistencia de punta CPT normalizada. Concluyeron que la relación de resistencia residual era independiente del contenido de finos y recomendaron que no se aplicara ningún ajuste al recuento de golpes SPT por el contenido de finos.



**Ilustración 6.** Estimación de Resistencia Residual a partir de la resistencia SPT (Olson y Stark, 2002)

Fuente: Olson y Stark (2002)

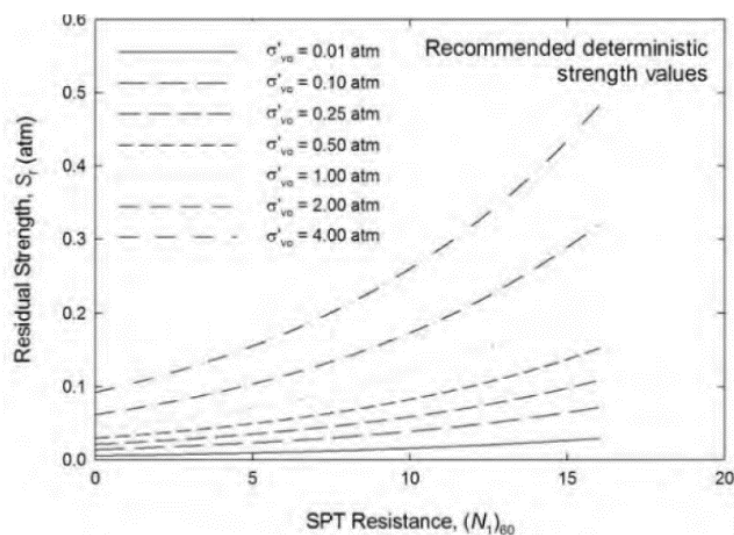
$$\frac{S_r}{\sigma'_{vo}} = 0,03 + 0,0075 * (N_1)_{60}$$

**Ecuación 12.** Resistencia residual

Kramer

Wang (2003), Kramer (2008) y Kramer y Wang (2015) definieron la relación entre la resistencia residual y la tensión efectiva vertical previo al sismo como una función no lineal de la resistencia de penetración normalizada y la magnitud de la tensión efectiva previa al sismo.

La Ilustración 7 muestra la variación de la estimación mediana de la resistencia posterior a la licuefacción,  $S_r$ , con  $(N_1)_{60}$  y con la tensión efectiva vertical inicial.



**Ilustración 7.** Variación de la Resistencia Residual con la Resistencia SPT y el Esfuerzo Efectivo  
Fuente: Kramer

## 1.4.6 ÍNDICES DE LICUACIÓN

### 1.4.6.1 Índice de Potencial de Licuación (LPI)

El índice de potencial de licuación es una medida de los efectos de la licuefacción basada en la profundidad de las zonas licuables y en los casos históricos de licuefacción. Al calcular el índice de potencial de licuefacción, el factor de seguridad se integra sobre la profundidad con una función de ponderación, pronostica el comportamiento de toda la columna de suelo en comparación con una

sola capa de suelo y depende de la magnitud de la aceleración máxima. (Luna & Frost, 1998)

La expresión dada por Iwasaki, Tokida, Tatsuko, y Yasuda (1978)

$$LPI = \int_0^{20} F(z) * w(z) dz$$

**Ecuación 13. Índice de potencial de licuación**

Donde:

$z$ : Profundidad media de la capa de suelo

$F(z)$ : Factor de severidad

$$F(z) = 1 - FS_{liq} \text{ para } FS_{liq} < 1$$

$$F(z) = 0 \text{ para } FS_{liq} \geq 1$$

$w(z)$ : Factor de ponderación

$$w(z) = 10 - 0,5z \text{ para } z \leq 20 \text{ m}$$

$$w(z) = 0 \text{ para } z > 20 \text{ m}$$

$dz$ : Incremento diferencial de la profundidad

Según (Iwasaki et al., 1982) Los efectos de licuación para un LPI menor a 5 son bajos, entre 5 y 15 son moderados y para un LPI mayor a 15 son altos.

**1.4.6.2 Número de Severidad de Licuación (LSN)**

El número de severidad de licuación determina la respuesta de licuación acumulativa de un perfil de suelo, considerando únicamente a las capas que tiene un FS menor a 2. (van Ballegooy, 2014)

La expresión dada por van Ballegooy, y otros, (2014)

$$LSN = \int_0^{Z_{max}} \frac{\varepsilon_v}{z} dz$$

**Ecuación 14. Número de severidad de licuación**

Donde:

$z$ : Profundidad media de la capa de suelo

$\varepsilon_v$ : Deformación volumétrica de re-consolidación

$dz$ : Incremento diferencial de la profundidad

**Tabla 5.**

*Número de Severidad de Licuación*

<b>LSN</b>	<b>Severidad de licuación</b>
0-10	poca o nula
10-20	baja
20-30	moderada
30-40	moderada a severa
40-50	alta
> 50	daños severos

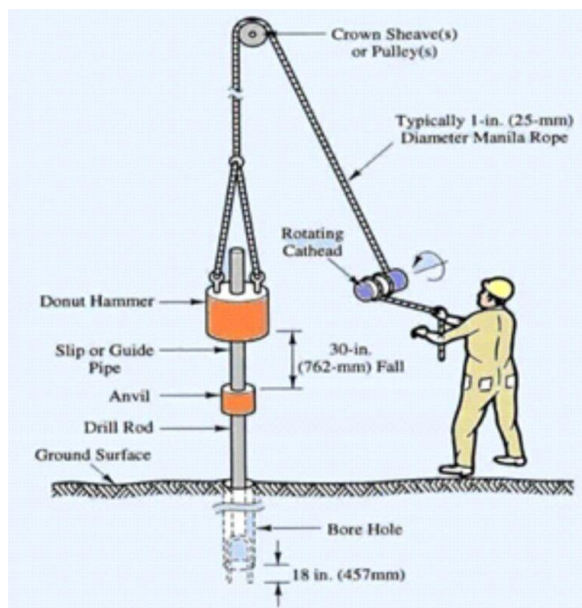
Fuente: Ordóñez J (2017)

Elaborado por: Toasa Andrea

### **1.4.7 ENSAYOS DE CAMPO**

#### **1.4.7.1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)**

El ensayo SPT es un procedimiento utilizado para determinar características de resistencia y compresibilidad del suelo, consiste en contabilizar el número de golpes (N) necesarios para introducir a cierta profundidad una cuchara que permite la toma de una muestra de suelo.



**Ilustración 8.** Ensayo SPT

El número de golpes del ensayo SPT debe ser corregido al 60% de la energía de la caída del martillo  $N_{1(60)}$ , correcciones que están presentadas en la Tabla 6 que dependen de varios factores, de acuerdo como se haya realizado el ensayo in situ.

**Tabla 6.**  
Correcciones para SPT

Factor	Equipo Variable	Término	Corrección
Presión de sobrecarga		$C_N$	$(Pa/\alpha'_{v0})^{0,5}$
		$C_N$	$C_N \leq 1,7$
Relación de energía	Martillo Donut	$C_E$	0,5-1
	Martillo Safety	$C_E$	0,7-1,2
	Martillo Automático	$C_E$	0,1-1,3
Diámetro de perforación	65-115 mm	$C_B$	1
	150 mm	$C_B$	1,05
	200 mm	$C_B$	1,15
Longitud de la barra	< 3 m	$C_R$	0,75
	3-4 m	$C_R$	0,8
	4-6 m	$C_R$	0,85
	6-10 m	$C_R$	0,95
	10-30 m	$C_R$	1
Método de Muestreo	Muestreo Estándar	$C_S$	1
	Muestreo sin Muestreadores	$C_S$	1,1-1,3

Fuente: Skempton (1986), Robertson and Wride (1998)  
Elaborado por: Toasa Andrea

La siguiente ecuación contiene las correcciones por número de golpes SPT:

$$(N_1)_{60} = N_m * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S$$

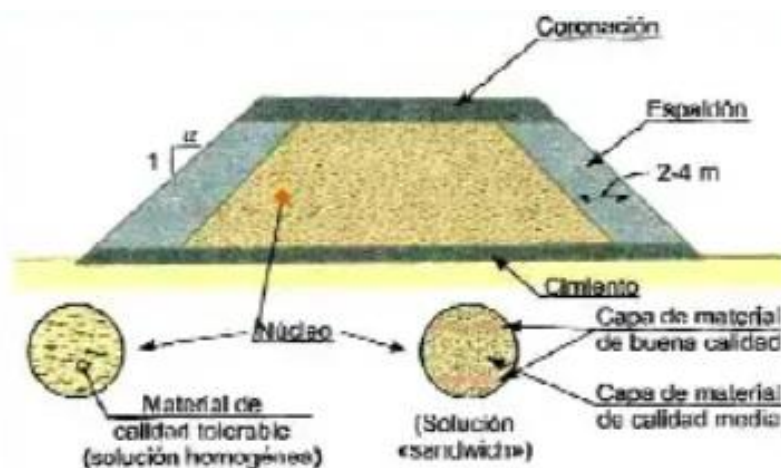
**Ecuación 15.** Corrección  $N1(60)$  por número de golpes SPT

#### 1.4.8 TALUDES Y TERRAPLENES

Los terraplenes o rellenos son obras que consisten generalmente en acumulaciones de tierra que se compactan y estabilizan para dar soporte a una obra estructural.

En un terraplén se pueden distinguir las siguientes zonas:

- Cimiento
- Núcleo
- Corona
- Espaldón



**Ilustración 9.** Zonas de un Terraplén

Fuente: González L (2002).

Las fallas más comunes que pueden darse en un terraplén son:

- Erosión
- Deslizamiento
- Asentamiento



- Hundimiento

#### **1.4.9 ESTABILIDAD DE TALUDES**

Se conoce como talud a cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que limitan a la masa de tierra que conforma el terraplén. Generalmente son obras que se construyen a los lados de una vía para dar estabilidad a la obra. Según Muni Budhu (2010) los principales factores que afectan la estabilidad de un talud son:

- Erosión
- Lluvia
- Sismo
- Aspectos geológicos
- Cargas Externas
- Excavaciones o rellenos
- Condición de presión de poro

El análisis de estabilidad de taludes puede ser planteado desde diferentes enfoques, y consiste en definir las pendientes máximas con las que se puede construir para evitar fallas por deslizamiento, vuelco o desprendimientos. Esto significa un estudio para caracterizar la resistencia del suelo, determinar el perfil del talud, condiciones de filtración y las aguas subterráneas, seleccionar la superficie de falla y calcular su factor de seguridad. (Ortiz,2014)

Los métodos de análisis de estabilidad más usados son los de equilibrio límite, se basan en la selección de la superficie de rotura, el criterio de falla de Morh-Coulomb, y la determinación del factor de seguridad.

De acuerdo con códigos internacionales, se establece tomar un valor de factor de seguridad mínimo de 1,5 para que un talud pueda considerarse seguro y estable.

Según la NEC-15, el factor mínimo de seguridad considerada al evaluar la estabilidad de taludes es 1.05. La

Tabla 7 muestra los factores de seguridad mínimos especificados por la NEC-15.

**Tabla 7.**  
*Factores de seguridad mínimos*

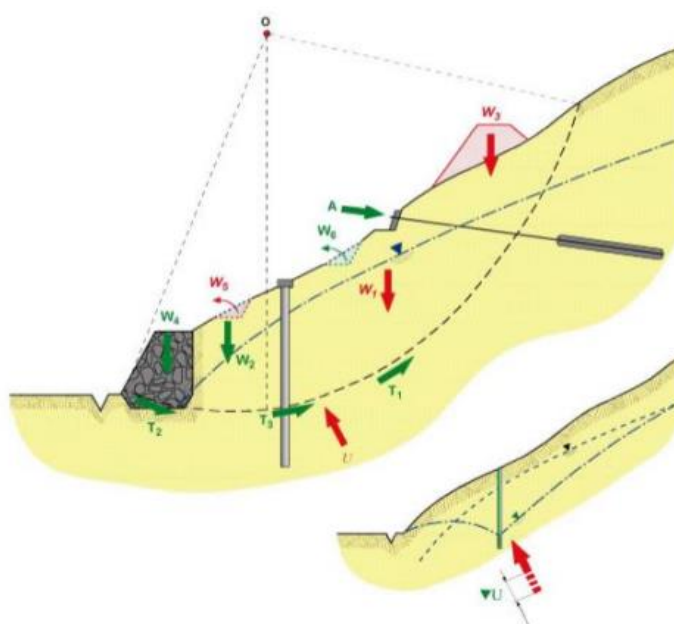
Condición	Fs corte Mínimo	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta+ Carga Viva Normal	1.5	1.25
Carga Muerta+ Carga Viva Máxima	1.25	1.1
Carga Muerta+ Carga Viva Nominal + Sismo de diseño Pseudo estático	1.1	1
Taludes - condición estática y Agua Subterránea Normal	1.5	1.25
Taludes- condición pseudo estática con agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de diseño	1.05	1

Fuente: NEC-15

Elaborado por: Toasa Andrea

El factor de seguridad representa la relación entre fuerzas estabilizadoras y fuerzas desestabilizadoras. En la

**Tabla 8** e Ilustración 10 se muestran estas fuerzas.



**Ilustración 10.** Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en un talud  
Fuente: Ortuño (2004)

**Tabla 8.**

*Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en un talud*

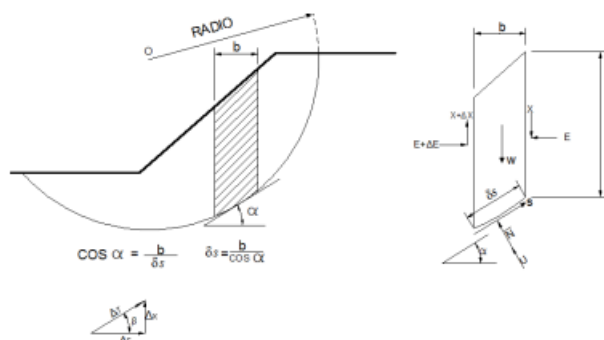
Estabilizadores	Desestabilizadores
T1: Resistencia al corte del terreno	W1, W3: Pesos que originan "momento volcador"
W2: Pesos que originan "momento estabilizador"	U: Presión de agua
W4: Pesos que aumentan "momento estabilizador"	W5: Excavaciones que reducen "momento estabilizador"
W6: Excavaciones que reducen "momento volcador"	
T2: Aumento local de resistencia al corte	
T3, A: Fuerzas estabilizadoras externas	
U: Reducción de la presión de agua	

Fuente: Ordoñez (2004)

Elaborador por: Toasa Andrea

### 1.4.9.1 Método de las Dovelas

El método de las dovelas es usado en casos en que la superficie de falla es tipo circular y consiste en la división de la masa de suelo en dovelas o franjas del mismo tamaño, a cada franja se le estudia su estabilidad, lo que permite deducir la seguridad de todo el talud.



**Ilustración 11.** Fuerzas que actúan sobre una dovela

Donde:

h: Altura de la dovela

b: Ancho de la dovela

x: Distancia horizontal del centro de gravedad de la dovela a la vertical que pasa por el centro del círculo

$\delta_s$ : Longitud de arco de la dovela

$\bar{N}$ : Resultante normal sobre una dovela

U: Resultante de presión de poros

W: Peso de la dovela

$\alpha$ : Ángulo entre la tangente del centro de la dovela y la horizontal

$\Delta T$ : Resultante de las fuerzas laterales en la cara de contacto de las dovelas

E: Tensión normal de cada dovela

S: Resistencia al cortante

#### **1.4.9.2 Método de Bishop simplificado**

El método simplificado de Bishop utiliza el método de las rebanadas para discretizar la masa del suelo y determinar el Factor de Seguridad.

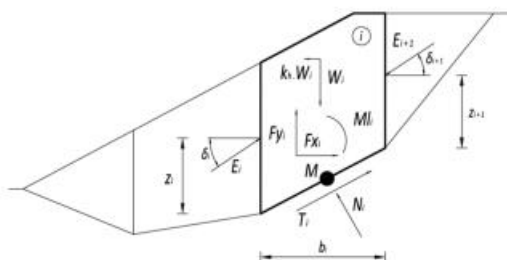
Este método satisface el equilibrio de fuerzas verticales para cada rebanada y el equilibrio de momento global alrededor del centro de la superficie circular de prueba. Dado que las fuerzas horizontales no se consideran en cada rebanada, el método simplificado de Bishop también asume que las fuerzas de corte entre rebanadas son nulas.

#### **1.4.9.3 Método de Morgenstern-Price**

Morgenstern-Price es un método general de cortes desarrollado sobre la base del equilibrio límite. Requiere un equilibrio satisfactorio de las fuerzas y momentos que actúan sobre los bloques individuales. Los bloques se crean

dividiendo el suelo por encima de la superficie de deslizamiento mediante planos divisorios.

En la Ilustración 12 se pueden observar las fuerzas que actúan en bloques individuales.



**Ilustración 12.** Esquema estático. Método de Morgenstern-Price  
Fuente: Morgenstern-Price (1965)

Morgenstern-Price introdujeron los siguientes supuestos para calcular el equilibrio límite de las fuerzas y momento:

- Los planos divididos entre bloques son siempre verticales.
- La línea de acción del peso del bloque  $W_i$  pasa por el centro del segmento  $i$  de la superficie del deslizamiento representada por el punto  $M$ .
- La fuerza normal  $N_i$  actúa en el centro del segmento  $i$  de la superficie de deslizamiento, en el punto  $M$ .
- La inclinación de las fuerzas  $E_i$  que actúa entre bloques es diferente para cada bloque ( $\delta_i$ ).
- En los puntos de deslizamiento en el extremo de la superficie de deslizamiento es  $\delta=0$ .

## 2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se utilizará en enfoque cuantitativo. La metodología aplicada parte de la recopilación de datos obtenidos en ensayos de campo, ensayos de laboratorio y registros fotográficos, para elaborar una base de datos con los factores que influyen en el cálculo de la ocurrencia de la licuación,

como son: tipo de suelo, número de golpes, contenido de finos, contenido de humedad, límite líquido e índice de plasticidad.

De los resultados de las características geomecánicas, se procederá a la evaluación del potencial de licuación por medio de dos métodos de análisis; Youd (2001) y Boulanger & Idriss (2014). En base a esto se determinará el factor de seguridad, el índice de potencial de licuación, el número de severidad de licuación, permitiendo obtener las muestras que son susceptibles a licuación. El valor de la resistencia al corte de los suelos licuables se lo calculará mediante el promedio de los valores obtenidos por el método de Kramer, Orson y Star (2002) e Idriss y Boulanger (2007).

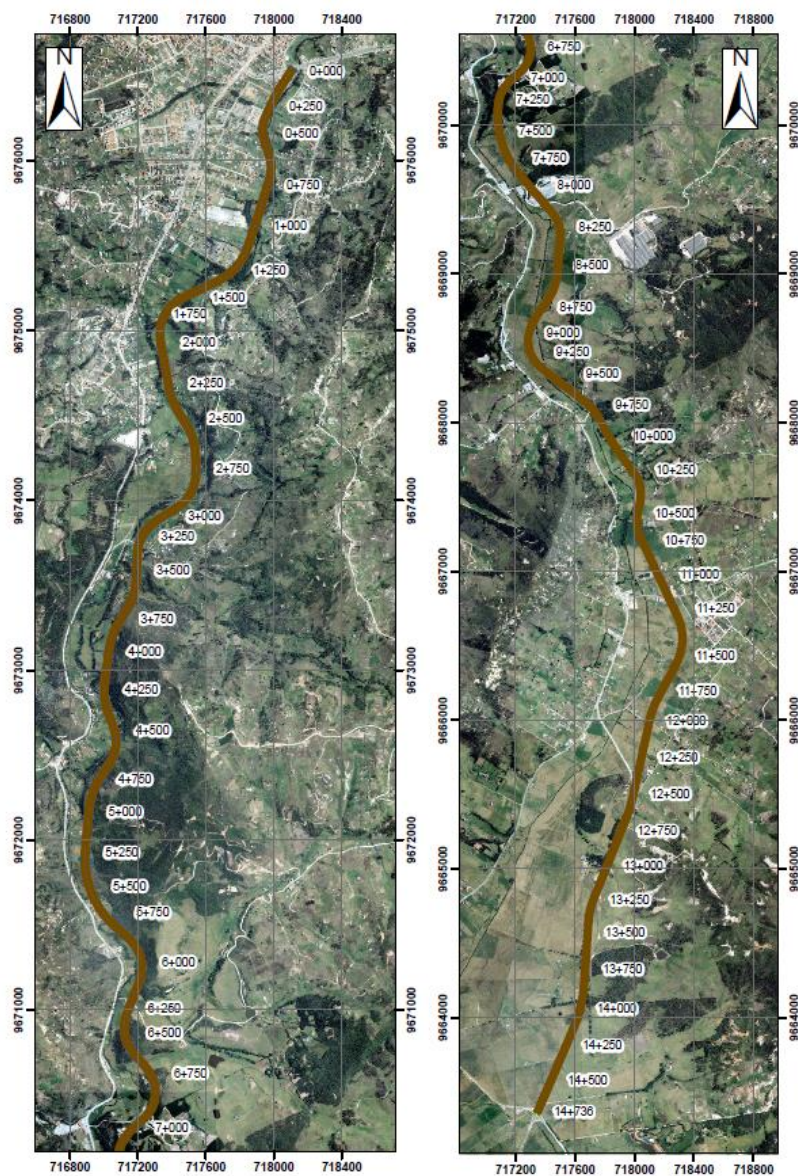
Se realizó una hoja de cálculo en el programa Microsoft Excel, para realizar el proceso de cálculo y presentación de gráficas del potencial de licuación.

Adicionalmente para la evaluación de la estabilidad de terraplenes se obtuvo el factor de seguridad para los terraplenes utilizando el programa Slide. Los desplazamientos se calcularán aplicando la metodología propuesta por Bray y Travasarou (2007), si bien no existe una metodología que nos permita obtener los desplazamientos en licuación, se toma esta como una metodología referencial.

## **2.1 PROYECTO ACCESO SUR CUENCA**

Como parte de un proyecto para la construcción de la carretera Cuenca-Estación Cumbe del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, es necesario el estudio y análisis de la estabilidad de terraplenes a lo largo de aproximadamente 14 Km de longitud que comprende el proyecto.

El área de estudio del proyecto está ubicada al sureste de la ciudad de Cuenca. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta una imagen satelital de la misma.



**Ilustración 13.** Ubicación del área de estudio  
Fuente: Ministerio de transporte y Obras Públicas

A continuación, se describe la geología del lugar por tramos

- Del **Km 0+000 al Km 3+400** se presentan depósitos aluviales recientes compuestos por bloques, gravas, arenas limosas y estratos de material coluvial.
- Del **Km 3+400 al Km 9+570** se presentan conglomerados de base, arenas, tobas y brechas bien estratificadas.
- Del **Km 9+570 al Km 12+420** se presentan depósitos aluviales del río Tarqui, humedales con vegetación típica de la zona.

- Del **Km 12+420 al Km 14+360** se presentan depósitos de piroclastos y aglomerados de composición riolítica a andesítica, tobas, cenizas volcánicas e ignimbritas y localmente lavas.

La principal característica geomorfológica del proyecto es el río Tarqui, mismo que ha producido la formación de depósitos aluviales en los que se planea la cimentación de gran parte de los terraplenes.

Para el estudio del proyecto se analizará 12 ensayos SPT, mismos que estas descritos en la Tabla 9.

Perfil vertical presenta mayores rellenos.

**Tabla 9.**  
*Información Ensayos SPT*

Perforación	Talud/Terraplén	Coordenadas		Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
		X	Y		
PT7-1	Terraplén	717073	9669900	12	0.05
PT7-3	Terraplén	717245	9669628	10	0.6
PT8-1	Terraplén	717433	9669424	18	0.05
PT8-2	Terraplén	717480	9669022	12	1.7
PT10-2	Terraplén	718016	9667321	10	2.5
PT10-3	Terraplén	718141	96677015	10	0.8
PT11-1	Terraplén	718224	966801.9	10	0.5
PT11-2	Terraplén	718319	9666357	19	0.7
PT12-1	Terraplén	718065	9666000	14	1.1
PT12-2	Terraplén	718068	9665756	15	1.3
PPE-15	Terraplén	718228	9666834	18	0.1
PPE-17	Terraplén	718288	9666395	20	3

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Toasa Andrea

### 2.1.1 TERRAPLENES

Debido a la geología existente del lugar con depósitos aluviales, suelos blandos compresibles y a los esfuerzos producidos por los terraplenes sobre el suelo, es importante evaluar su estabilidad y desempeño.

En la Tabla 10 se presentan los perfiles que se analizarán, los cuales han sido seleccionados en base a la ubicación de las perforaciones SPT.



**Tabla 10.**  
*Terraplenes Seleccionados*

<b>Tramo</b>	<b>Sección</b>	<b>Geología</b>	<b>H<sub>Terraplén</sub></b>	<b>Perforación</b>
Km 3+400 - Km 9+570	7+480	Depósito Aluvial	12	PT7-1
	7+800	Depósito Aluvial	10	PT7-3
	8+080	Depósito Aluvial- Coluvial	10	PT8-1
	8+500	Depósito Aluvial- Coluvial	5	PT8-2
Km 9+900 - Km 12+420	10+540	Depósito Aluvial	7	PT10-2
	10+870	Depósito Aluvial	8	PT10-3
	11+070	Depósito Aluvial	8.7	PPE-15
	11+100	Depósito Aluvial	7.2	PT11-1
	11+530	Depósito Aluvial	9	PPE-17
	11+550	Depósito Aluvial	10	PT11-2
	11+980	Depósito Aluvial	7	PT12-1
12+170	Depósito Aluvial	5	PT12-2	

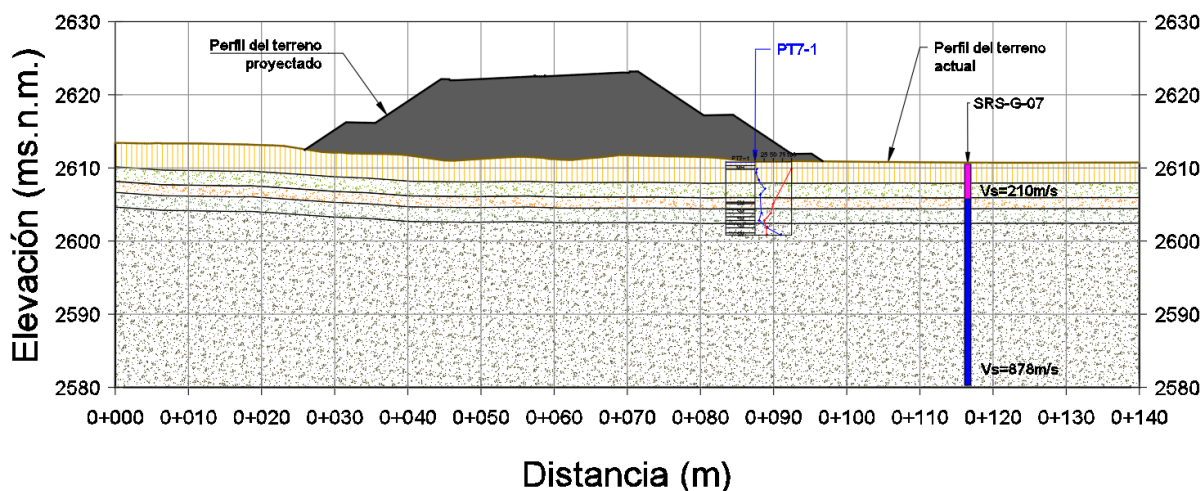
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas  
Elaborado por: Toasa Andrea

Los terraplenes a estudiarse se encuentran en el tramo 2 y 3 a continuación un breve resumen de la estratigrafía en cada tramo.

En el **Km 3+400 al Km 9+570** se puede observar depósitos aluviales y coluviales, el río Tarqui forma meandros, mismos que han generado depósitos de arena, limos y arcilla. En este tramo, los cambios de rigidez, entre zonas de corte y de depósitos blandos, pueden producir deformaciones diferenciales en el sentido longitudinal de la vía. En la Ilustración 14 e Ilustración 15 se puede observar la explanación y el perfil característico respectivamente del tramo.



**Ilustración 14.** Explanación del Km 3+400 al Km 9+570  
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

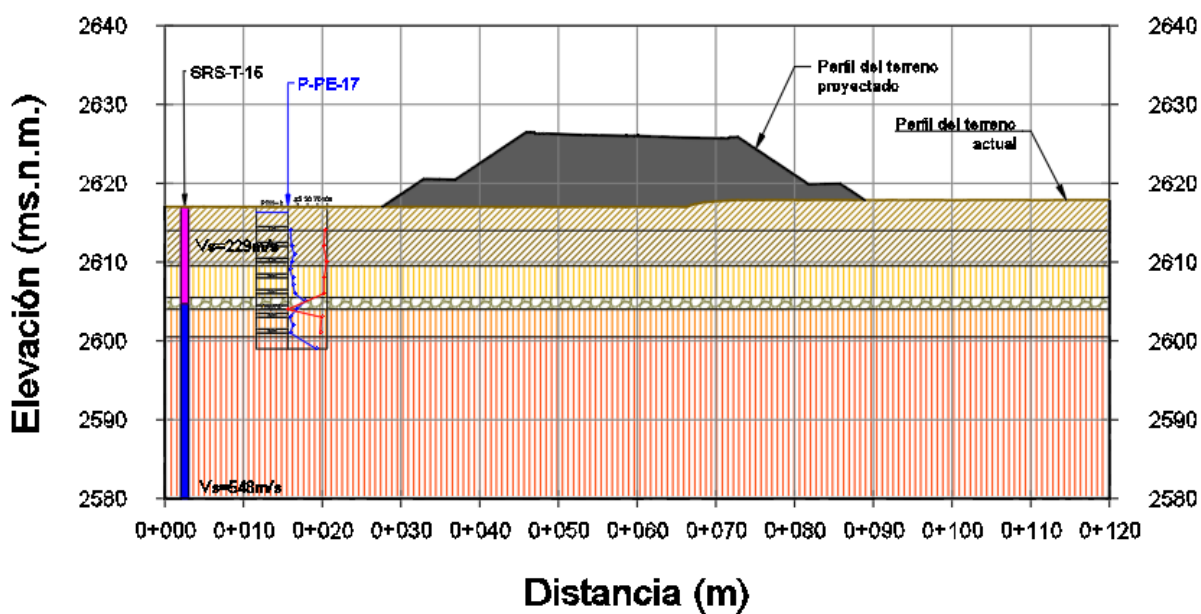


**Ilustración 15.** Perfil característico del tramo del Km 3+400 al Km 9+570  
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

En el **Km 9+900 al Km 12+420** se puede observar depósitos aluviales, el río Tarqui forma meandros, mismos que han generado depósitos de arena, limos y arcilla. En este tramo, los cambios de rigidez, entre zonas de corte y de depósitos blandos, pueden producir deformaciones diferenciales en el sentido longitudinal de la vía. En la Ilustración 16 e Ilustración 17 se puede observar la explanación y el perfil característico respectivamente del tramo.



**Ilustración 16.** Explanación del Km 9+900 al Km 12+420  
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas



**Ilustración 17.** Perfil característico del tramo del Km 9+900 al Km 12+420  
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

En la Tabla 11 se presenta la estratigrafía de cada terraplén con su respectivo valor de cohesión y ángulo de fricción.

**Tabla 11.**  
*Estratigrafía de cada terraplén*

<b>Sección</b>	<b>Material</b>	<b>Cohesión (kPa)</b>	<b>Phi (°)</b>	<b>Espesor (m)</b>
7+480 PT7-1	Limo	37	0	2.5
	Arena 1	1	36	2.5
	Arena Limosa	75	0	1
	Arena 2	0	33	1
	Arena 3	0	41	3

<b>Sección</b>	<b>Material</b>	<b>Cohesión (kPa)</b>	<b>Phi (°)</b>	<b>Espesor (m)</b>
7+800 PT7-3	Arcilla 1	40	0	2.5
	Limo 1	8	0	1
	Arena 1	0	35.4	2.5
	Gravaa 1	0	40	4

<b>Sección</b>	<b>Material</b>	<b>Cohesión (kPa)</b>	<b>Phi (°)</b>	<b>Espesor (m)</b>
8+080 PT8-1	Limo 1	51	0	3.5
	Arena 1	0	30.5	2.5
	Arcilla 1	60	0	3
	Arena 2	0	40	3.5
	Arcillolita	331	0	5.5

<b>Sección</b>	<b>Material</b>	<b>Cohesión (kPa)</b>	<b>Phi (°)</b>	<b>Espesor (m)</b>
8+500 PT8-2	Limo 1	79	0	2
	Arcilla 1	25	0	2
	Arena 1	0	38	1.5
	Limo 2	136.7	0	1
	Arena 2	0	38	2
	Limo 3	355.8	0	3.5

<b>Sección</b>	<b>Material</b>	<b>Cohesión (kPa)</b>	<b>Phi (°)</b>	<b>Espesor (m)</b>
10+540 PT10-2	Limo 1	39.2	0	2
	Arena 1	0	30	1
	Arenisca 1	6819.3	0	7

Sección	Material	Cohesión (kPa)	Phi (°)	Espesor (m)
10+870 PT10-3	Arcilla 1	54	0	1
	Limo 1	29.42	0	1
	Arena 1	0	42	1
	Limo 2	0	0	2
	Limo 3	0	0	5

Sección	Material	Cohesión (kPa)	Phi (°)	Espesor (m)
11+070 PPE-15	Arcilla 1	28	0	3.5
	Arena 1	0	37.6	2.5
	Arenisca 1	175	0	5.5
	Arenisca 2	435.4	0	6.5

Sección	Material	Cohesión (kPa)	Phi (°)	Espesor (m)
11+100 PT11-1	Limo 1	101	0	2.5
	Limo 2	60	0	3
	Arena 1	0	36.74	2
	Arenisca	839.94	0	2.5

Sección	Material	Cohesión (kPa)	Phi (°)	Espesor (m)
11+530 PPE-17	Arena 1	0	33.18	1
	Arcilla 1	24.75	0	3
	Arena/Grava	0	34.77	5.5
	Limo 1	160.34	0	1
	Arena 2	0	42	2.5
	Arcilla 2	32.3	0	2.5
	Arcilla 3	378.4	0	4.5

Sección	Material	Cohesión (kPa)	Phi (°)	Espesor (m)
11+550 PT11-2	Arcilla 1	73	0	3
	Arena 1	0	34.77	1.5
	Limo 1	132	0	6
	Arena 2	0	36.3	2.5
	Limo 2	21	0	6

Sección	Material	Cohesión (kPa)	Phi (°)	Espesor (m)
11+980 PT12-1	Limo 1	23.6	0	1.5
	Limo 2	39	0	3
	Arena 1	38.5	0	4.5
	Limo 3	142	0	2
	Arena 2	42	0	3

Sección	Material	Cohesión (kPa)	Phi (°)	Espesor (m)
12+170 PT12-2	Limo 1	35	0	2
	Arcilla 1	74	0	3
	Arcilla 2	0	34	4
	Limo 2	87	0	6

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas  
Elaborado por: Toasa Andrea

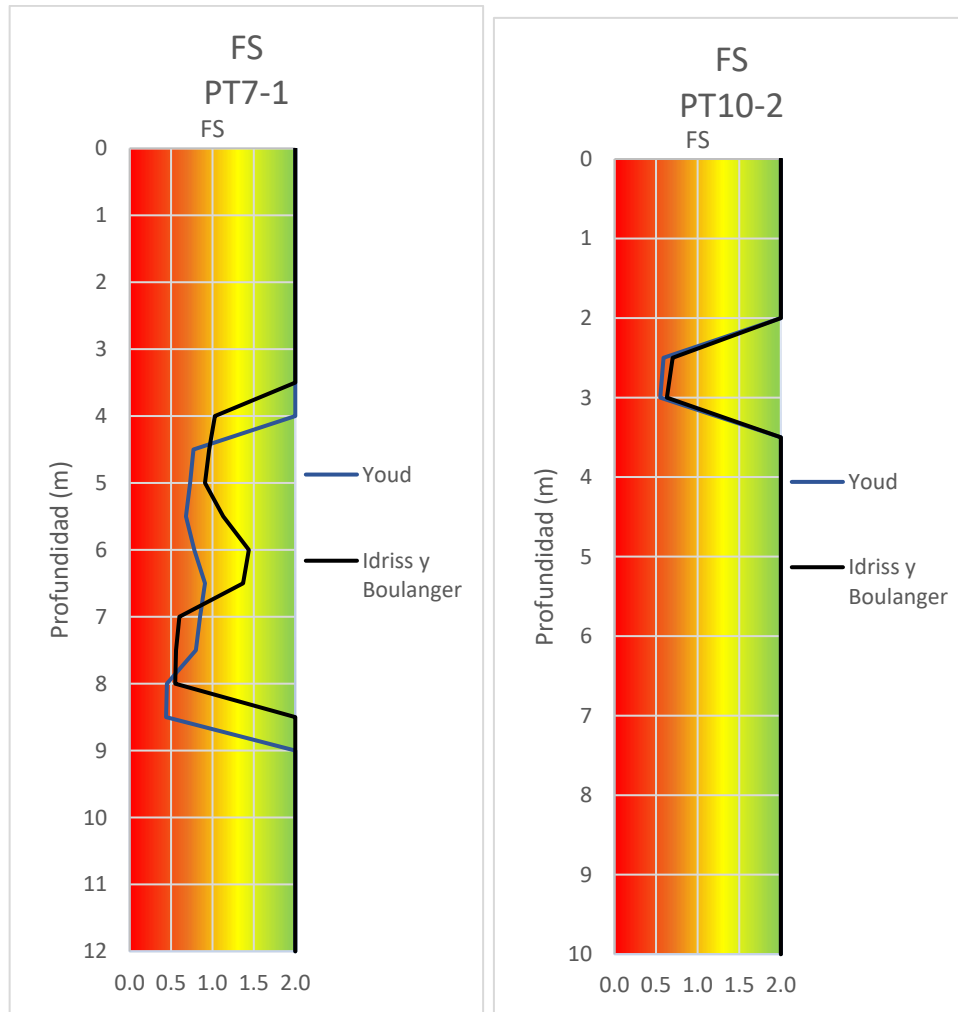
### **3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1 RESULTADOS**

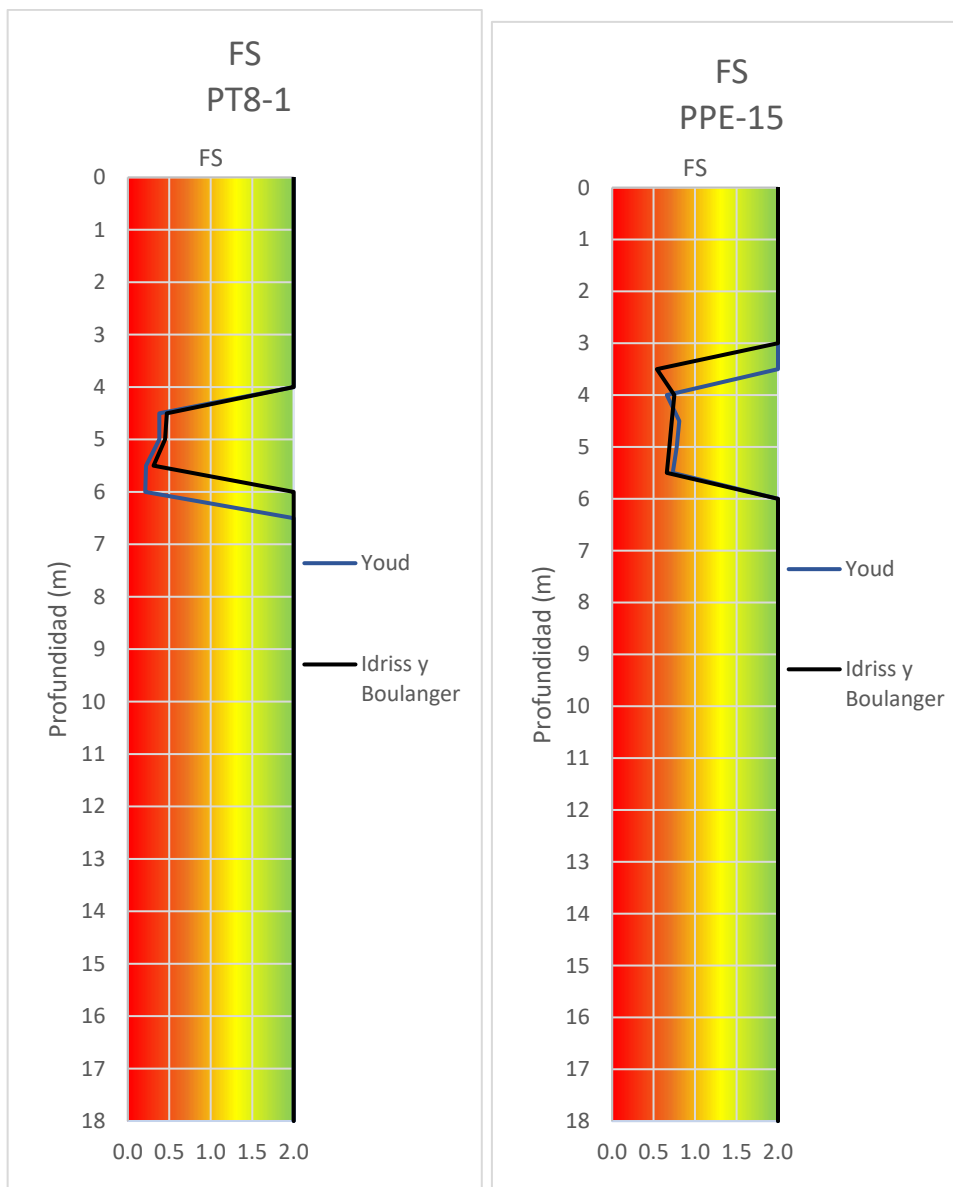
Una vez analizado el potencial de licuación por el método de Youd (2001) e Idriss y Boulanger (2014), de las perforaciones SPT del proyecto Acceso Sur Cuenca, se determinó que las siguientes perforaciones presentan licuación:

- PT7-1
- PT8-1
- PT10-2
- PT11-2
- PPE-15

A continuación, se presenta los resultados de factor de seguridad obtenido por los dos métodos para los puntos mencionados. En el Anexo I y II se puede observar detalladamente la obtención de estos valores.

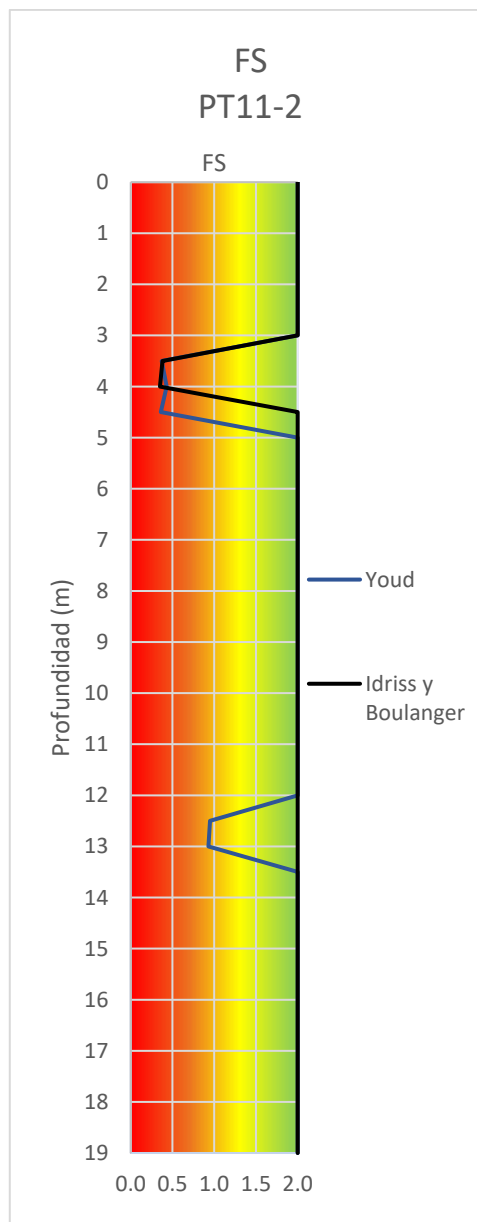


**Ilustración 18.** Factor de seguridad  
Elaborado por: Toasa Andrea, Guanoluisa Ricardo



**Ilustración 19.** Factor de Seguridad  
Fuente: Toasa Andrea, Guanoluisa Ricardo





**Ilustración 20.** Factor de Seguridad  
Elaborado por: Toasa Andrea, Guanoluisa Ricardo

Se puede observar que existen diferencias entre el método de Youd (2001) y por Idriss y Boulanger (2014). Esto debido a que Youd es un método más antiguo y se necesita analizar 3 aspectos para determinar si un suelo es licuable o no, los mismo que son:

- Si la profundidad a la que se encuentra el estrato es menor que el nivel freático, el suelo se considera licuable.
- Si el  $N_{1(60)} < 30$  el suelo se considera licuable.

- Para evaluar la susceptibilidad a la licuación de suelos finos se utilizó la propuesta de Bray y Sancio, 2006 que indica lo siguiente:

$$IP > 18 \rightarrow \text{No susceptible}$$

$$12 < IP \leq 18 \text{ y } \frac{Wc}{LL} > 0.8 \rightarrow \text{Moderadamente susceptible}$$

$$IP \leq 12.5 \text{ y } \frac{Wc}{LL} > 0.85 \rightarrow \text{Susceptible}$$

A diferencia del método de Idriss y Boulanger (2014) que analiza 2 aspectos para determinar si un suelo es licuable o no, los cuales son:

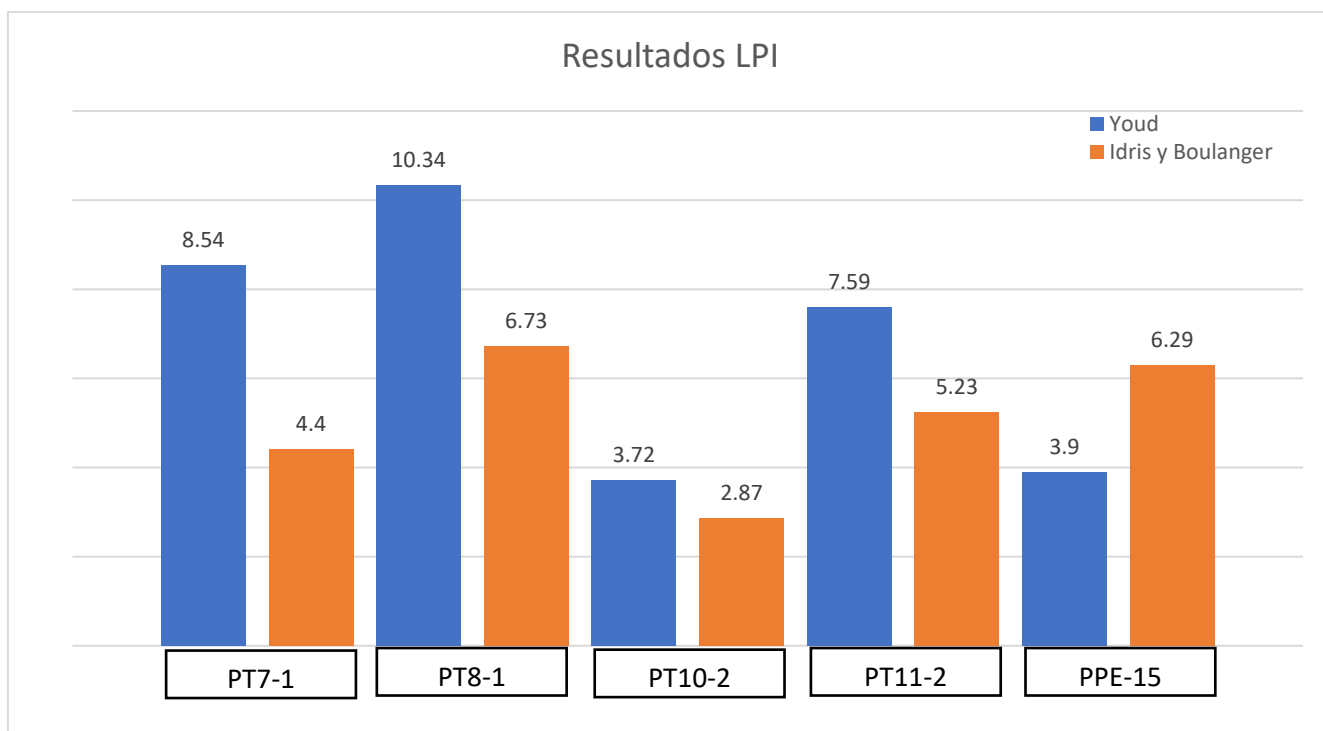
- Si la profundidad a la que se encuentra el suelo es menor que del nivel freático, el suelo se considera licuable.
- Si el  $IP \leq 7$ , el suelo se considera licuable.

A continuación, en la Tabla 12 se presentan los resultados obtenidos del potencial de licuación en base al método de Youd (2001) e Idriss y Boulanger (2014), de las perforaciones SPT del proyecto Acceso Sur Cuenca. En el Anexo I y II se puede observar detalladamente la obtención de estos valores.

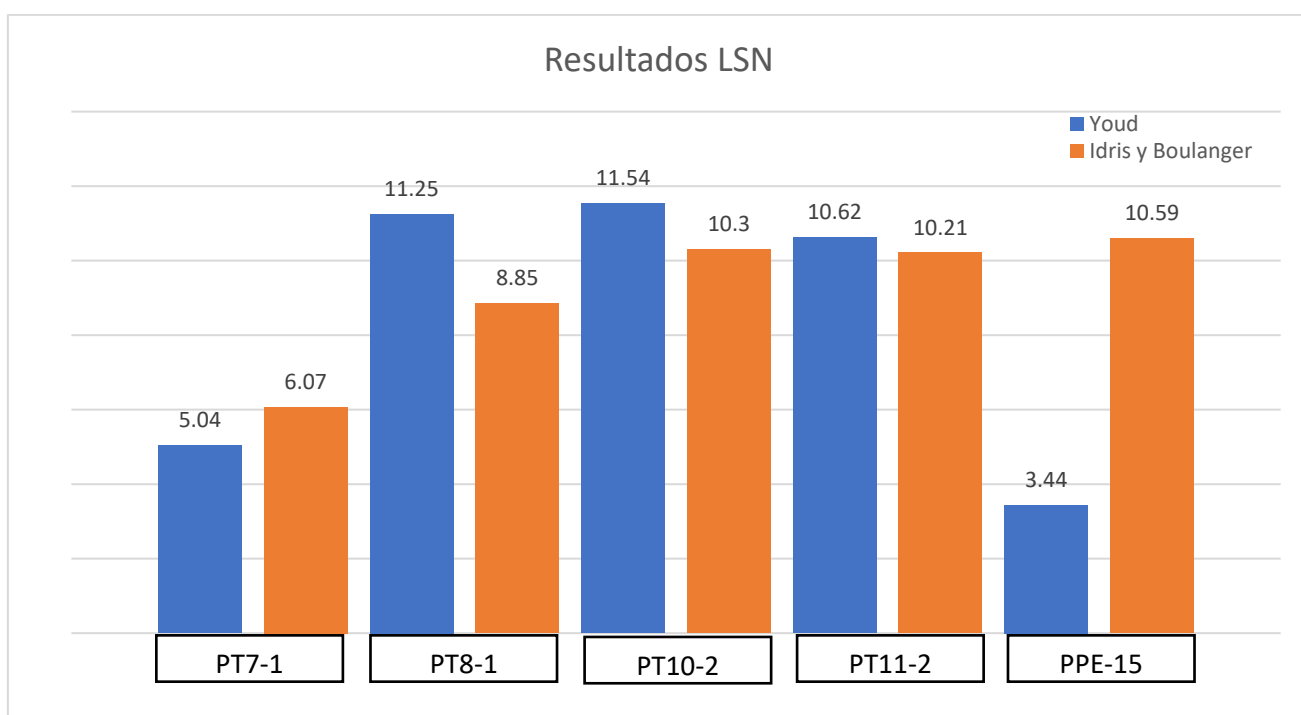
**Tabla 12.**  
*Resultados LPI y LSN*

Perforación	Youd (2001)		Idriss y Boulanger (2014)	
	LPI	LSN	LPI	LSN
PT7-1	8.54	5.04	4.4	6.07
PT7-3	1.21	2.18	0.43	2.02
PT8-1	10.34	11.25	6.73	8.85
PT8-2	-	-	-	-
PT10-2	3.72	11.54	2.87	10.3
PT10-3	-	-	-	-
PT11-1	-	-	-	-
PT11-2	7.59	10.62	5.7	9.87
PT12-1	0.33	0.5	-	-
PT12-2	3.44	3.71	-	-
PPE-15	3.9	3.44	6.28	11.26
PPE-17	2.33	3.17	-	-

Elaborado por: Toasa Andrea



**Ilustración 21.** Resultados LPI puntos licuables  
Elaborado por: Toasa Andrea, Guanoluisa Ricardo

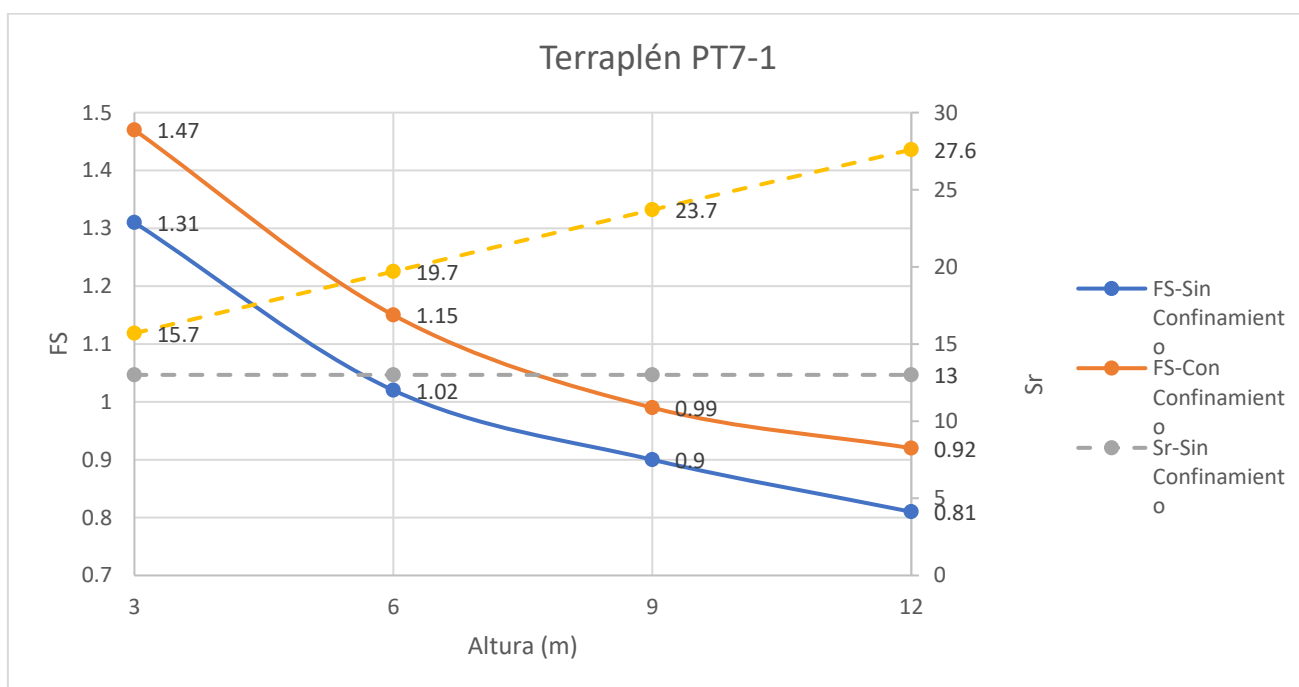


**Ilustración 22.** Resultados LSN puntos licuables  
Elaborado por: Toasa Andrea, Guanoluisa Ricardo

La diferencia en los valores de LPI y LSN se debe además a que el método de Youd (2001) para el cálculo del CRR utiliza en valor de  $N_{1(60)}$ , a diferencia del método de Idriss y Boulanger (2014) que utiliza el valor de  $N_{1(60)}$  corregido por finos. Una vez analizados los dos métodos se optó por utilizar los resultados obtenidos por el método de Idriss y Boulanger (2014) para evaluar los terraplenes.

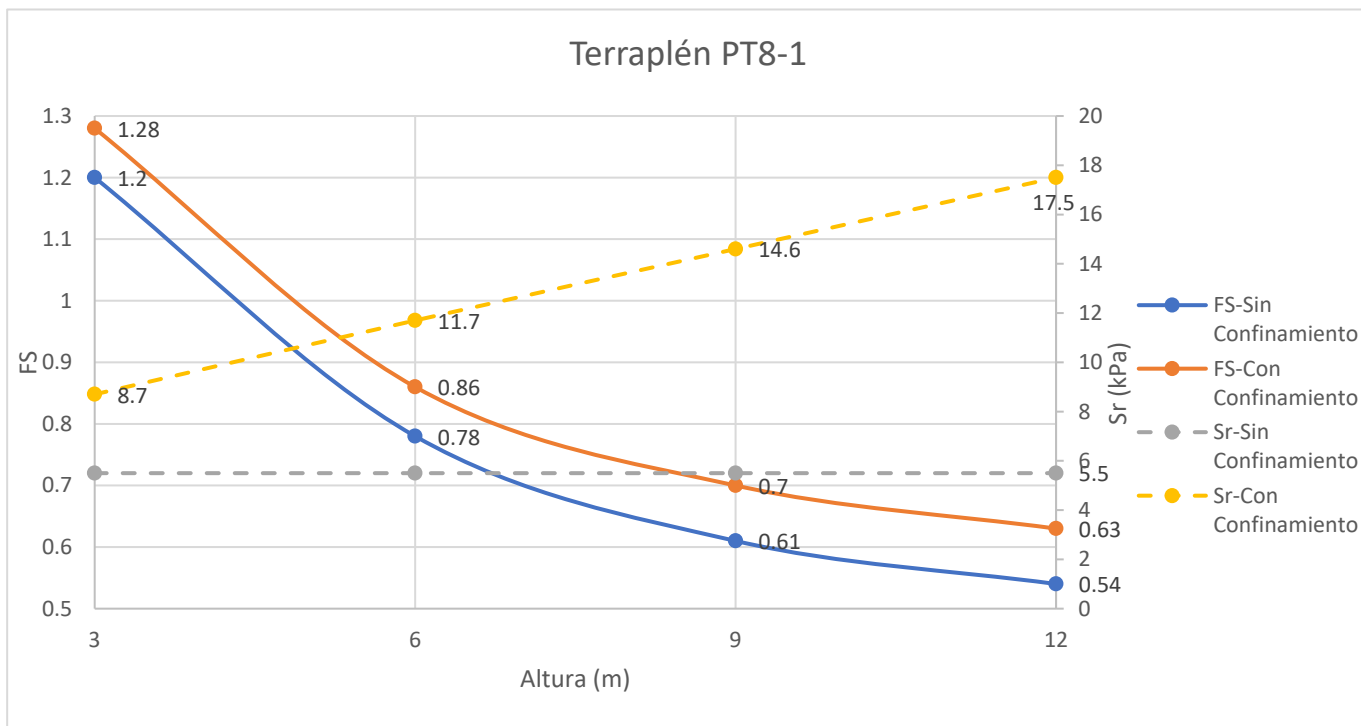
A continuación, se presenta los resultados de los factores de seguridad de los terraplenes para alturas de 3,6,9 y 12 m. de los puntos que presentan licuación, mismos resultados se los puede observar en el Anexo III

Pese a que el punto PT7-3 presenta licuación para la evaluación de estabilidad no será analizado debido a que una vez que se le aplica confinamiento ya no presenta licuación.



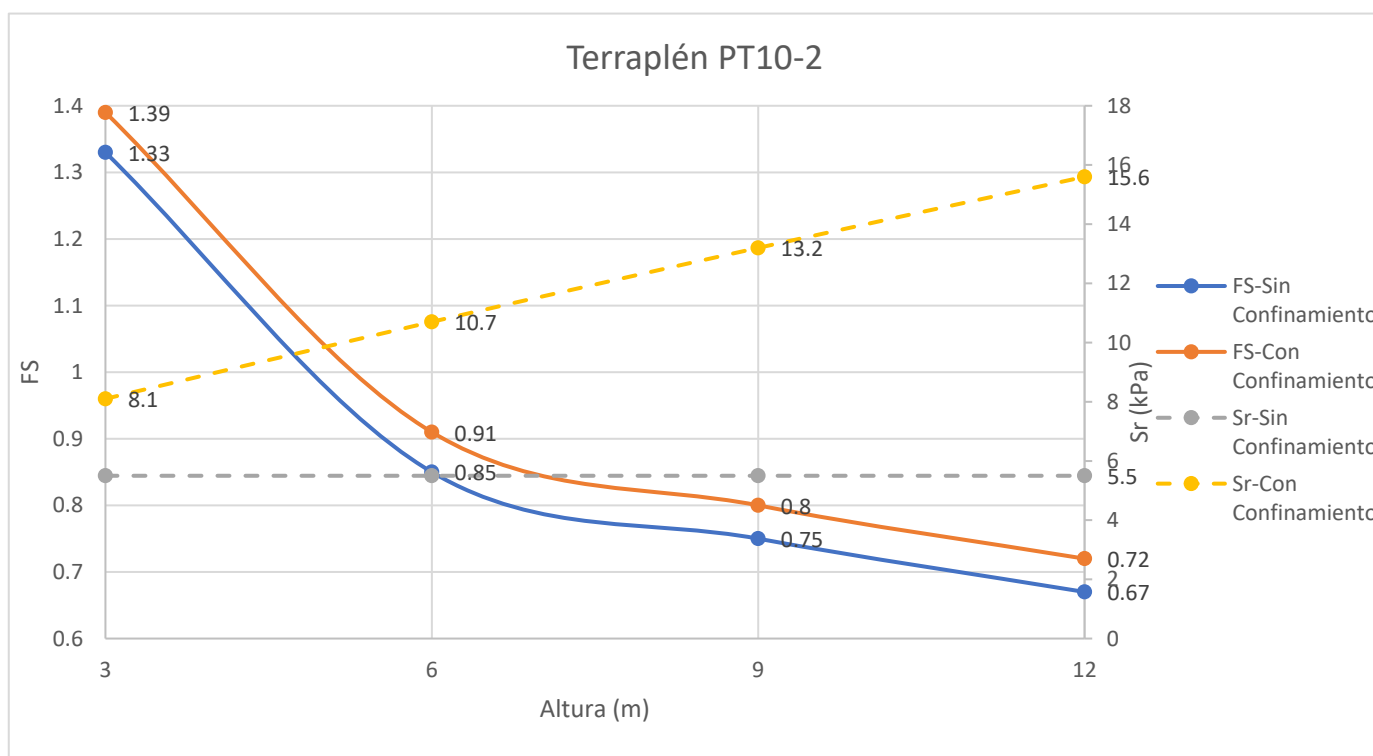
**Ilustración 23. Resultados terraplén Punto PT7-1**

El punto PT7-1 presenta valores de factores de seguridad para la estabilidad de terraplenes de entre 0.8 y 1.3 para el caso sin confinamiento y de entre 0.9 y 1.5 para el caso con confinamiento. Siendo el terraplén de altura de 3 m el que presenta el mayor FS para los dos casos.

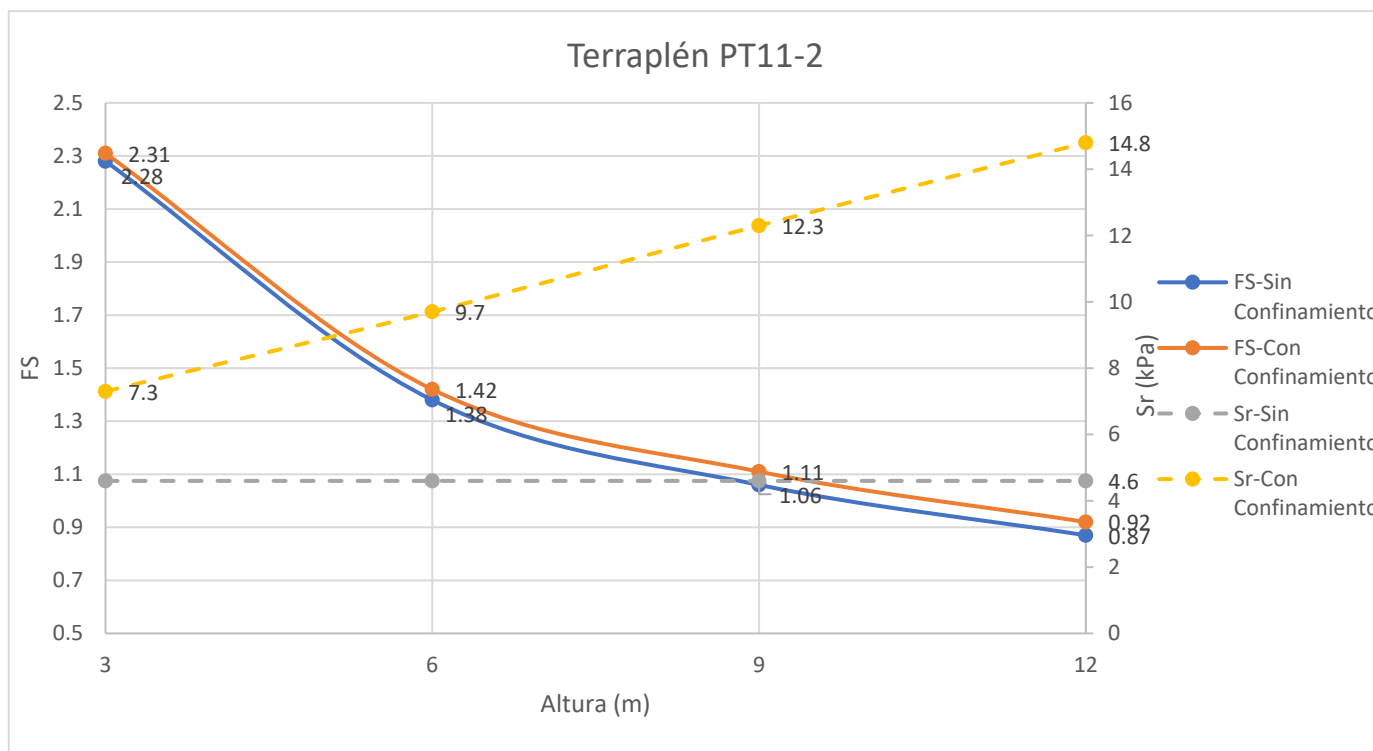


**Ilustración 24.** Resultados Terraplén Punto PT8-1

El punto PT8-1 presenta valores de factores de seguridad para la estabilidad de terraplenes de entre 0.5 y 1.2 para el caso sin confinamiento y de entre 0.6 y 1.3 para el caso con confinamiento. Siendo el terraplén de altura de 3 m el que presenta el mayor FS para los dos casos.



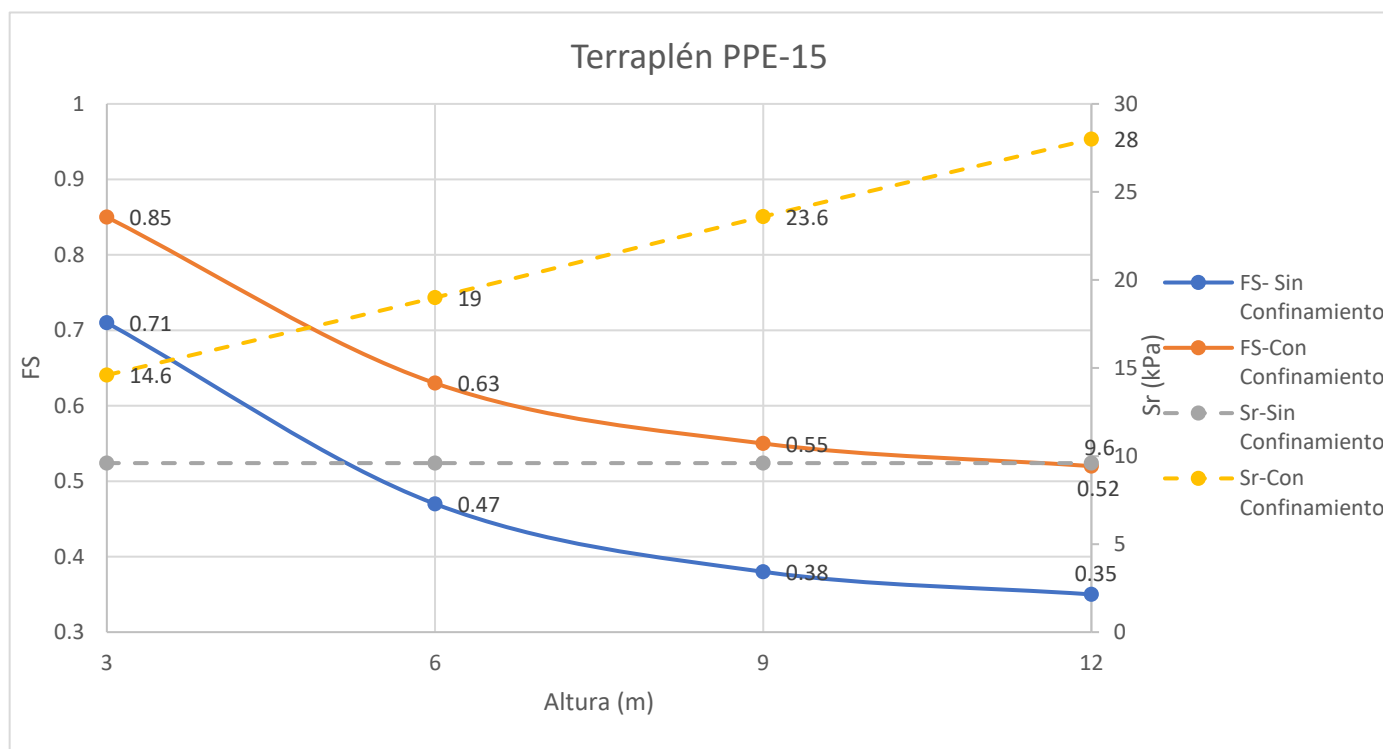
El punto PT10-2 presenta valores de factores de seguridad para la estabilidad de terraplenes de entre 0.65 y 1.3 para el caso sin confinamiento y de entre 0.7 y 1.4 para el caso con confinamiento. Siendo el terraplén de altura de 3 m el que presenta el mayor FS para los dos casos.



**Ilustración 26. Resultados Terraplén PT11-2**

El punto PT11-2 presenta valores de factores de seguridad para la estabilidad de terraplenes de entre 0.8 y 2.3 para el caso sin confinamiento y de entre 0.9 y 2.3 para el caso con confinamiento. Se puede observar en la

**Ilustración 26** que no existe una mayor diferencia en los resultados entre los dos casos.

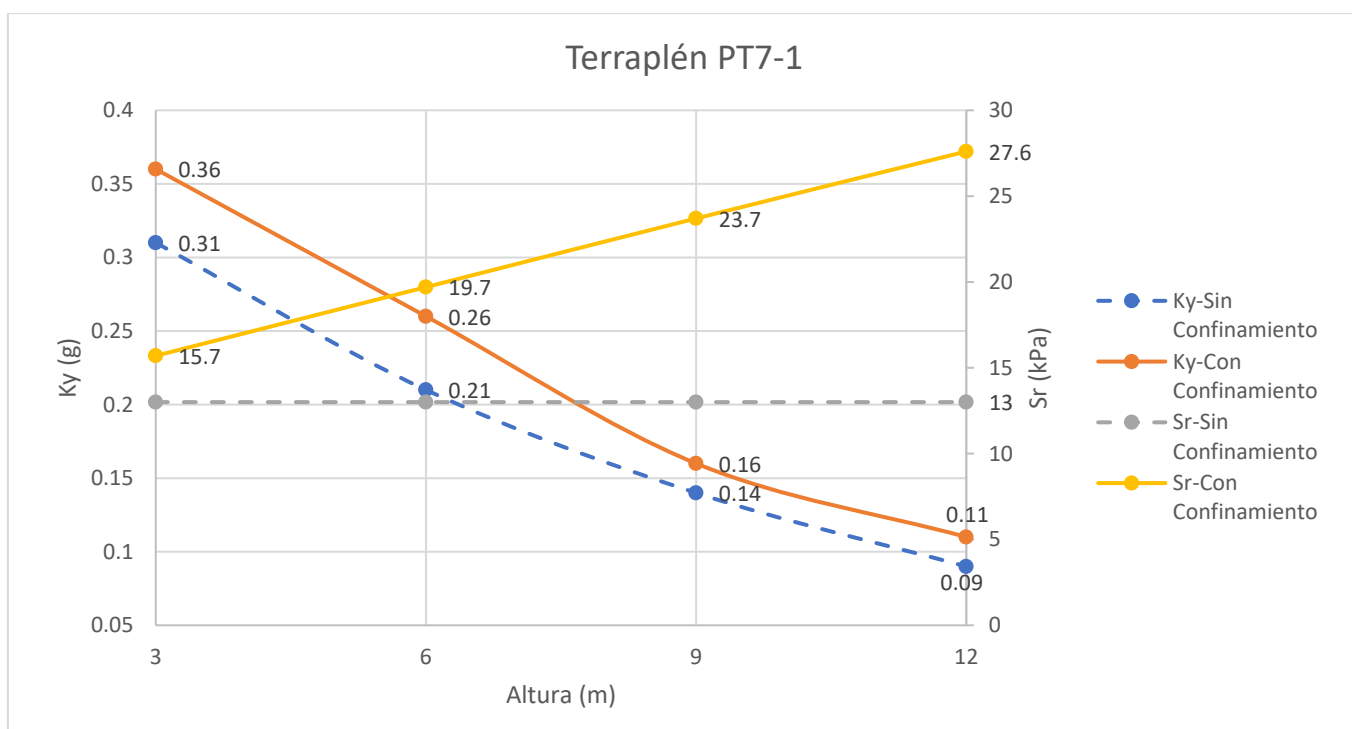


**Ilustración 27.** Resultados Terraplén Punto PPE-15.

El punto PPE-15 presenta valores de factores de seguridad para la estabilidad de terraplenes de entre 0.35 y 0.7 para el caso sin confinamiento y de entre 0.52 y 0.85 para el caso con confinamiento. De los 5 puntos evaluados este es el punto que presenta los valores de FS más bajos.

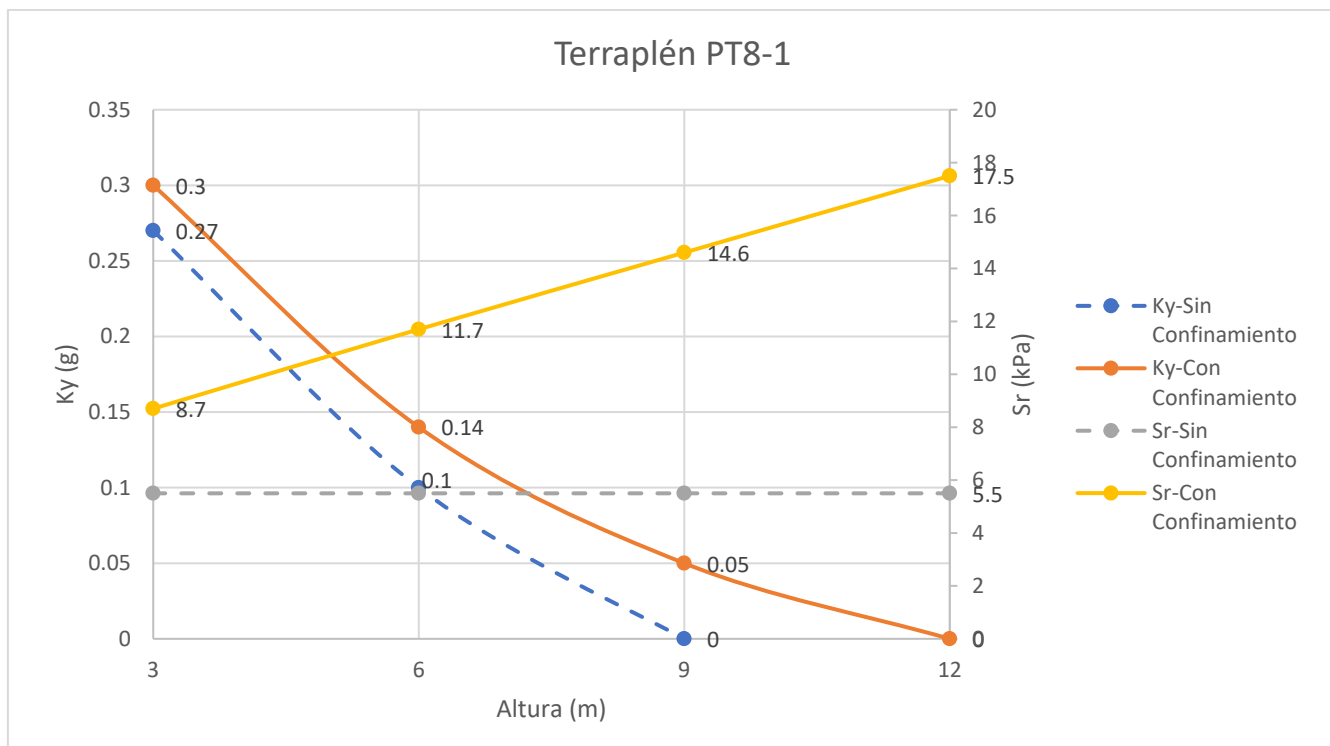
En todos los puntos analizados se observa que presentan la misma tendencia de que a medida que la altura del terraplén aumenta, el factor de seguridad disminuye.

Como parte de la evaluación de terraplenes se obtuvo en valor  $K_y$ . Que representa el coeficiente horizontal que se debe tener para que el factor de seguridad del terraplén sea 1. Posteriormente se obtendrá el desplazamiento esperado para cada terraplén.

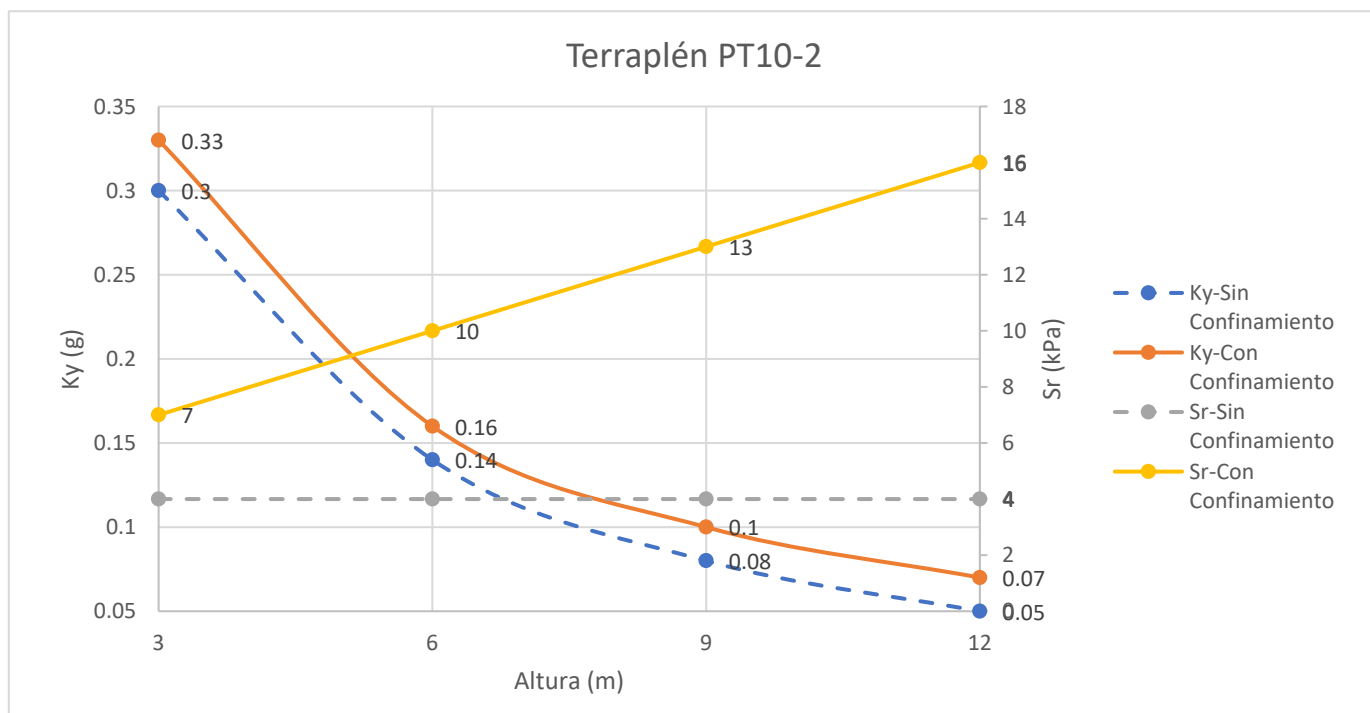


**Ilustración 28.** Valores KY PT7-1

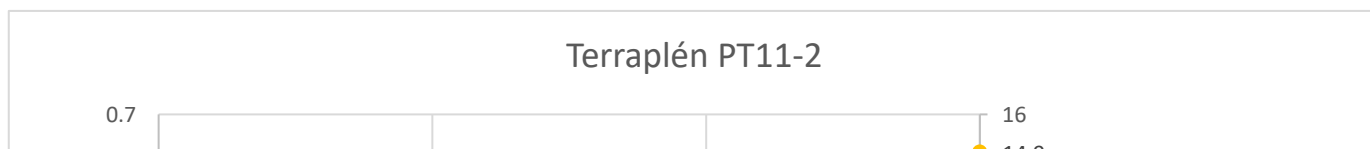




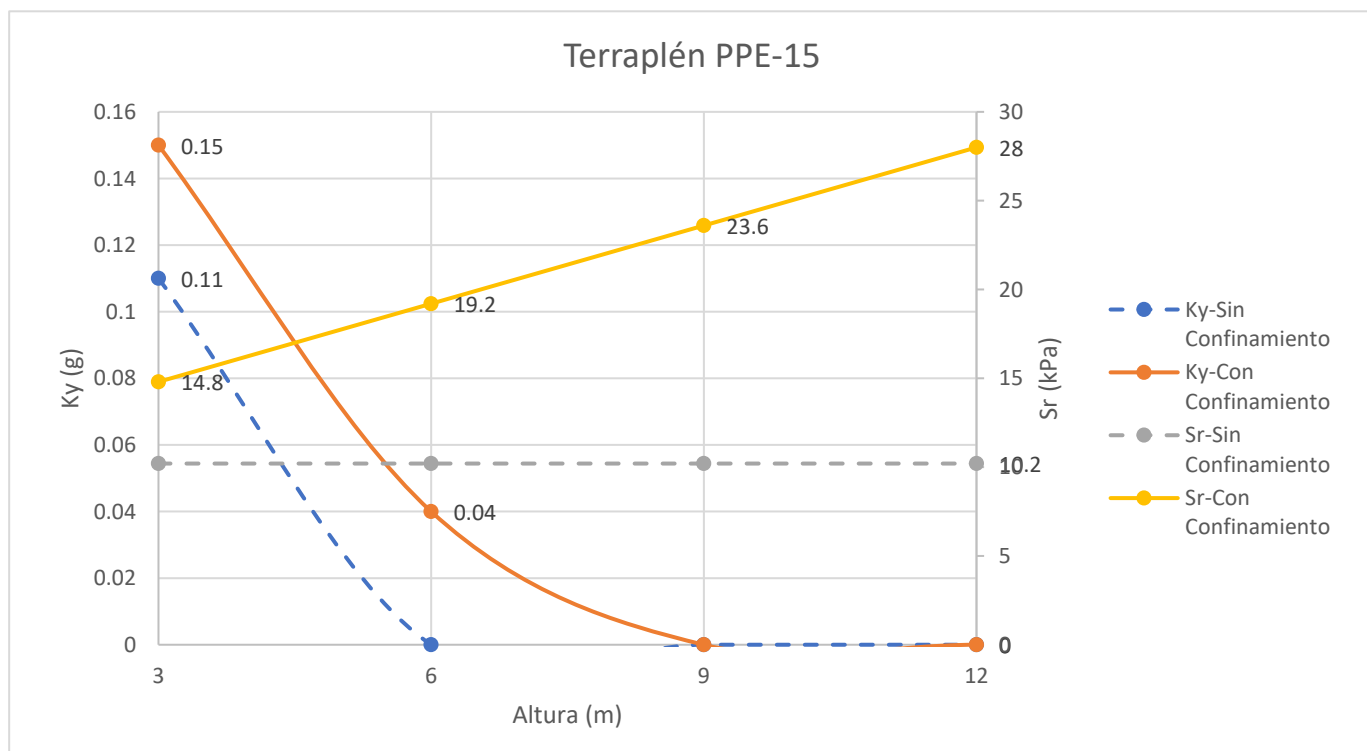
**Ilustración 29.** Valores Ky PT8-1



**Ilustración 30.** Valores Ky PT10-2



**Ilustración 31.** Valores Ky PT11-2



**Ilustración 32.** Valores Ky PPE-15

Los terraplenes que no presentan un valor del coeficiente  $K_y$  es debido a que no se encontró un valor de  $K_y$  para que el resultado del FS sea 1.

En las siguientes tablas se presenta los valores de desplazamiento para los terraplenes con confinamiento, mismos que han sido obtenidos por medio del programa SLAMMER.

**Tabla 13.**

*Desplazamientos terraplén PT7-1*

PT7-1					
$K_y$	H(m)	Ts (Ts)	1.5 Ts (Ts)	Sa (g)	Desplaz. (cm)
0.36	3	0.034	0.051	0.58	1.1
0.26	6	0.069	0.103	0.8	5.4
0.16	9	0.103	0.154	0.8	14.3

**Tabla 14.**

*Desplazamientos terraplén PT8-1*

PT8-1					
$K_y$	H(m)	Ts (Ts)	1.5 Ts (Ts)	Sa (g)	Desplaz. (cm)
0.3	3	0.034	0.051	0.58	1.7
0.14	6	0.069	0.103	0.8	17.1
0.05	9	0.103	0.154	0.8	68.8

**Tabla 15.**

*Desplazamientos terraplén PT10-2*

PT10-2					
$K_y$	H(m)	Ts (Ts)	1.5 Ts (Ts)	Sa (g)	Desplaz. (cm)
0.33	3	0.034	0.051	0.58	1.3
0.16	6	0.069	0.103	0.8	13.6
0.1	9	0.103	0.154	0.8	30.1

**Tabla 16.**

*Desplazamientos terraplén PT11-2*

PT11-2					
$K_y$	H(m)	Ts (Ts)	1.5 Ts (Ts)	Sa (g)	Desplaz. (cm)
0.64	3	0.022	0.033	0.58	0.2
0.38	6	0.045	0.067	0.8	2.3
0.25	9	0.067	0.100	0.8	5.9

**Tabla 17.**

*Desplazamientos terraplén PPE-15*

PPE-15					
$K_y$	H(m)	Ts (Ts)	1.5 Ts (Ts)	Sa (g)	Desplaz. (cm)

0.15	3	0.034	0.051	0.58	7.2
0.04	6	0.069	0.103	0.8	79.7

Se puede observar que al igual que en el valor del factor de seguridad, el punto PPE-15 presenta los valores más críticos, presentado mayores desplazamientos para los terraplenes de 3 y 6 m de altura en comparación con los otros puntos. Siendo el terraplén de 6 m del punto PPE-15 el que presenta el mayor desplazamiento con un valor de aproximadamente 80 cm.

### 3.2 CONCLUSIONES

Se analizaron las características geológicas-geotécnicas de los geomateriales en los que se proyecta la vía del Acceso Sur Cuenca. Se evaluaron los resultados de ensayos de campo (perforaciones con medición del número de golpes, SPT) y ensayos de laboratorio (granulometría), con los cuales se determinó la presencia de limos, arcillas, y capas de arena, composición correspondiente a suelos aluviales.

Se verificó el potencial de licuación en las perforaciones mediante la metodología de Boulanger & Idriss (2014), posteriormente se evaluaron los índices de licuación (LPI y LSN), que proveen rangos de los daños asociados a la licuación. Finalmente, se determinaron los posibles desplazamientos producto de la licuación mediante la metodología de Bray & Travasarou (2011). Si bien esta metodología no fue desarrollada para los desplazamientos en suelos licuables, los valores obtenidos pueden asociarse a la magnitud de daños obtenida mediante los índices de licuación.

Se identificó que los materiales licuables, comprenden arenas limosas de compacidad suelta a medianamente densa, con un índice de plasticidad bajo o nulo, y completamente saturadas.

De acuerdo a la metodología de Boulanger & Idriss (2014) se determinó el valor del factor de seguridad por licuación. De los 12 puntos analizados 5 presentan estratos con un factor de seguridad contra la licuación menor a 1, lo que indica que

el esfuerzo cíclico es mayor que la resistencia cíclica del suelo, siendo estos susceptibles a licuación ante la presencia de un evento sísmico.

Se evaluó el efecto de la licuación en la estabilidad global de terraplenes de diferentes alturas. Adicionalmente, se consideró el efecto del confinamiento en la resistencia residual de los materiales que se licuaron.

Si bien el confinamiento incrementa la resistencia residual del suelo, la carga de los terraplenes de mayor altura produce incrementos en las fuerzas desestabilizantes que resultan en factores de seguridad (FS) contra la estabilidad global menores. Además, se observó que el efecto del confinamiento no implica variaciones importantes en los FS.

En las perforaciones PT7-1, PT7-3, PT8-1, PT10-2 y PPE15 se puede observar que se tienen diferentes resultados del factor de seguridad en los dos escenarios analizados, debido a que estos son los sondeos que presentan licuación y a medida que la altura del terraplén aumenta, la resistencia al corte también aumenta.

De acuerdo con los resultados obtenidos del LPI y LSN se puede concluir que los efectos de licuación esperados son de moderados a bajos, pues los valores de LPI están en un rango de entre 1 – 7 y los valores de LSN están en un rango de entre 2 – 11.

Al contrastar con los desplazamientos, se observaron desplazamientos valores máximos de 80 cm que indicarían daños importantes en los terraplenes. Sin embargo, en tres de las cinco perforaciones los desplazamientos son menores a 30 cm, que indicarían daños menores, siendo consistente con lo estimado con los índices de licuación.

### **3.3 RECOMENDACIONES**

La fiabilidad del factor de seguridad depende de los parámetros geotécnicos del suelo, por lo que es importante realizar los ensayos requeridos y aplicar una metodología que sea ampliamente aceptada.

Es importante una correcta discretización de datos para la evaluación del potencial de licuación, pues si los datos de entrada son incorrectos los resultados obtenidos también lo serán sin importar el método aplicado.

Los análisis de los efectos de la licuefacción con las diferentes metodologías permitieron complementar la determinación del potencial de licuación determinada mediante el factor de seguridad. Valores menores de los índices de licuefacción y de los desplazamientos indicarían daños leves en los terraplenes y la posibilidad de optimizar u obviar sistemas de mejoramiento.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

*Alvarado, A (2012), Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur, Institut de Sciences de la Terre de Grenoble.*

*Guanoluisa, R. (2022). Evaluación de Licuación y Determinación de Índices de Licuación para los Sondeos Ejecutados en una Vía del Austro Ecuatoriano. Tesis de grado. Escuela Politécnica Nacional.*

*Henríquez, C. (2007). Mejora de Terrenos Potencialmente Licuables con Inyecciones de Compactación. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.*

*Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S., & Sato, H. (1982). Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. En Proceedings of 2nd International Conference on Microzonation. Seattle: 1319–1330.*

Jiménez, N., Peñaherrera, R. (2001). *Obtención de acelerogramas sintéticos en base a datos geológicos de la Falla de Girón. XIV Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.*

Luna, R., & Frost, J. D. (1 de 1998). *Spatial Liquefaction analysis system. Journal of Computing in Civil Engineering, 12(1), 48-56. doi:10.1061/(asce)0887-3801(1998)12:1(48)*

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. *Estudios de factibilidad, impactos ambientales e ingeniería: Prepreliminar, preliminar y definitivo para la construcción de la carretera Cuenca-Estación Cumbe.*

Morgenstern, & Price. (1965). *The analysis of the stability off general slip surfaces National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2016. State of the Art and Practice in the Assessment of Earthquake-Induced Soil Liquefaction and Its Consequences. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/23474>.*

Ordóñez, J. (2017). *Evaluación del potencial de licuación de suelos en Tarqui, Ecuador. Tesis de pregrado. Universidad de Especialidades Espíritu Santo.*

Ortiz, W F (2014). *Estudio de estabilidad de los taludes de las presas del proyecto Pacalori, teniendo en cuenta la acción sísmica. Tesis de pregrado. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20906>*

Ortuño, L. (2004). *Curso de Geotécnica para infraestructuras. Sevilla.*

Quesada, F. (2008). *Evaluación del potencial de licuefaccion de suelos. Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Quinde, P, & Reinoso, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. Ingeniería sísmica, (94), 1-26. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es)*

NEC-SE-DS (2015). *Peligro Sísmico, Diseño sismo resistente. Norma Ecuatoriana de la Construcción.*

van Ballegooy, S., Malan, P., Lacrosse, V., Jacka, M. E., Cubrinovski, M., Bray, J. D., . . . Cowan, H. (2 de 2014). *Assessment of Liquefaction-Induced land damage for residential Christchurch*. *Earthquake Spectra*, 30(1), 31-55. doi:10.1193/031813eqs070m

Youd, T. L., & Idriss, I. M. (4 de 2001). *Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of Liquefaction resistance of soils*. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(4), 297-313. doi:10.1061/(asce)1090-0241(2001)127:4(297)

Weber, J. (2015). *Engineering Evaluation of Post-Liquefaction Strength*. Tesis de doctorado. Universidad de California.



## **5 ANEXOS**

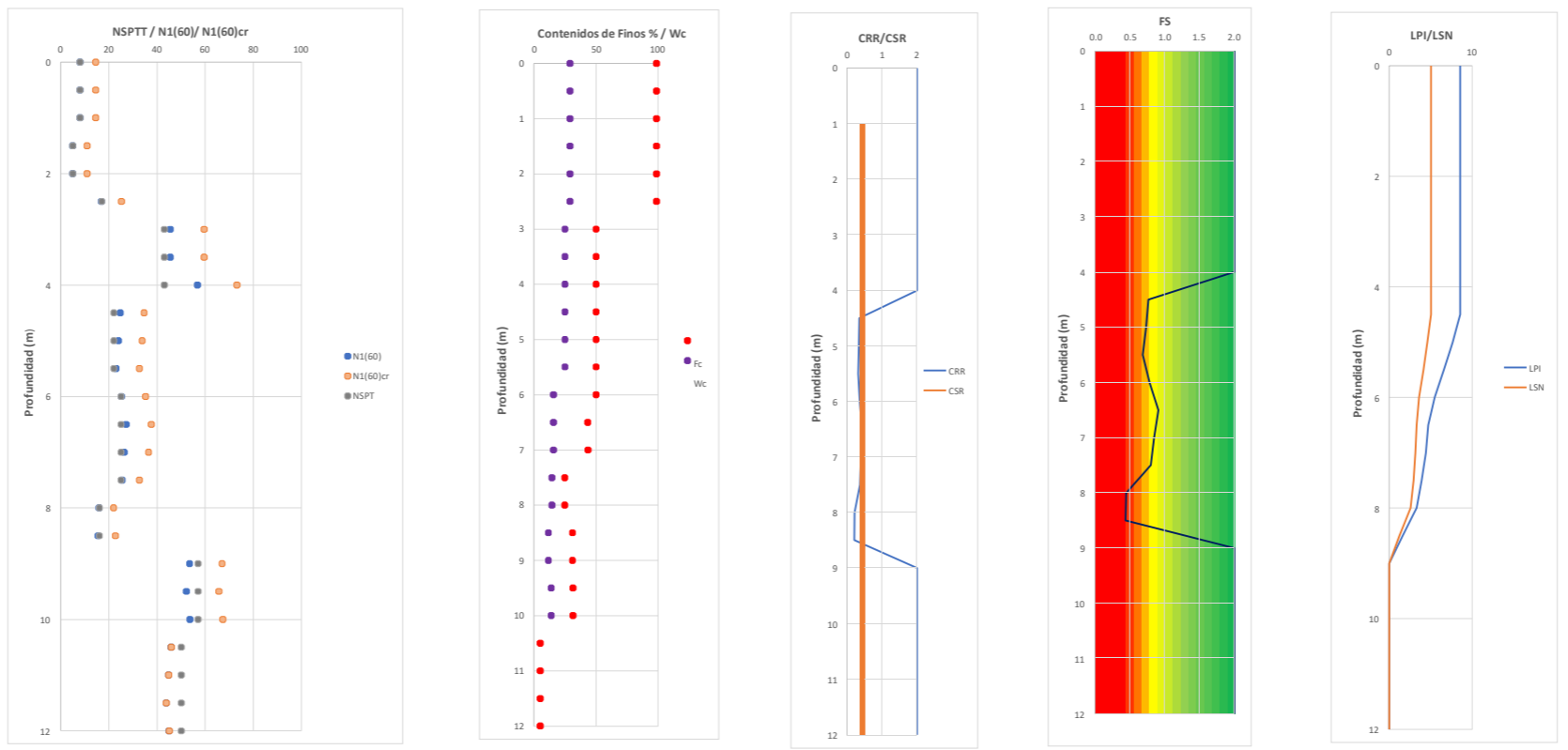
**ANEXO I**  
**Método de Youd**

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN  
MÉTODO DE YOUD

DATOS	
Ensayo	PT7-1
Nivel freático	0.05 m
D perforación	75 mm
Aceleración máxima	0.325
Magnitud Sismo	7
Tipo de Martillo	Donut
MSF	1.19
Muestreo	Sin muestreadores

Muestra	Profundidad (m)	AH (m)	Nspt	UCSC	Contenido de Finos	Wc	LL	Wc/LL	IP	alpha	beta	Esfuerzo total (kN/m2)	Esfuerzo efectivo (kN/m2)	Cn	Ce	Cb	Cr	Cs	N1-60	N1-60 cr	Rd	CSR	CRR	CRR <sub>corr</sub>	Evaluación IP	Evaluación NF	Evaluación N1(60)	FS	F	W(z)	LPI	ILPI	Ylim	F <sub>o</sub>	Y <sub>max</sub>	E <sub>v</sub>	LSN	ILSN
1	0	0.5	8	MC	98.6	29.00	61.80	0.47	30.60	5.00	1.20	8.00	8.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	7.92	14.50	1.00	0.22	0.16	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
2	0.5	0.5	8	MH	98.6	29.00	61.80	0.47	30.60	5.00	1.20	16.00	11.59	1.60	0.75	1	0.75	1.1	7.92	14.50	1.00	0.30	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
3	1	0.5	8	MH	98.6	29.00	61.80	0.47	30.60	5.00	1.20	24.00	14.68	1.60	0.75	1	0.75	1.1	7.92	14.50	0.99	0.35	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
4	1.5	0.5	5	CH	98.6	29.00	61.80	0.47	30.60	5.00	1.20	32.00	17.78	1.60	0.75	1	0.75	1.1	4.95	10.94	0.99	0.38	0.07	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
5	2	0.5	5	CH	98.6	29.00	61.80	0.47	30.60	5.00	1.20	40.00	20.87	1.60	0.75	1	0.75	1.1	4.95	10.94	0.98	0.41	0.07	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
6	2.5	0.5	17	CH	98.6	29.00	61.80	0.47	30.60	5.00	1.20	48.00	23.97	1.60	0.75	1	0.75	1.1	16.83	25.20	0.98	0.42	0.18	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
7	3	0.5	43	SM	49.9	25.00	32.33	0.77	2.50	5.00	1.20	56.50	27.56	1.60	0.75	1	0.8	1.1	45.41	59.49	0.98	0.43	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
8	3.5	0.5	43	SM	49.9	25.00	32.33	0.77	2.50	5.00	1.20	65.00	31.16	1.60	0.75	1	0.8	1.1	45.41	59.49	0.97	0.44	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
9	4	0.5	43	SM	49.9	25.00	32.33	0.77	2.50	5.00	1.20	73.50	34.75	1.60	0.75	1	1	1.1	56.76	73.11	0.97	0.44	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					8.54				0.00	5.04
10	4.5	0.5	22	SM	49.9	25.00	32.33	0.77	2.50	5.00	1.20	82.00	38.35	1.60	0.75	1	0.85	1.1	24.68	34.62	0.97	0.44	0.29	0.34	Licuable	Licuable	Licuable	0.77	0.23	7.75	0.90	6.62	0.03	-0.41	0.02	0.004	0.44	5.04
11	5	0.5	22	SM	49.9	25.00	32.33	0.77	2.50	5.00	1.20	90.50	41.94	1.55	0.75	1	0.85	1.1	23.98	33.77	0.96	0.45	0.27	0.33	Licuable	Licuable	Licuable	0.73	0.27	7.50	1.02	7.64	0.03	-0.35	0.03	0.005	0.47	4.60
12	5.5	0.5	22	SM	49.9	25.00	32.33	0.77	2.50	5.00	1.20	99.00	45.54	1.49	0.75	1	0.85	1.1	23.01	32.61	0.96	0.45	0.26	0.31	Licuable	Licuable	Licuable	0.68	0.32	7.25	1.15	6.62	0.03	-0.27	0.03	0.006	0.53	4.13
13	6	0.5	25	SM	49.9	15.61	24.90	0.63	3.50	5.00	1.20	107.50	49.13	1.44	0.75	1	0.85	1.1	25.17	35.21	0.95	0.45	0.30	0.35	Licuable	Licuable	Licuable	0.78	0.22	7.00	0.76	5.48	0.02	-0.45	0.02	0.004	0.30	3.60
14	6.5	0.5	25	SM	43.3	15.61	24.90	0.63	3.50	5.00	1.20	116.00	52.73	1.39	0.75	1	0.95	1.1	27.16	37.59	0.95	0.45	0.34	0.41	Licuable	Licuable	Licuable	0.91	0.09	6.75	0.31	4.72	0.01	-0.62	0.01	0.002	0.17	3.30
15	7	0.5	25	SM	43.4	15.61	24.90	0.63	3.50	5.00	1.20	124.50	56.32	1.34	0.75	1	0.95	1.1	26.28	36.53	0.95	0.45	0.32	0.38	Licuable	Licuable	Licuable	0.85	0.15	6.50	0.50	4.41	0.02	-0.55	0.02	0.003	0.19	3.13
16	7.5	0.5	25	SM	24.8	14.40	22.60	0.64	3.30	4.27	1.11	133.00	59.92	1.30	0.75	1	0.95	1.1	25.48	32.64	0.94	0.45	0.30	0.36	Licuable	Licuable	Licuable	0.80	0.20	6.25	0.63	3.91	0.03	-0.27	0.03	0.006	0.39	2.94
17	8	0.5	16	SM	24.8	14.40	22.60	0.64	3.30	4.27	1.11	141.50	63.51	1.26	0.75	1	0.95	1.1	15.84	21.90	0.94	0.45	0.17	0.20	Licuable	Licuable	Licuable	0.45	0.55	6.00	1.66	3.28	0.13	0.41	0.13	0.021	1.33	2.55
18	8.5	0.5	16	SM	31	11.70	34.20	0.34	8.00	4.77	1.16	150.00	67.11	1.23	0.75	1	0.95	1.1	15.41	22.68	0.93	0.45	0.16	0.20	Licuable	Licuable	Licuable	0.44	0.56	5.75	1.62	1.62	0.12	0.37	0.12	0.021	1.22	1.22
19	9	0.5	57	SM	31	11.70	34.20	0.34	8.00	4.77	1.16	158.50	70.70	1.20	0.75	1	0.95	1.1	53.47	66.94	0.93	0.45	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					0.00				0.00	0.00
20	9.5	0.5	57	SM	31.4	13.80	26.50	0.52	4.00	4.79	1.17	167.00	74.30	1.17	0.75	1	0.95	1.1	52.16	65.62	0.93	0.45	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					0.00				0.00	0.00
21	10	0.5	57	SM	31.4	13.80	26.50	0.52	4.00	4.79	1.17	175.50	77.89	1.14	0.75	1	1	1.1	53.63	67.32	0.91	0.44	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					0.00				0.00	0.00
22	10.5	0.5	50	GW	5					0.00	1.00	184.50	81.99	1.11	0.75	1	1	1.1	45.85	45.91	0.89	0.43	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					0.00				0.00	0.00
23	11	0.5	50	GW	5					0.00	1.00	193.50	86.08	1.08	0.75	1	1	1.1	44.75	44.80	0.88	0.43	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					0.00				0.00	0.00
24	11.5	0.5	50	GW	5					0.00	1.00	202.50	90.18	1.06	0.75	1	1	1.1	43.72	43.77	0.87	0.42	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					0.00				0.00	0.00
25	12	0	50	GW	5					0.00	1.00	202.50	85.27	1.09	0.75	1	1	1.1	44.96	45.02	0.85	0.44	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00					0.00				0.00	0.00

RESULTADOS-GRÁFICAS PT7-1

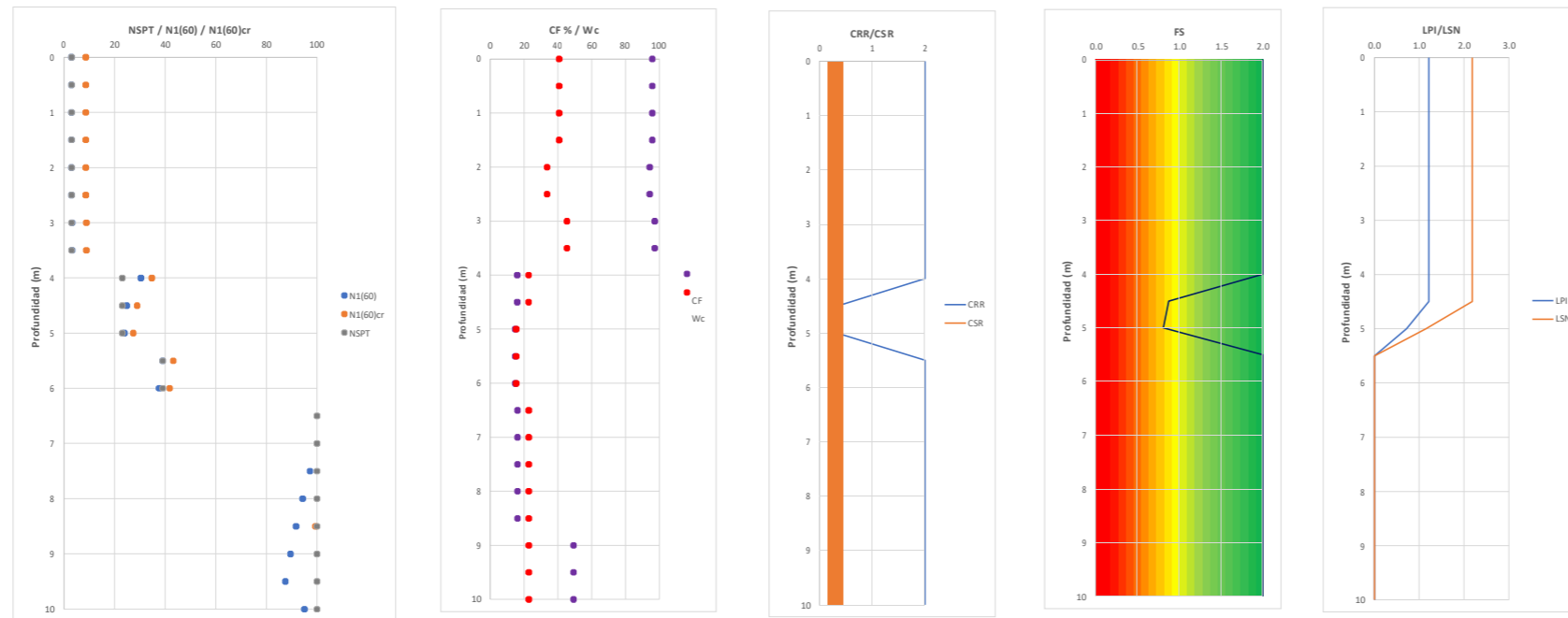


EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN  
MÉTODO DE YOUD

DATOS	
Ensayo	PT7-3
Nivel freático	0.6
D perforación	75
Aceleración máxima	0.325
Magnitud Sismo	7
Tipo de Martillo	Donut
MSF	1.19
Muestreo	Sin muestreo de

Muestra	Profundidad (m)	AH (m)	Nspt	UCSC	Contenido de Finos	Peso Especifico	Wc	LL	Wc/LL	IP	alpha	beta	Esfuerzo total (kN/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo efectivo (kN/m <sup>2</sup> )	Cn	Ce	Cb	Cr	Cs	N1-60	N1-60 cr	Rd	CSR	CRR	CRR <sub>corr</sub>	Evaluación IP	Evaluación NF	Evaluación N1(60)	FS	F	W(z)	LPI	ZLPI	Ylim	Fo	Ymax	Ev	LSN	ZLSN	
1	0	0.5	3	CM	95.7	16	40.71	58.66	0.69	27	5.00	1.20	8.00	8.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	2.97	8.56	1.00	0.22	0.06	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
2	0.5	0.5	3	CM	95.7	16	40.71	58.66	0.69	28	5.00	1.20	16.00	16.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	2.97	8.56	1.00	0.21	0.06	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
3	1	0.5	3	CH	95.7	16	40.71	58.66	0.69	29	5.00	1.20	24.00	20.08	1.60	0.75	1	0.75	1.1	2.97	8.56	0.99	0.26	0.06	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
4	1.5	0.5	3	CH	95.7	16	40.71	58.66	0.69	29	5.00	1.20	32.00	23.17	1.60	0.75	1	0.75	1.1	2.97	8.56	0.99	0.29	0.06	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
5	2	0.5	3	CH	94.2	16	33.5	61.8	0.54	25.7	5.00	1.20	40.00	26.27	1.60	0.75	1	0.75	1.1	2.97	8.56	0.98	0.32	0.06	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
6	2.5	0.5	3	CH	94.2	16	33.5	61.8	0.54	25.7	5.00	1.20	48.00	29.36	1.60	0.75	1	0.75	1.1	2.97	8.56	0.98	0.35	0.06	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
7	3	0.5	3	MH	97.1	16	45.18	55.39	0.82	23.2	5.00	1.20	56.00	32.46	1.60	0.75	1	0.8	1.1	3.17	8.80	0.98	0.36	0.06	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
8	3.5	0.5	3	MH	97.1	16	45.18	55.39	0.82	23.2	5.00	1.20	64.00	35.55	1.60	0.75	1	0.8	1.1	3.17	8.80	0.97	0.38	0.06	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
9	4	0.5	23	SM	15.9	17	22.51	23.74	0.95	2.7	2.74	1.05	72.50	39.15	1.60	0.75	1	1	1.1	30.36	34.72	0.97	0.39	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				1.21						0.00	2.18
10	4.5	0.5	23	SM	15.9	17	22.51	23.74	0.95	2.7	2.74	1.05	81.00	42.74	1.54	0.75	1	0.85	1.1	24.83	28.90	0.97	0.39	0.29	0.34	Licuable	Licuable	Licuable	0.87	0.13	7.75	0.49	1.21	0.05	-0.02	0.05	0.009	1.03	2.18	
11	5	0.5	23	SM	14.7	17	15.21	20.79	0.73	2.7	2.41	1.05	89.50	46.34	1.48	0.75	1	0.85	1.1	23.85	27.37	0.96	0.40	0.27	0.32	Licuable	Licuable	Licuable	0.81	0.19	7.50	0.72	0.72	0.07	0.08	0.05	0.011	1.15	1.15	
12	5.5	0.5	39	SM	14.7	17	15.21	20.79	0.73	2.7	2.41	1.05	98.00	49.93	1.42	0.75	1	0.85	1.1	38.95	43.17	0.96	0.40	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
13	6	0.5	39	SM	14.7	17	15.21	20.79	0.73	2.7	2.41	1.05	106.50	53.53	1.38	0.75	1	0.85	1.1	37.62	41.78	0.95	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
14	6.5	0.5	100	GC-GM	16	18	22.63	23.25	0.97	4.2	2.77	1.05	115.50	57.62	1.33	0.75	1	0.95	1.1	103.92	112.30	0.95	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
15	7	0.5	100	GC-GM	16	18	22.63	23.25	0.97	4.2	2.77	1.05	124.50	61.72	1.28	0.75	1	0.95	1.1	100.41	108.60	0.95	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
16	7.5	0.5	100	GC-GM	16	18	22.63	23.25	0.97	5.2	2.77	1.05	133.50	65.81	1.24	0.75	1	0.95	1.1	97.24	105.26	0.94	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
17	8	0.5	100	GC-GM	16	18	22.63	23.25	0.97	6.2	2.77	1.05	142.50	69.91	1.20	0.75	1	0.95	1.1	94.35	102.21	0.94	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
18	8.5	0.5	100	GC-GM	16	18	22.63	23.25	0.97	7.2	2.77	1.05	151.50	74.00	1.17	0.75	1	0.95	1.1	91.70	99.42	0.93	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
19	9	0.5	100	SM	49.1	17	22.69	29.6	0.77	3.7	5.00	1.20	160.00	77.60	1.14	0.75	1	0.95	1.1	89.55	112.46	0.93	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
20	9.5	0.5	100	SM	49.1	17	22.69	29.6	0.77	3.7	5.00	1.20	168.50	81.19	1.12	0.75	1	0.95	1.1	87.54	110.05	0.93	0.41	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00
21	10	0	100	SM	49.1	17	22.69	29.6	0.77	3.7	5.00	1.20	168.50	76.29	1.15	0.75	1	1	1.1	95.07	119.08	0.91	0.43	2.00	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00				0.00						0.00	0.00

RESULTADOS-GRÁFICAS  
PT7-3





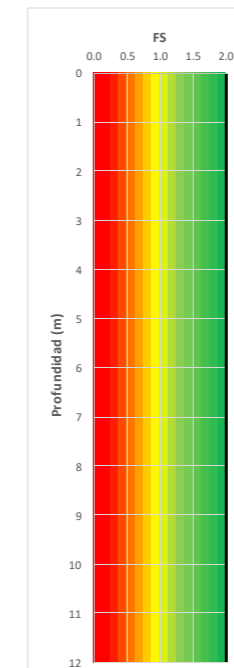
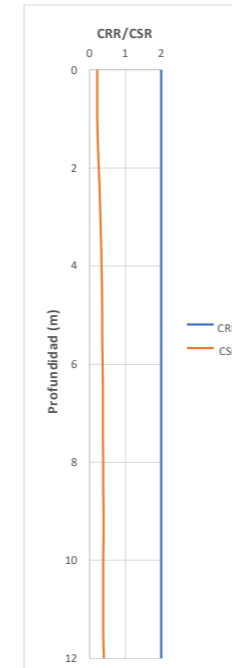
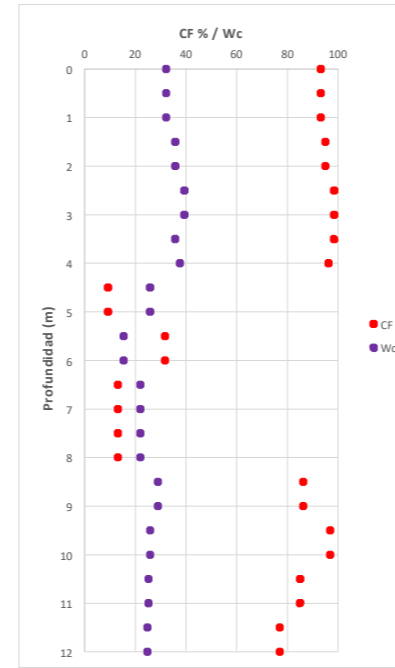
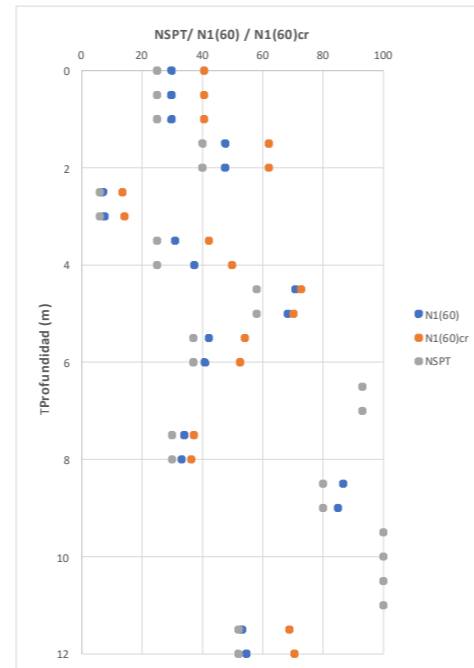
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN  
MÉTODO DE YOUO

DATOS	
Ensayo	PT8-2
Nivel freático	1.2 m
D perforacion	75 mm
Aceleracion máxima	0.325
Magnitud Sismo	7
Tipo de Martillo	Safety
MSF	1.19
Muestreo	Sin muestreadores

Muestra	Profundidad m	AH m	Nspt	UCSC	Contenido de Finos	Peso Especifico	Wc	LL	Wc/LL	IP	alpha	beta	Esfuerzo total kN/m2	Esfuerzo efectivo kN/m2	Cn	Ce	Cb	Cr	Cs	N1-60	N1-60 cr	Rd	CSR	CRR	CRR <sub>corr</sub>	Evaluacion IP	Evaluación NF	Evaluación N1(60)	FS
1	0	0.5	25	MH	93.2	16	32.2	51.5	0.6252	21.4	5.00	1.20	8.00	8.00	1.60	0.9	1	0.75	1.1	29.70	40.64	1.00	0.22	0.45	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00
2	0.5	0.5	25	MH	93.2	16	32.2	51.5	0.6252	22.4	5.00	1.20	16.00	16.00	1.60	0.9	1	0.75	1.1	29.70	40.64	1.00	0.21	0.45	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00
3	1	0.5	25	MH	93.2	16	32.2	51.5	0.6252	23.4	5.00	1.20	24.00	24.00	1.60	0.9	1	0.75	1.1	29.70	40.64	0.99	0.21	0.45	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00
4	1.5	0.5	40	CH	94.9	16	35.8	54.8	0.6533	27.1	5.00	1.20	32.00	29.06	1.60	0.9	1	0.75	1.1	47.52	62.02	0.99	0.23	0.27	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
5	2	0.5	40	CH	94.9	16	35.8	54.8	0.6533	28.1	5.00	1.20	40.00	32.15	1.60	0.9	1	0.75	1.1	47.52	62.02	0.98	0.26	0.27	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
6	2.5	0.5	6	MH	98.4	16	39.3	67.3	0.5840	34.3	5.00	1.20	48.00	35.25	1.60	0.9	1	0.75	1.1	7.13	13.55	0.98	0.29	0.09	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
7	3	0.5	6	MH	98.4	16	39.3	67.3	0.5840	35.3	5.00	1.20	56.00	38.34	1.60	0.9	1	0.8	1.1	7.60	14.12	0.98	0.31	0.09	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
8	3.5	0.5	25	CH	98.4	16	35.7	54.5	0.6550	32.8	5.00	1.20	64.00	41.44	1.56	0.9	1	0.8	1.1	30.96	42.15	0.97	0.32	0.55	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
9	4	0.5	25	CH	96.2	16	37.6	65.7	0.5723	33.4	5.00	1.20	72.00	44.53	1.51	0.9	1	1	1.1	37.33	49.79	0.97	0.34	-0.03	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
10	4.5	0.5	58	SW/SP-SM	9.3	17	25.8				0.65	1.02	80.50	48.13	1.45	0.9	1	0.85	1.1	70.81	72.76	0.97	0.35	0.49	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
11	5	0.5	58	SW/SP-SM	9.3	17	25.8				0.65	1.02	89.00	51.72	1.40	0.9	1	0.85	1.1	68.30	70.20	0.96	0.36	0.47	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
12	5.5	0.5	37	SC	31.7	17	15.4	31.8	0.4843	13.1	4.81	1.17	97.50	55.32	1.35	0.9	1	0.85	1.1	42.13	54.04	0.96	0.36	0.18	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
13	6	0.5	37	SC	31.7	17	15.4	31.8	0.4843	14.1	4.81	1.17	106.00	58.91	1.31	0.9	1	0.85	1.1	40.83	52.52	0.95	0.37	0.15	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
14	6.5	0.5	93	SM	13.1	17	21.9				1.92	1.04	114.50	62.51	1.27	0.9	1	0.95	1.1	111.35	117.43	0.95	0.37	0.81	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
15	7	0.5	93	SM	13.1	17	21.9				1.92	1.04	123.00	66.10	1.24	0.9	1	0.95	1.1	108.28	114.25	0.95	0.38	0.78	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
16	7.5	0.5	30	SM	13.1	17	21.9				1.92	1.04	131.50	69.70	1.21	0.9	1	0.95	1.1	34.02	37.21	0.94	0.38	-63.98	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
17	8	0.5	30	SM	13.1	17	21.9				1.92	1.04	140.00	73.29	1.18	0.9	1	0.95	1.1	33.17	36.33	0.94	0.39	1.45	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
18	8.5	0.5	80	MH	86.2	16	28.9	60.8	0.4753	21.7	5.00	1.20	148.00	76.39	1.15	0.9	1	0.95	1.1	86.65	108.97	0.93	0.39	0.62	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
19	9	0.5	80	MH	86.2	16	28.9	60.8	0.4753	22.7	5.00	1.20	156.00	79.48	1.13	0.9	1	0.95	1.1	84.94	106.93	0.93	0.39	0.60	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
20	9.5	0.5	100	MH	96.8	16	25.9	56.7	0.4568	20.9	5.00	1.20	164.00	82.58	1.11	0.9	1	0.95	1.1	104.17	130.00	0.93	0.40	0.75	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
21	10	0.5	100	MH	96.8	16	25.9	56.7	0.4568	21.9	5.00	1.20	172.00	85.67	1.09	0.9	1	1	1.1	107.65	134.18	0.91	0.39	0.78	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
21	10.5	0.5	100	MH	85	16	25.3	58.5	0.4325	20.3	5.00	1.20	180.00	88.77	1.07	0.9	1	1	1.1	105.76	131.91	0.89	0.39	0.76	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
21	11	0.5	100	MH	85	16	25.3	58.5	0.4325	20.3	5.00	1.20	188.00	91.86	1.05	0.9	1	1	1.1	103.96	129.75	0.88	0.39	0.75	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
21	11.5	0.5	52	ML	77	16	24.7	41.8	0.5909	14.1	5.00	1.20	196.00	94.96	1.03	0.9	1	1	1.1	53.17	68.81	0.87	0.39	0.34	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
21	12	0	52	ML	77	16	24.7	41.8	0.5909	15.1	5.00	1.20	196.00	90.05	1.06	0.9	1	1	1.1	54.60	70.52	0.85	0.40	0.35	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00

RESULTADOS-GRÁFICAS

PT8-2

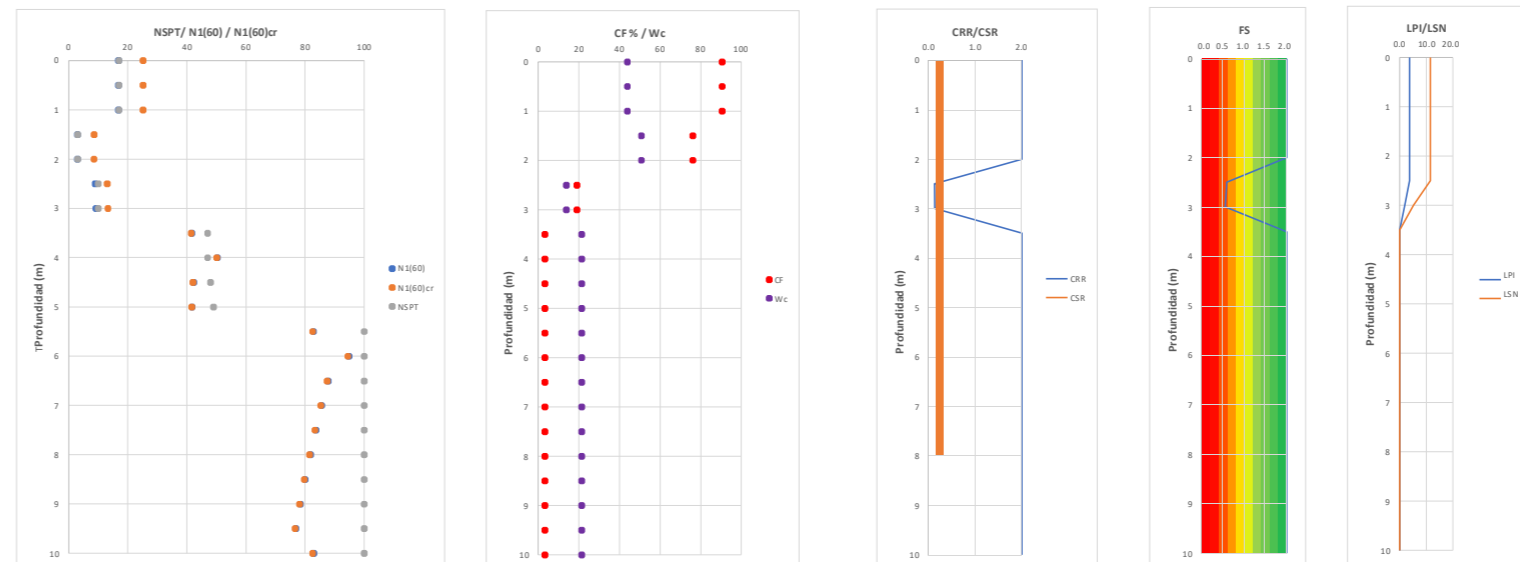


EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN  
MÉTODO DE YOUD

DATOS	
Ensayo	PT10-2
Nivel freático	2.5 m
D perforación	75 mm
Aceleración máxima	0.325
Magnitud Sismo	7
Tipo de Martillo	Donut
MSF	1.19
Muestreo	Sin muestreadores

Muestra	Profundidad m	AH m	Nspt	UCSC	Contenido de Finos	Peso Especifico	Wc	LL	Wc/LL	IP	alpha	beta	Esfuerzo		Cn	Ce	Cb	Cr	Cs	N1-60	N1-60 cr	Rd	CSR	CRR	CRR <sub>corr</sub>	Evaluación P	Evaluación NF	Evaluación N1(60)	FS	F	W(z)	LPI	ZLPI	Ylim	Fo	Ymax	Ev	LSN	ZLSN			
													kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>																												
1	0	0.5	17	MH	90.6	16	43.9	81.6	0.54	41.9	5.00	1.20	8.00	8.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	16.83	25.20	1.00	0.22	0.18	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2												11.54	
2	0.5	0.5	17	MH	90.6	16	43.9	81.6	0.54	42.9	5.00	1.20	16.00	16.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	16.83	25.20	1.00	0.21	0.18	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2												11.54	
3	1	0.5	17	MH	90.6	16	43.9	81.6	0.54	43.9	5.00	1.20	24.00	24.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	16.83	25.20	0.99	0.21	0.18	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2												11.54	
4	1.5	0.5	3	MH	76.1	16	50.8	54.6	0.93	23.2	5.00	1.20	32.00	32.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	2.97	8.56	0.99	0.21	0.06	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2												11.54	
5	2	0.5	3	MH	76.1	16	50.8	54.6	0.93	24.2	5.00	1.20	40.00	40.00	1.59	0.75	1	0.75	1.1	2.95	8.54	0.98	0.21	0.06	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2												11.54	
6	2.5	0.5	10	SM	19	17	13.8				3.43	1.07	48.50	48.50	1.45	0.75	1	0.75	1.1	8.94	13.03	0.98	0.21	0.10	0.12	Licuable	Licuable	Licuable	0.59	0.41	8.75	1.81	3.72	0.34	0.83	0.34	0.032	6.34	5.21			11.54
7	3	0.5	10	SM	19	17	13.8				3.43	1.07	57.00	57.00	1.39	0.75	1	0.8	1.1	9.20	13.31	0.98	0.23	0.11	0.13	Licuable	Licuable	Licuable	0.55	0.45	8.50	1.91	1.91	0.33	0.82	0.33	0.031	5.21			11.54	
8	3.5	0.5	47	GW/GP	3.3	18	21.4	42.8	0.50	14.1	0.00	1.00	66.00	56.19	1.34	0.75	1	0.8	1.1	41.65	41.48	0.97	0.25	0.17	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2												0.00	
9	4	0.5	47	GW/GP	3.3	18	21.4	43.8	0.49	14.1	0.00	1.00	75.00	60.29	1.30	0.75	1	1	1.1	50.26	50.06	0.97	0.26	0.31	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2												0.00	
10	4.5	0.5	48	GW/GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	14.1	0.00	1.00	84.00	64.38	1.25	0.75	1	0.85	1.1	42.22	42.05	0.97	0.27	0.19	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2												0.00	
11	5	0.5	49	GW/GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	14.1	0.00	1.00	93.00	68.48	1.22	0.75	1	0.85	1.1	41.79	41.63	0.96	0.28	0.18	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2												0.00	
12	5.5	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	15.1	0.00	1.00	102.00	72.57	1.18	0.75	1	0.85	1.1	82.85	82.52	0.96	0.29	0.59	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2												0.00	
13	6	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	16.1	0.00	1.00	111.00	76.67	1.15	0.75	1	1	1.1	94.83	94.45	0.95	0.30	0.68	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2												0.00	
14	6.5	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	17.1	0.00	1.00	120.00	80.76	1.12	0.75	1	0.95	1.1	87.78	87.43	0.95	0.30	0.63	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2												0.00	
15	7	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	18.1	0.00	1.00	129.00	84.86	1.09	0.75	1	0.95	1.1	85.63	85.29	0.95	0.31	0.61	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2													0.00
16	7.5	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	19.1	0.00	1.00	138.00	88.95	1.07	0.75	1	0.95	1.1	83.64	83.30	0.94	0.31	0.59	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2													0.00
17	8	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	20.1	0.00	1.00	147.00	93.05	1.04	0.75	1	0.95	1.1	81.78	81.45	0.94	0.32	0.58	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2													0.00
18	8.5	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	21.1	0.00	1.00	156.00	97.14	1.02	0.75	1	0.95	1.1	80.04	79.72	0.93	0.32	0.57	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2													0.00
19	9	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	22.1	0.00	1.00	165.00	101.24	1.00	0.75	1	0.95	1.1	78.40	78.09	0.93	0.33	0.55	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2													0.00
20	9.5	0.5	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	23.1	0.00	1.00	174.00	105.33	0.98	0.75	1	0.95	1.1	76.86	76.55	0.93	0.33	0.54	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2													0.00
21	10	0	100	GP	3.3	18	21.4	44.8	0.48	24.1	0.00	1.00	174.00	100.43	1.00	0.75	1	1	1.1	82.86	82.53	0.91	0.34	0.59	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2													0.00

RESULTADOS GRÁFICAS  
PT10-2

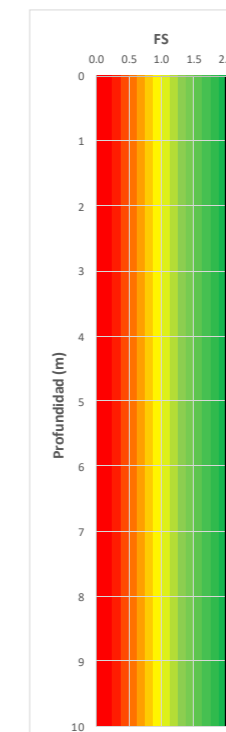
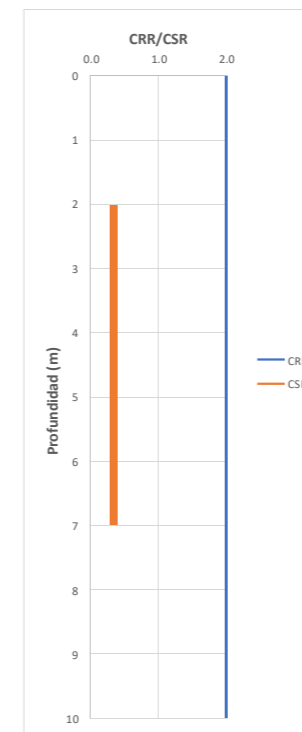
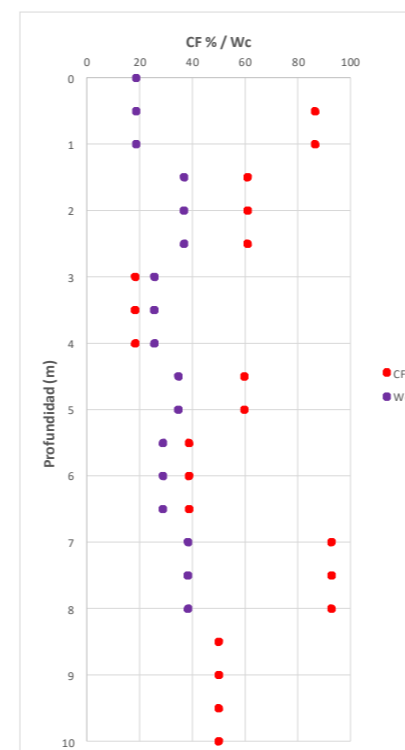
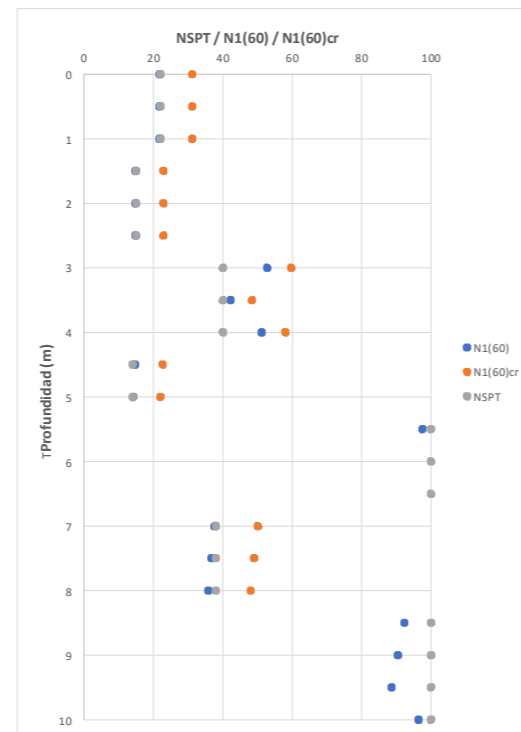


DATOS	
Ensayo	PT10-3
Nivel freático	0.8 m
D perforación	75 mm
Aceleración máxima	0.325
Magnitud Sismo	7
Tipo de Martillo	Donut
MSF	1.19
Muestreo	Sin muestreadores

Muestra	Profundidad m	AH m	Nspt	UCSC	Contenido de Finos	Peso Especifico	Wc	LL	Wc/LL	IP	alpha	beta	Esfuerzo total kN/m <sup>2</sup>	Esfuerzo efectivo kN/m <sup>2</sup>	Cn	Ce	Cb	Cr	Cs	N1-60	N1-60 cr	Rd	CSR	CRR	CRR <sub>corr</sub>	Evaluación IP	Evaluación NF	Evaluación N1(60)	FS
1	0	0.5	22	CH	86.50	16	18.67	51.12	0.36521909	24.8	5.00	1.20	8.00	8.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	21.78	31.14	1.00	0.22	0.24	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2
2	0.5	0.5	22	CH	86.50	16	18.67	51.12	0.36521909	25.8	5.00	1.20	16.00	16.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	21.78	31.14	1.00	0.21	0.24	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2
3	1	0.5	22	CH	86.50	16	18.67	51.12	0.36521909	26.8	5.00	1.20	24.00	22.04	1.60	0.75	1	0.75	1.1	21.78	31.14	0.99	0.23	0.24	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2
4	1.5	0.5	15	ML	60.90	16	36.83	49.03	0.75117275	17.9	5.00	1.20	32.00	25.13	1.60	0.75	1	0.75	1.1	14.85	22.82	0.99	0.27	0.16	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2
5	2	0.5	15	ML	60.90	16	36.83	49.03	0.75117275	18.9	5.00	1.20	40.00	28.23	1.60	0.75	1	0.75	1.1	14.85	22.82	0.98	0.30	0.16	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2
6	2.5	0.5	15	ML	60.90	16	36.83	49.03	0.75117275	19.9	5.00	1.20	48.00	31.32	1.60	0.75	1	0.75	1.1	14.85	22.82	0.98	0.32	0.16	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2
7	3	0.5	40	SM	18.30	17	25.58				3.30	1.07	56.50	34.92	1.60	0.75	1	1	1.1	52.80	59.70	0.98	0.34	0.33	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2
8	3.5	0.5	40	SM	18.30	17	25.58				3.30	1.07	65.00	38.51	1.60	0.75	1	0.8	1.1	42.24	48.42	0.97	0.35	0.19	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2
9	4	0.5	40	SM	18.30	17	25.58				3.30	1.07	73.50	42.11	1.55	0.75	1	1	1.1	51.18	57.98	0.97	0.36	0.32	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2
10	4.5	0.5	14	ML	59.70	16	34.66	49.63	0.69836792	21.5	5.00	1.20	81.50	45.20	1.50	0.75	1	0.85	1.1	14.70	22.64	0.97	0.37	0.16	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2
11	5	0.5	14	ML	59.70	16	34.66	49.63	0.69836792	22.5	5.00	1.20	89.50	48.30	1.45	0.75	1	0.85	1.1	14.22	22.06	0.96	0.38	0.15	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2
12	5.5	0.5	100	GM	38.70	18	28.82	51.06	0.564434	22.1	5.00	1.20	98.50	52.39	1.39	0.75	1	0.85	1.1	97.51	122.01	0.96	0.39	0.70	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2
13	6	0.5	100	GM	38.70	18	28.82	51.06	0.564434	23.1	5.00	1.20	107.50	56.49	1.34	0.75	1	1	1.1	110.48	137.58	0.95	0.39	0.80	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2
14	6.5	0.5	100	GM	38.70	18	28.82	51.06	0.564434	24.1	5.00	1.20	116.50	60.58	1.29	0.75	1	0.95	1.1	101.35	126.62	0.95	0.39	0.73	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2
15	7	0.5	38	MH	92.70	16	38.24	63.39	0.60324972	27.6	5.00	1.20	124.50	63.68	1.26	0.75	1	0.95	1.1	37.56	50.08	0.95	0.40	-0.01	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2
16	7.5	0.5	38	MH	92.70	16	38.24	63.39	0.60324972	27.6	5.00	1.20	132.50	66.77	1.23	0.75	1	0.95	1.1	36.68	49.02	0.94	0.40	-0.11	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2
17	8	0.5	38	MH	92.70	16	38.24	63.39	0.60324972	27.6	5.00	1.20	140.50	69.87	1.20	0.75	1	0.95	1.1	35.86	48.03	0.94	0.41	-0.28	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2
18	8.5	0.5	100	ML	50.00	16					5.00	1.20	148.50	72.96	1.18	0.75	1	0.95	1.1	92.35	115.82	0.93	0.41	0.66	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2
19	9	0.5	100	ML	50.00	16					5.00	1.20	156.50	76.06	1.15	0.75	1	0.95	1.1	90.45	113.54	0.93	0.41	0.65	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2
20	9.5	0.5	100	ML	50.00	16					5.00	1.20	164.50	79.15	1.13	0.75	1	0.95	1.1	88.66	111.40	0.93	0.42	0.63	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2
21	10	0	100	ML	50.00	16					5.00	1.20	164.50	74.25	1.17	0.75	1	1	1.1	96.36	120.64	0.91	0.43	0.69	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2

RESULTADOS-GRÁFICAS

PT10-3



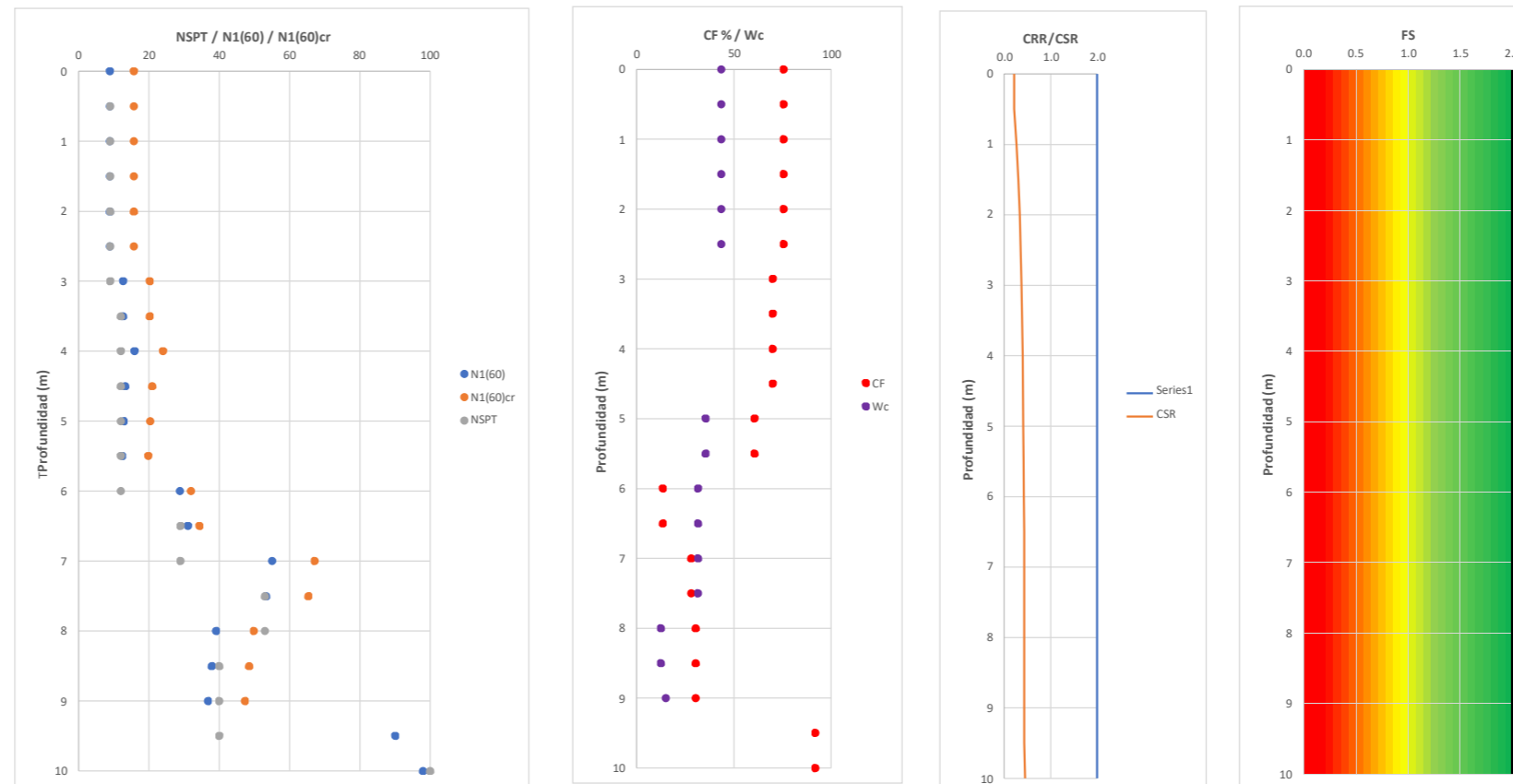


DATOS	
Ensayo	PT11-1
Nivel freático	0.5 m
D perforacion	75 mm
Aceleracion máxima	0.325
Magnitud Sismo	7
Tipo de Martillo	Donut
MSF	1.19
Muestreo	Sin muestreadores

Muestra	Profundidad m	AH m	Nspt	UCSC	Contenido de Finos	Peso Especifico	Wc	LL	Wc/LL	IP	alpha	beta	Esfuerzo total kN/m2	Esfuerzo efectivo kN/m2	Cn	Ce	Cb	Cr	Cs	N1-60	N1-60 cr	Rd	CSR	CRR	CRR <sub>corr</sub>	Evaluacion IP	Evaluación NF	Evaluación N1(60)	FS
1	0	0.5	9	MH	75.6	16	43.49	66.75	0.65	28.4	5.00	1.20	8.00	8.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	8.91	15.69	1.00	0.22	0.10	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00
2	0.5	0.5	9	MH	75.6	16	43.49	66.75	0.65	29.4	5.00	1.20	16.00	16.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	8.91	15.69	1.00	0.21	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
3	1	0.5	9	MH	75.6	16	43.49	66.75	0.65	30.4	5.00	1.20	24.00	19.10	1.60	0.75	1	0.75	1.1	8.91	15.69	0.99	0.27	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
4	1.5	0.5	9	MH	75.6	16	43.49	66.75	0.65	31.4	5.00	1.20	32.00	22.19	1.60	0.75	1	0.75	1.1	8.91	15.69	0.99	0.31	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
5	2	0.5	9	MH	75.6	16	43.49	66.75	0.65	32.4	5.00	1.20	40.00	25.29	1.60	0.75	1	0.75	1.1	8.91	15.69	0.98	0.34	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
6	2.5	0.5	9	MH	75.6	16	43.49	66.75	0.65	32.4	5.00	1.20	48.00	28.38	1.60	0.75	1	0.75	1.1	8.91	15.69	0.98	0.36	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
7	3	0.5	12	CL	70	16					5.00	1.20	56.00	31.48	1.60	0.75	1	0.8	1.1	12.67	20.21	0.98	0.37	0.14	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
8	3.5	0.5	12	CL	70	16					5.00	1.20	64.00	34.57	1.60	0.75	1	0.8	1.1	12.67	20.21	0.97	0.39	0.14	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
9	4	0.5	12	CL	70	16					5.00	1.20	72.00	37.67	1.60	0.75	1	1	1.1	15.84	24.01	0.97	0.40	0.17	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
10	4.5	0.5	12	CL	70	16					5.00	1.20	80.00	40.76	1.58	0.75	1	0.85	1.1	13.27	20.92	0.97	0.41	0.14	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
11	5	0.5	12	ML	60.6	16	35.4	29	1.22	3.2	5.00	1.20	88.00	43.86	1.52	0.75	1	0.85	1.1	12.79	20.35	0.96	0.42	0.14	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
12	5.5	0.5	12	ML	60.6	16	35.4	29	1.22	4.2	5.00	1.20	96.00	46.95	1.47	0.75	1	0.85	1.1	12.36	19.83	0.96	0.42	0.13	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
13	6	0.5	29	SM	13.4	17	31.56	53.51	0.59	15.8	2.02	1.04	104.50	50.55	1.42	0.75	1	0.85	1.1	28.79	31.93	0.95	0.42	0.40	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00
14	6.5	0.5	29	SM	13.4	17	31.56	54.51	0.58	16.8	2.02	1.04	113.00	54.14	1.37	0.75	1	0.95	1.1	31.09	34.32	0.95	0.43	0.57	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
15	7	0.5	53	SM	28	17	31.56	55.51	0.57	17.8	4.56	1.14	121.50	57.74	1.32	0.75	1	0.95	1.1	55.02	67.19	0.95	0.43	0.36	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
16	7.5	0.5	53	SM	28	17	31.56	55.51	0.57	18.8	4.56	1.14	130.00	61.33	1.29	0.75	1	0.95	1.1	53.39	65.32	0.94	0.43	0.34	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
17	8	0.5	40	GC	30.3	18	12.42	34.84	0.36	11.5	4.73	1.16	139.00	65.43	1.24	0.75	1	0.95	1.1	39.01	49.85	0.94	0.43	0.08	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
18	8.5	0.5	40	GC	30.3	18	12.42	34.84	0.36	12.5	4.73	1.16	148.00	69.52	1.21	0.75	1	0.95	1.1	37.84	48.50	0.93	0.43	0.02	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
19	9	0.5	40	GC	30.3	18	15	44.78	0.33	15.3	4.73	1.16	157.00	73.62	1.17	0.75	1	0.95	1.1	36.78	47.27	0.93	0.43	-0.09	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
20	9.5	0.5	100	ML	91.9	16					5.00	1.20	165.00	76.71	1.15	0.75	1	0.95	1.1	90.07	113.08	0.93	0.43	0.64	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00
21	10	0	100	ML	91.9	16					5.00	1.20	165.00	71.81	1.19	0.75	1	1	1.1	97.99	122.59	0.91	0.45	0.71	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00

RESULTADOS-GRÁFICAS

PT11-1





## EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN

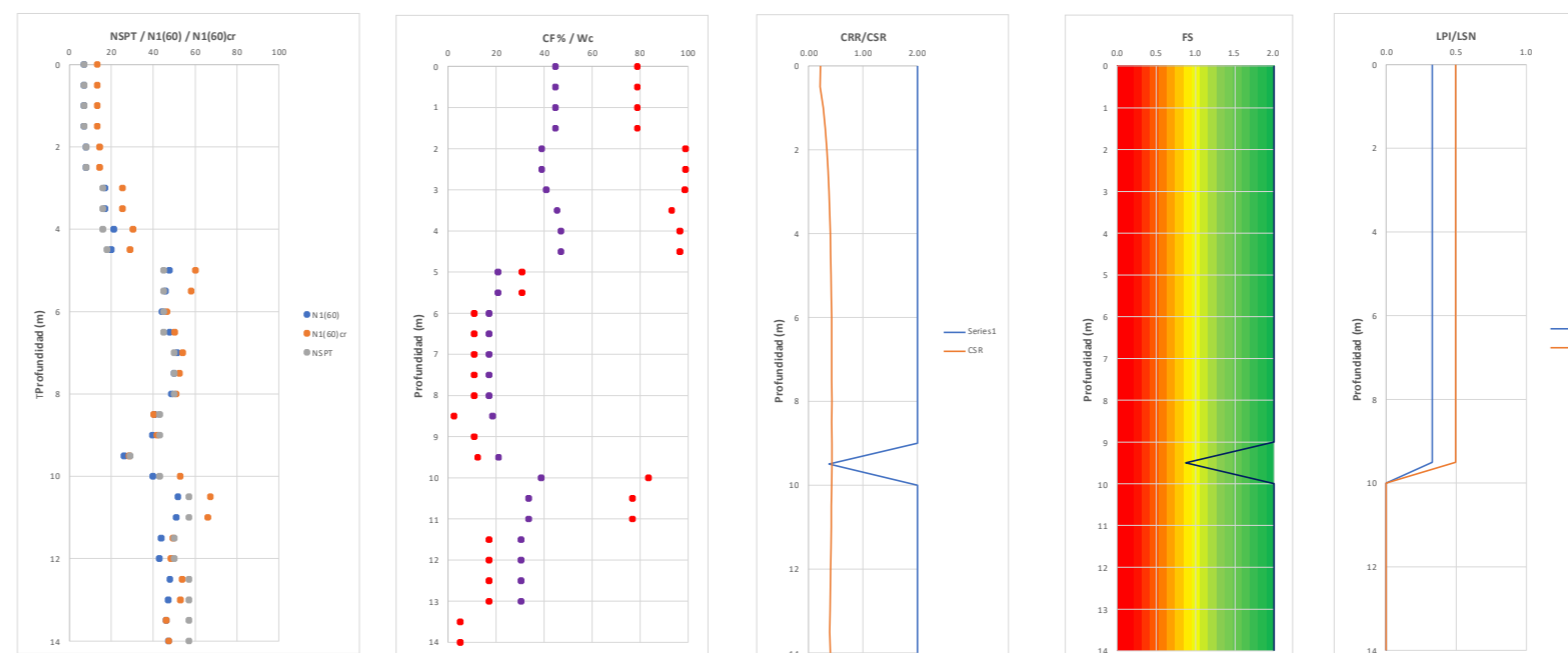
## MÉTODO DE YOUD

DATOS	
Ensayo	PT12-1
Nivel freático	0.5 m
D perforación	75 mm
Aceleración máxima	0.325
Magnitud Sismo	7
Tipo de Martillo	Donut
MSF	1.19
Muestreo	Sin muestreadores

Muestra	Profundidad m	AH m	Nspt	UCSC	Contenido de Finos	Peso Específico	Wc	LL	Wc/LL	IP	alpha	beta	Esfuerzo total		Esfuerzo efectivo		Cn	Ce	Cb	Cr	Cs	N1-60	N1-60 cr	Rd	CSR	CRR	CRR <sub>corr</sub>	Evaluación IP	Evaluación NF	Evaluación N1(60)	FS	F	W(z)	LPI	ELPI	Ylim	Fr	Ymax	Ev	LSN	ZLSN				
													kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>																													
1	0	0.5	7	ML	78.9	16	44.7	46.36	0.96	11.1	5.00	1.20	8.00	8.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	6.93	13.32	1.00	0.22	0.09	2.00	No Licuable	No Licuable	Licuable	2.00											0.33					0.50
2	0.5	0.5	7	ML	78.9	16	44.7	46.36	0.96	12.1	5.00	1.20	16.00	16.00	1.60	0.75	1	0.75	1.1	6.93	13.32	1.00	0.21	0.09	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00											0.33					0.50
3	1	0.5	7	ML	78.9	16	44.7	46.36	0.96	13.1	5.00	1.20	24.00	19.10	1.60	0.75	1	0.75	1.1	6.93	13.32	0.99	0.27	0.09	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00										0.33					0.50	
4	1.5	0.5	7	ML	78.9	16	44.7	46.36	0.96	14.1	5.00	1.20	32.00	22.19	1.60	0.75	1	0.75	1.1	6.93	13.32	0.99	0.31	0.09	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00									0.33					0.50		
5	2	0.5	8	MH	99	16	39	53.79	0.73	22.7	5.00	1.20	40.00	25.29	1.60	0.75	1	0.75	1.1	7.92	14.50	0.98	0.34	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00								0.33					0.50			
6	2.5	0.5	8	MH	99	16	39	53.79	0.73	23.7	5.00	1.20	48.00	28.38	1.60	0.75	1	0.75	1.1	7.92	14.50	0.98	0.36	0.10	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00								0.33					0.50			
7	3	0.5	16	MH	98.7	16	40.9	53.9	0.76	21.2	5.00	1.20	56.00	31.48	1.60	0.75	1	0.8	1.1	16.90	25.28	0.98	0.37	0.18	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00								0.33					0.50			
8	3.5	0.5	16	MH	93.2	16	45.35	73.98	0.61	33.2	5.00	1.20	64.00	34.57	1.60	0.75	1	0.8	1.1	16.90	25.28	0.97	0.39	0.18	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00							0.33					0.50				
9	4	0.5	16	MH	96.6	16	47	77.8	0.60	42.1	5.00	1.20	72.00	37.67	1.60	0.75	1	1	1.1	21.12	30.34	0.97	0.40	0.23	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00							0.33					0.50				
10	4.5	0.5	18	MH	96.6	16	47	77.8	0.60	43.1	5.00	1.20	80.00	40.76	1.58	0.75	1	0.85	1.1	19.90	28.88	0.97	0.41	0.21	2.00	No Licuable	Licuable	Licuable	2.00							0.33					0.50				
11	5	0.5	45	SM	30.8	17	20.78	25.71	0.81	5.5	4.76	1.16	88.50	44.36	1.51	0.75	1	0.85	1.1	47.69	60.12	0.96	0.41	0.28	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
12	5.5	0.5	45	SC-SM	30.8	17	20.78	25.71	0.81	6.5	4.76	1.16	97.00	47.95	1.45	0.75	1	0.85	1.1	45.87	58.01	0.96	0.42	0.25	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
13	6	0.5	45	SW-SP-SM	10.9	17	17.04	22.45	0.76	2.2	1.17	1.03	105.50	51.55	1.40	0.75	1	0.85	1.1	44.24	46.96	0.95	0.42	0.23	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
14	6.5	0.5	45	SW-SP-SM	10.9	17	17.04	22.45	0.76	3.2	1.17	1.03	114.00	55.14	1.36	0.75	1	0.95	1.1	47.80	50.22	0.95	0.42	0.28	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
15	7	0.5	50	SW-SP-SM	10.9	17	17.04	22.45	0.76	4.2	1.17	1.03	122.50	58.74	1.31	0.75	1	0.95	1.1	51.46	53.98	0.95	0.42	0.32	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
16	7.5	0.5	50	SW-SP-SM	10.9	17	17.04	22.45	0.76	5.2	1.17	1.03	131.00	62.33	1.27	0.75	1	0.95	1.1	49.98	52.43	0.94	0.42	0.30	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
17	8	0.5	50	SW-SP-SM	10.9	17	17.04	22.45	0.76	6.2	1.17	1.03	139.50	65.93	1.24	0.75	1	0.95	1.1	48.58	51.01	0.94	0.42	0.29	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
18	8.5	0.5	43	GW-GP	2.4	18	18.51			0.00	0.99		148.50	70.02	1.20	0.75	1	0.95	1.1	40.54	40.28	0.93	0.42	0.14	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
19	9	0.5	43	SW-SP-SM	10.9	17				1.17	1.03		157.00	73.62	1.17	0.75	1	0.95	1.1	39.53	41.74	0.93	0.42	0.11	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.33					0.50				
20	9.5	0.5	29	SM	12.3	17	21			1.66	1.03		165.50	77.21	1.15	0.75	1	0.95	1.1	26.03	28.55	0.93	0.42	0.11	0.37	Licuable	Licuable	Licuable	0.88	0.12	5.25	0.33	0.33	0.06	0.0	0.0	0.009	0.54		0.50					
21	10	0.5	43	MH	83.5	16	38.81	53.55	0.72	21.5	5.00	1.20	173.50	80.31	1.12	0.75	1	1	1.1	39.84	52.81	0.93	0.42	0.12	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	10.5	0.5	57	ML	76.8	16	33.56	44.7	0.75	14.1	5.00	1.20	181.50	83.40	1.10	0.75	1	1	1.1	51.83	67.19	0.88	0.42	0.32	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	11	0.5	57	ML	76.8	16	33.56	44.7	0.75	15.1	5.00	1.20	189.50	86.50	1.08	0.75	1	1	1.1	50.89	66.07	0.88	0.42	0.31	2.00	No Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	11.5	0.5	50	SM	17	17	30.39			3.01	1.06		198.00	90.09	1.06	0.75	1	1	1.1	43.74	49.38	0.87	0.42	0.22	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	12	0.5	50	SM	17	17	30.39			3.01	1.06		206.50	93.69	1.04	0.75	1	1	1.1	42.89	48.48	0.85	0.42	0.20	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	12.5	0.5	57	SM	17	17	30.39			3.01	1.06		215.00	97.28	1.02	0.75	1	1	1.1	47.99	53.88	0.84	0.42	0.28	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	13	0.5	57	SM	17	17	30.39			3.01	1.06		223.50	100.88	1.00	0.75	1	1	1.1	47.12	52.97	0.83	0.35	0.27	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	13.5	0.5	57	GM	5	18				0.00	1.00		232.50	104.97	0.98	0.75	1	1	1.1	46.20	46.25	0.81	0.35	0.26	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				
21	14	0	57	GM	5	18				0.00	1.00		232.50	100.07	1.01	0.75	1	1	1.1	47.31	47.37	0.80	0.42	0.27	2.00	Licuable	Licuable	No Licuable	2.00							0.00					0.00				

## RESULTADOS-GRÁFICAS

PT12-1







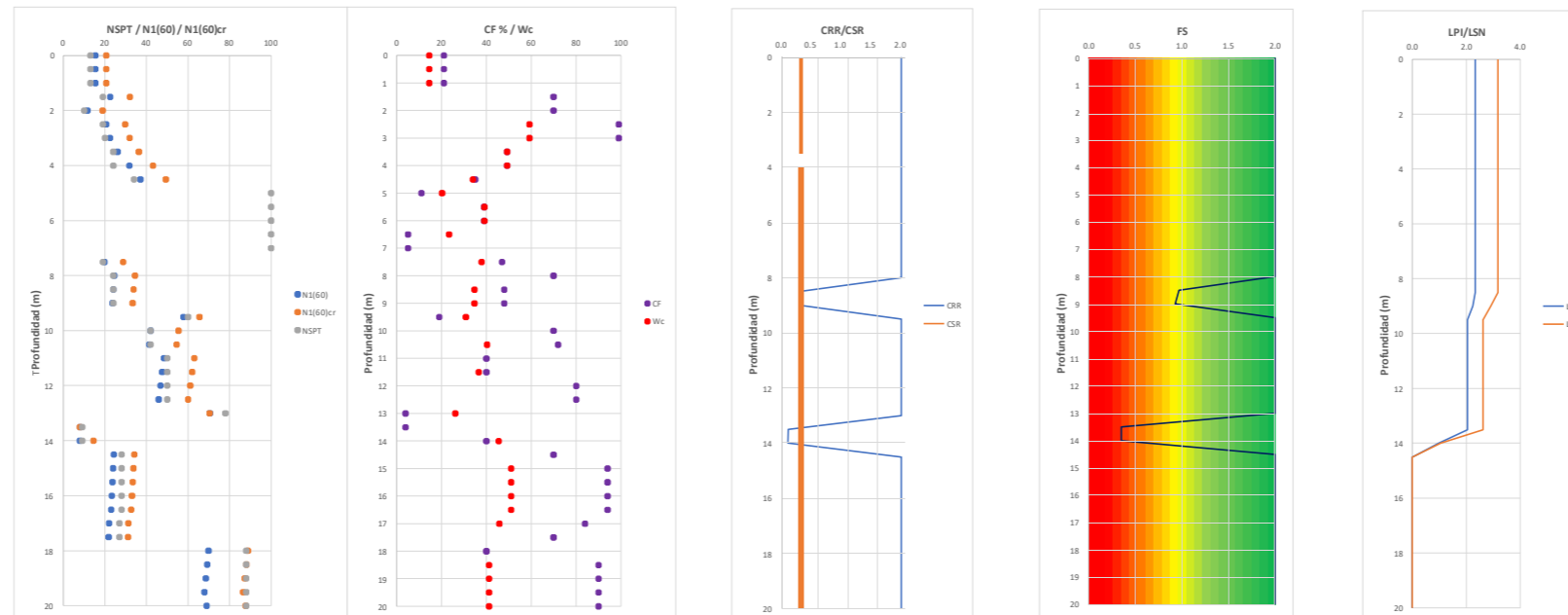
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN  
MÉTODO DE YOUD

Table with 2 columns: 'Ensayo' and 'PPE-17'. Rows include: Nivel freático (2.3 m), D perforación (75 mm), Aceleración máxima (0.325), Magnitud Sismo (7), Tipo de Martillo (Safety), MSF (1.19), Muestreo (Sin muestreadores).

Main data table with columns: Muestra, Profundidad (m), AH (m), Nspst, UCSC, Contenido de Finos, Peso Especifico, Wc, LL, Wc/LL, IP, alpha, beta, Esfuerzo total (kN/m2), Esfuerzo efectivo (kN/m2), Cn, Ce, Cb, Cr, Cs, N1-60, N1-60 cr, Rd, CSR, CRR, CRRcur, Evaluación IP, Evaluación NF, Evaluación N1(60), FS, F, W(z), LPI, LPII, Ylim, Fa, Ymax, Ev, LSN, LSNL.

RESULTADOS-GRÁFICAS

PPE-17



**ANEXO II**  
**Método de Idriss y Boulanger**

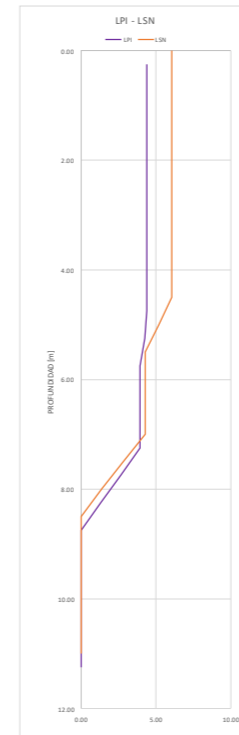
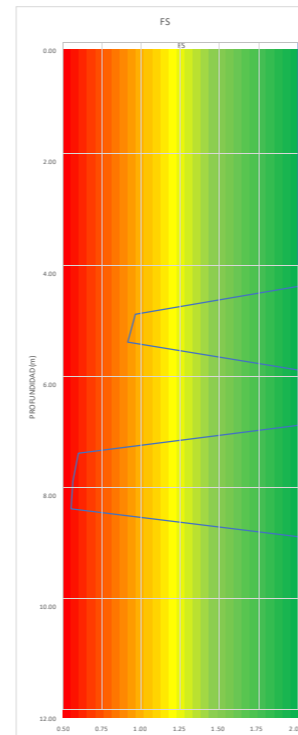
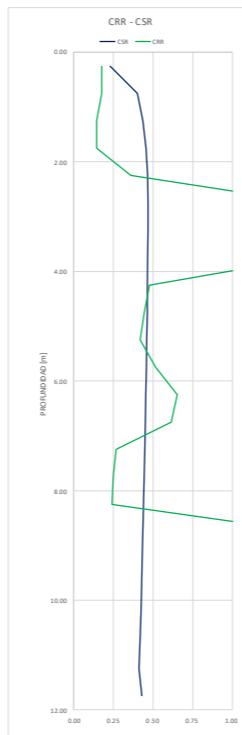
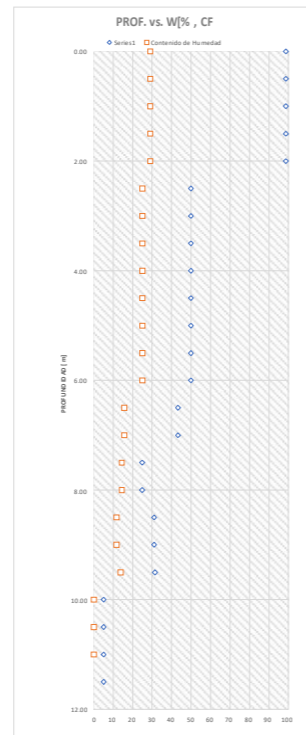
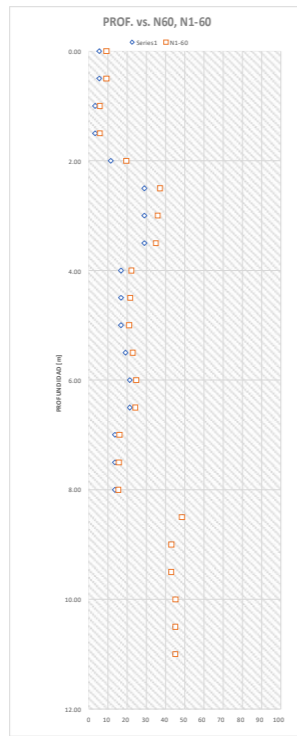


ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACION

Table with columns for sample number, depth, soil type, and various geotechnical parameters including shear strength, consolidation, and liquefaction resistance.

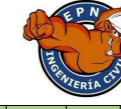






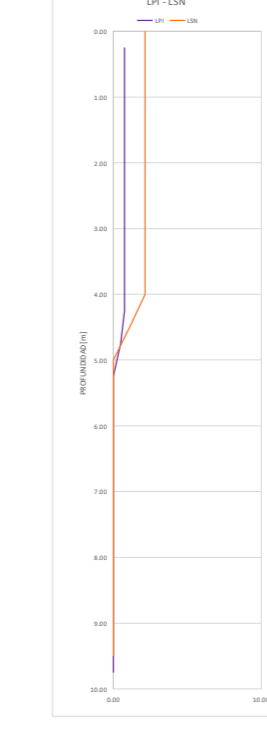
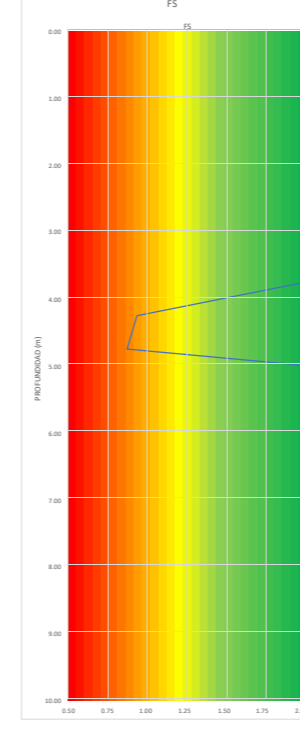
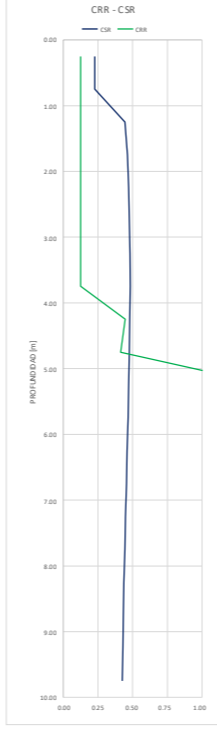
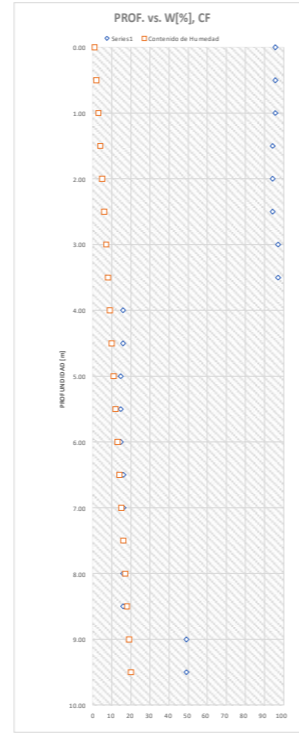
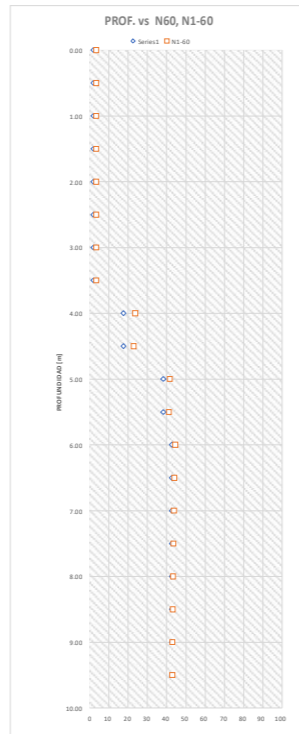
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACION

Table with columns: No de muestra, Prof. [m], Jm, Mid. depth, Nopt, USCS, SW, Evaluación Nf, IP, Evaluación Pf, CF [%], H Terrenio [m], Densidad [kN/m3], Ar [kN/m2], sv [kN/m2], sv + Ar [kN/m2], sv' sin Conf. [kN/m2], sv' Conf. [kN/m2], Ca, Cb, Cc, Cd, A(N)/B, Cc, Cc(N)/C, N60, N1-60, Alfa, Beta, N1-60 cr, MSFmax, MSF, Kc, Cc, Ni, CSRmax, CSRmin, FS, Fmax, Criterio, CSRmax, CSRmin, FS, Criterio, f(k), w(v), LPI, ZLP, Fd, Wm, Wmax, LDI, ZLD, cr, LDM, ZSD, % [kN/m2], % [kN/m2], % [kN/m2], % prom.







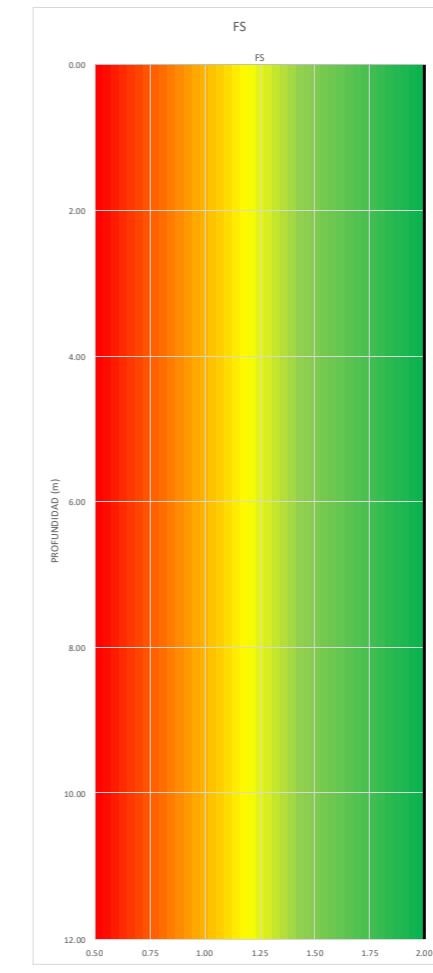
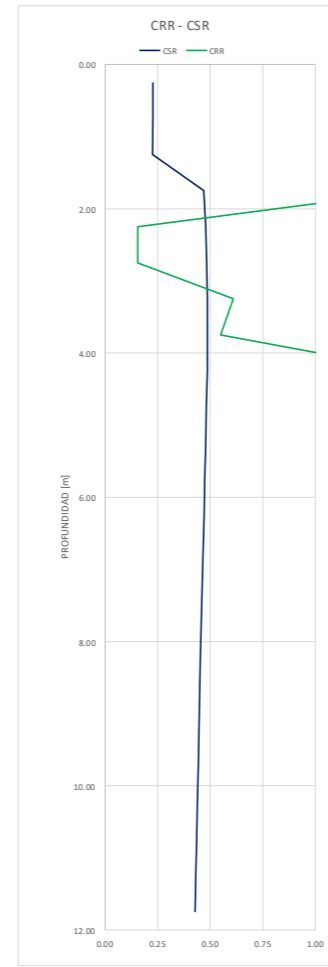
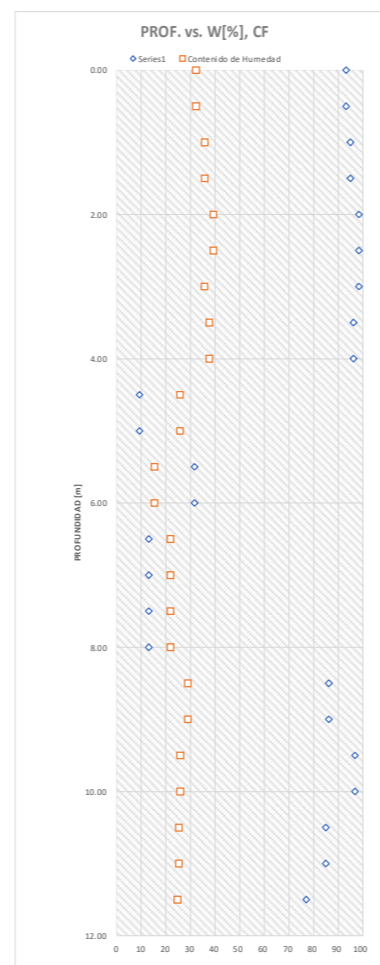
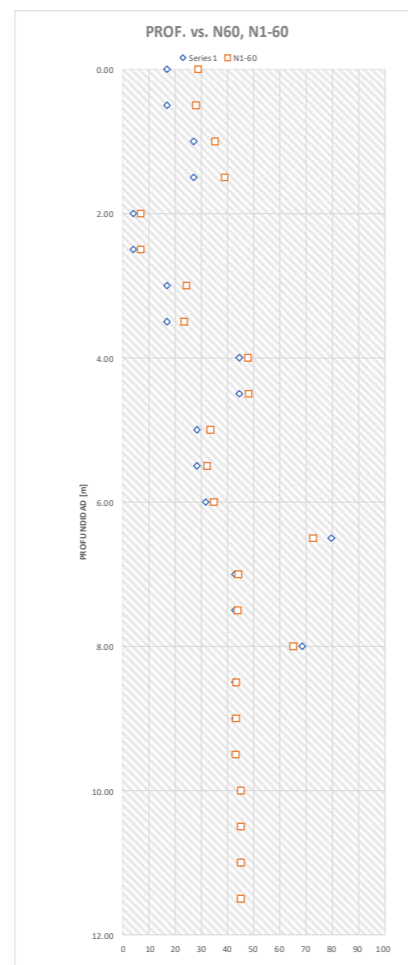
# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

### CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN



N muestra	Prof. [m]	ΔH	Mid. depth	N <sub>sp</sub>	USCS	%W	Evaluación NF	IP	Evaluación IP	CF [%]	H Terraplen [m]	Densidad [kN/m <sup>3</sup> ]	Δσ [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>v</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>v</sub> + Δσ [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>v</sub> Sin Conf. [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>v</sub> Conf. [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>e</sub>	C <sub>b</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>s</sub>	Δ(N1)60	C <sub>n</sub>	C <sub>n</sub> [ter]	N60	N1-60	Alfa	Beta	N1-60 cr	MSF <sub>cr</sub>	MSF	K <sub>c</sub>	C <sub>c</sub>	R <sub>d</sub>	CSR <sub>cr</sub>	CRR <sub>cr</sub>	FS	FS <sub>cr</sub>	Criterio	CSR <sub>norm</sub>	CRR <sub>norm</sub>	FS	Criterio
1	0.00	0.50	0.25	25	ML	32	No Licuable	22.4	No licuable	93.2	0	19	0	8.00	8.00	8.00	8.00	0.75	1	0.75	1.2	5.51	1.70	1.97	17	29	0.006	-0.0002	34	2.20	1.21	1.10	0.25	1.000	0.23	1.26	2.00	2.00	No Licuable	0.17	0.94	2.00	No Licuable
2	0.50	0.50	0.75	25	ML	32	No Licuable	22.4	No licuable	93.2	0	19	0	16.00	16.00	16.00	16.00	0.75	1	0.75	1.2	5.51	1.65	1.65	17	28	-0.016	0.0022	33	2.20	1.21	1.10	0.24	1.000	0.23	1.08	2.00	2.00	No Licuable	0.17	0.81	2.00	No Licuable
3	1.00	0.50	1.25	40	ML	36	Licuable	27.1	No licuable	94.9	0	19	0	24.50	24.50	24.50	24.50	0.75	1	0.75	1.2	5.50	1.30	1.30	27	35	-0.039	0.0048	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.995	0.23	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.17	1.11	2.00	No Licuable
4	1.50	0.50	1.75	40	ML	36	Licuable	27.1	No licuable	94.9	0	19	0	33.00	33.00	15.84	15.84	0.75	1	0.75	1.2	5.50	1.44	1.44	27	39	-0.064	0.0076	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.989	0.47	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
5	2.00	0.50	2.25	6	ML	39	Licuable	34.3	No licuable	98.4	0	19	0	41.50	41.50	19.44	19.44	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	2.15	4	7	-0.091	0.0106	12	1.24	1.04	1.10	0.10	0.984	0.48	0.16	2.00	2.00	No Licuable	0.42	0.14	2.00	No Licuable
6	2.50	0.50	2.75	6	ML	39	Licuable	34.3	No licuable	98.4	0	19	0	50.00	50.00	23.03	23.03	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	2.00	4	7	-0.119	0.0138	12	1.24	1.04	1.10	0.10	0.978	0.48	0.16	2.00	2.00	No Licuable	0.42	0.14	2.00	No Licuable
7	3.00	0.50	3.25	25	ML	36	Licuable	33.8	No licuable	98.4	0	19	0	58.50	58.50	26.63	26.63	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.44	1.44	17	24	-0.149	0.0171	30	1.99	1.17	1.10	0.20	0.971	0.49	0.61	2.00	2.00	No Licuable	0.38	0.47	2.00	No Licuable
8	3.50	0.50	3.75	25	ML	38	Licuable	33.4	No licuable	96.2	0	19	0	67.00	67.00	30.23	30.23	0.75	1	0.75	1.2	5.50	1.39	1.39	17	23	-0.181	0.0206	29	1.94	1.17	1.10	0.19	0.964	0.49	0.55	2.00	2.00	No Licuable	0.38	0.43	2.00	No Licuable
9	4.00	0.50	4.25	58	ML	38	Licuable	33.4	No licuable	96.2	0	19	0	75.50	75.50	33.82	33.82	0.75	1	0.85	1.2	5.50	1.08	1.08	44	48	-0.214	0.0243	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.957	0.49	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.36	1.11	2.00	No Licuable
10	4.50	0.50	4.75	58	SM	26	Licuable	0	Licuable	9.3	0	19	0	84.50	84.50	37.92	37.92	0.75	1	0.85	1.2	0.84	1.08	1.08	44	48	-0.248	0.0282	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.950	0.48	1.48	3.07	3.07	No Licuable	0.36	1.11	3.07	No Licuable
11	5.00	0.50	5.25	37	SM	26	Licuable	0	Licuable	9.3	0	19	0	93.50	93.50	42.02	42.02	0.75	1	0.85	1.2	0.84	1.18	1.18	28	33	-0.282	0.0322	34	2.20	1.21	1.10	0.25	0.943	0.48	1.27	2.65	2.65	No Licuable	0.36	0.95	2.65	No Licuable
12	5.50	0.50	5.75	37	SM	15	Licuable	13.1	No licuable	31.7	0	19	0	102.50	102.50	46.12	46.12	0.75	1	0.85	1.2	5.42	1.14	1.14	28	32	-0.322	0.0363	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.935	0.47	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
13	6.00	0.50	6.25	37	ML	15	Licuable	13.1	No licuable	31.7	0	19	0	111.00	111.00	49.71	49.71	0.75	1	0.95	1.2	5.42	1.10	1.10	32	35	-0.360	0.0406	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.927	0.47	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
14	6.50	0.50	6.75	93	SM	22	Licuable	0	Licuable	13.1	0	19	0	120.00	120.00	53.81	53.81	0.75	1	0.95	1.2	2.55	0.91	0.91	80	73	-0.400	0.0451	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.919	0.47	1.48	3.17	3.17	No Licuable	0.35	1.11	3.17	No Licuable
15	7.00	0.50	7.25	50	SM	22	Licuable	0	Licuable	13.1	0	19	0	129.00	129.00	57.91	57.91	0.75	1	0.95	1.2	2.55	1.03	1.03	43	44	-0.441	0.0496	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.911	0.46	1.48	3.20	3.20	No Licuable	0.35	1.11	3.20	No Licuable
16	7.50	0.50	7.75	50	SM	22	Licuable	0	Licuable	13.1	0	19	0	138.00	138.00	62.00	62.00	0.75	1	0.95	1.2	2.55	1.02	1.02	43	44	-0.483	0.0542	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.902	0.46	1.48	3.23	3.23	No Licuable	0.34	1.11	3.23	No Licuable
17	8.00	0.50	8.25	80	SM	22	Licuable	0	Licuable	13.1	0	19	0	147.00	147.00	66.10	66.10	0.75	1	0.95	1.2	2.55	0.95	0.95	68	65	-0.525	0.0590	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.894	0.45	1.48	3.27	3.27	No Licuable	0.34	1.11	3.27	No Licuable
18	8.50	0.50	8.75	50	ML	29	Licuable	21.7	No licuable	86.2	0	19	0	155.50	155.50	69.70	69.70	0.75	1	0.95	1.2	5.53	1.01	1.01	43	43	-0.569	0.0638	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.885	0.45	1.47	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
19	9.00	0.50	9.25	50	ML	29	Licuable	21.7	No licuable	86.2	0	19	0	164.00	164.00	73.29	73.29	0.75	1	0.95	1.2	5.53	1.01	1.01	43	43	-0.614	0.0688	35	2.20	1.21	1.08	0.26	0.876	0.45	1.46	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
20	9.50	0.50	9.75	50	ML	26	Licuable	20.9	No licuable	96.8	0	19	0	172.50	172.50	76.89	76.89	0.75	1	0.95	1.2	5.50	1.01	1.01	43	43	-0.659	0.0738	35	2.20	1.21	1.07	0.26	0.867	0.44	1.44	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
21	10.00	0.50	10.25	50	ML	26	Licuable	20.9	No licuable	96.8	0	19	0	181.00	181.00	80.49	80.49	0.75	1	1	1.2	5.50	1.00	1.00	45	45	-0.705	0.0788	35	2.20	1.21	1.06	0.26	0.858	0.44	1.42	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
22	10.50	0.50	10.75	50	ML	25	Licuable	20.3	No licuable	85	0	19	0	189.50	189.50	84.09	84.09	0.75	1	1	1.2	5.53	1.00	1.00	45	45	-0.751	0.0839	35	2.20	1.21	1.05	0.26	0.849	0.44	1.41	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
23	11.00	0.50	11.25	50	ML	25	Licuable	20.3	No licuable	85	0	19	0	198.00	198.00	87.68	87.68	0.75	1	1	1.2	5.53	1.00	1.00	45	45	-0.798	0.0891	35	2.20	1.21	1.04	0.26	0.840	0.43	1.39	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
24	11.50	0.50	11.75	50	ML	25	Licuable	14.1	No licuable	77	0	19	0	206.50	206.50	91.28	91.28	0.75	1	1	1.2	5.55	1.00	1.00	45	45	-0.845	0.0943	35	2.20	1.21	1.03	0.26	0.831	0.43	1.38	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
25	12.00																																										





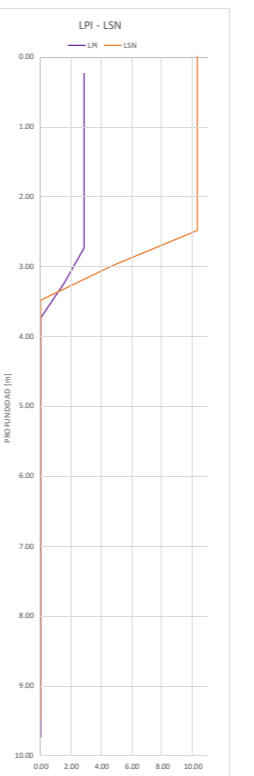
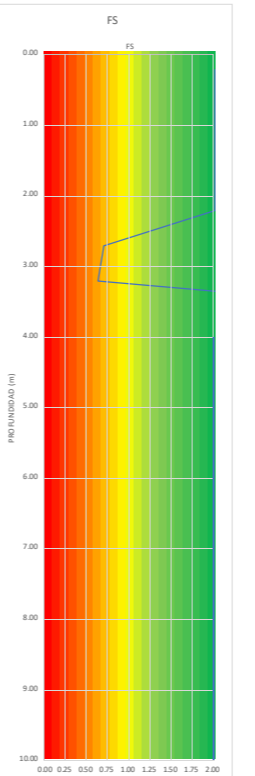
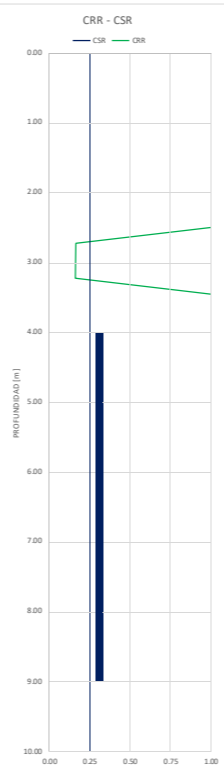
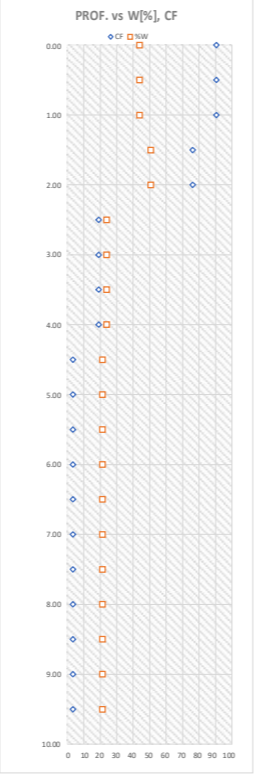
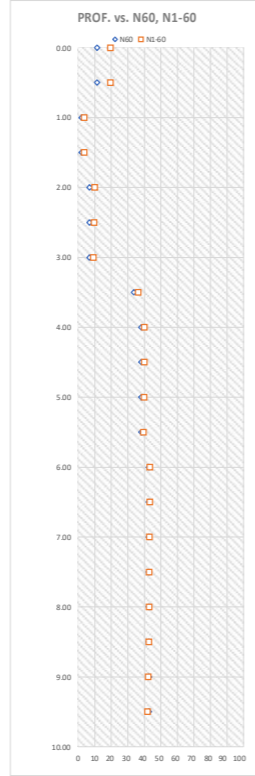
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN



Table with columns: Nº de muestra, Prof. [m], Silt, Mtd. deph, Napt, USCS, Nw, Evaluación NF, IP, Evaluación IP, CF [%], av [kN/m2], av' [kN/m2], Co, Cb, Cr, Cs, sN380, Cn, Cn(ten), N60, N1-60, Alfa, Beta, N60-cr, MSFmax, MSF, Ks, Cc, Cd, Rd, CSRmax, CSRmin, CSRuniforme, FS, FSpw, Criterio, CSRmax, CSRmin, FS, Criterio, F(i), w(i), LPI, ZLPI, Fa, Ymax, Ymin, LDI, ZLDI, kv, LSN, ZLSN, Kramer, IDRS, OLSON, Ss, Ss, Ss, Ss, prom.





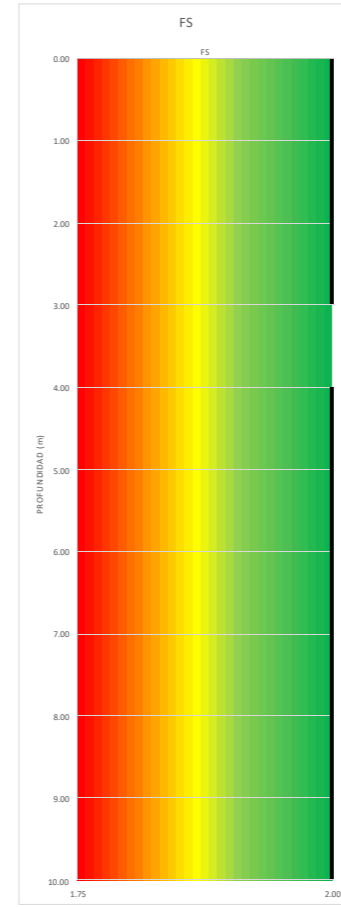
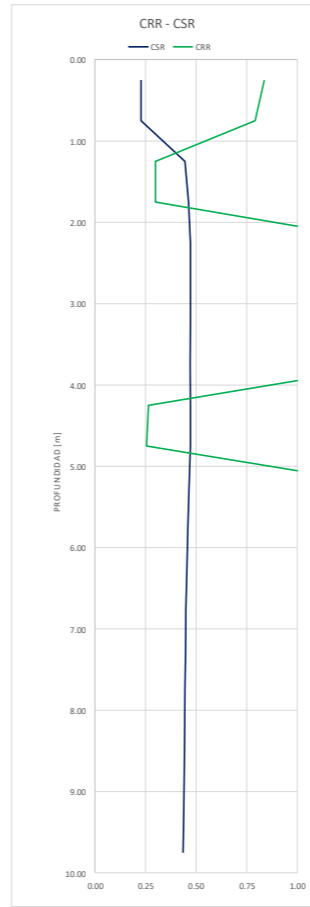
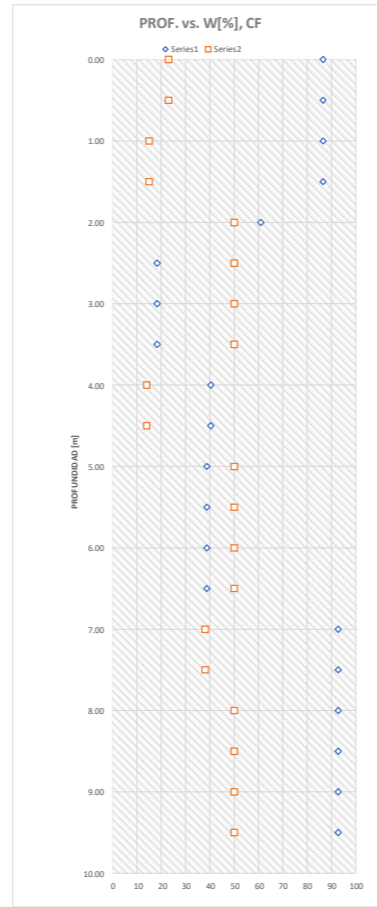
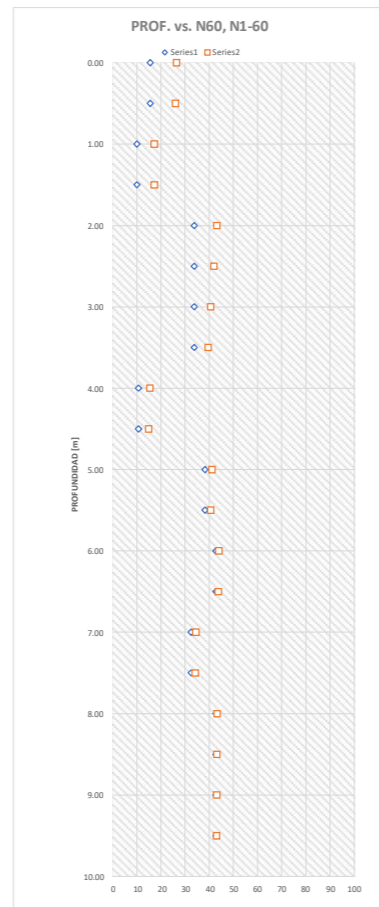
# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

### CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN



Nº de muestra	Prof. [m]	ΔHI	Mid. depth	Nspt	USCS	%W	Evaluación NF	IP	Evaluación IP	CF [%]	H Terraplen [m]	Densidad [kN/m³]	Δσ [kN/m²]	σ <sub>v</sub> [kN/m²]	σ <sub>v</sub> + Δσ [kN/m²]	σ' <sub>v</sub> Sin Conf. [kN/m²]	σ' <sub>v</sub> Conf. [kN/m²]	Ce	Cb	Cr	Cs	Δ(N1)60	Cn	Cn(Iter)	N60	N1-60	Alfa	Beta	N1-60 cr	MSF <sub>max</sub>	MSF	K <sub>s</sub>	C <sub>v</sub>	Rd	CSR <sub>max</sub>	CRR <sub>max</sub>	FS	FS <sub>max</sub>	Criterio	CSR <sub>max</sub>	CRR <sub>max</sub>	FS	Criterio
1	0.00	0.50	0.25	23	ML	19	No Licuable	25.8	No licuable	86.5	0	19	0	8.00	8.00	8.00	8.00	0.75	1	0.75	1.2	5.52	1.70	2.03	16	26	0.006	-0.0002	32	2.12	1.20	1.10	0.22	1.000	0.23	0.84	2.00	2.00	No Licuable	0.17	0.64	2.00	No Licuable
2	0.50	0.50	0.75	23	ML	19	Licuable	25.8	No licuable	86.5	0	19	0	16.50	16.50	16.50	16.50	0.75	1	0.75	1.2	5.52	1.68	1.68	16	26	-0.016	0.0022	32	2.09	1.19	1.10	0.22	1.000	0.23	0.79	2.00	2.00	No Licuable	0.17	0.60	2.00	No Licuable
3	1.00	0.50	1.25	15	ML	19	Licuable	25.8	No licuable	86.5	0	19	0	25.00	25.00	12.74	12.74	0.75	1	0.75	1.2	5.52	1.70	2.04	10	17	-0.039	0.0048	23	1.61	1.11	1.10	0.15	0.995	0.44	0.30	2.00	2.00	No Licuable	0.36	0.24	2.00	No Licuable
4	1.50	0.50	1.75	15	ML	19	Licuable	25.8	No licuable	86.5	0	19	0	33.50	33.50	16.34	16.34	0.75	1	0.75	1.2	5.52	1.70	1.89	10	17	-0.064	0.0076	23	1.61	1.11	1.10	0.15	0.989	0.46	0.30	2.00	2.00	No Licuable	0.38	0.24	2.00	No Licuable
5	2.00	0.50	2.25	50	ML	37	Licuable	17.9	No licuable	60.9	0	19	0	42.00	42.00	19.94	19.94	0.75	1	0.75	1.2	5.60	1.28	1.28	34	43	-0.091	0.0106	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.984	0.47	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
6	2.50	0.50	2.75	50	SM	26	Licuable	0	Licuable	18.3	0	19	0	51.00	51.00	24.03	24.03	0.75	1	0.75	1.2	4.16	1.24	1.24	34	42	-0.119	0.0138	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.978	0.47	1.48	1.13	1.13	No Licuable	0.35	1.11	1.13	No Licuable
7	3.00	0.50	3.25	50	SM	26	Licuable	0	Licuable	18.3	0	19	0	60.00	60.00	28.13	28.13	0.75	1	0.75	1.2	4.16	1.20	1.20	34	41	-0.149	0.0171	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.971	0.47	1.48	1.13	1.13	No Licuable	0.35	1.11	1.13	No Licuable
8	3.50	0.50	3.75	50	SM	26	Licuable	0	Licuable	18.3	0	19	0	69.00	69.00	32.23	32.23	0.75	1	0.75	1.2	4.16	1.17	1.17	34	40	-0.181	0.0206	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.964	0.47	1.48	1.13	1.13	No Licuable	0.35	1.11	1.13	No Licuable
9	4.00	0.50	4.25	14	ML	35	Licuable	24.5	No licuable	40.3	0	19	0	77.50	77.50	35.82	35.82	0.75	1	0.85	1.2	5.58	1.44	1.44	11	15	-0.214	0.0243	21	1.53	1.09	1.10	0.14	0.957	0.47	0.26	2.00	2.00	No Licuable	0.39	0.22	2.00	No Licuable
10	4.50	0.50	4.75	14	ML	35	Licuable	21.5	No licuable	40.3	0	19	0	86.00	86.00	39.42	39.42	0.75	1	0.85	1.2	5.58	1.39	1.39	11	15	-0.248	0.0282	21	1.51	1.09	1.10	0.14	0.950	0.47	0.25	2.00	2.00	No Licuable	0.39	0.21	2.00	No Licuable
11	5.00	0.50	5.25	50	GM	29	Licuable	22.1	No licuable	38.7	0	19	0	95.50	95.50	44.02	44.02	0.75	1	0.85	1.2	5.56	1.08	1.08	38	41	-0.284	0.0322	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.943	0.47	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
12	5.50	0.50	5.75	50	GM	29	Licuable	22.1	No licuable	38.7	0	19	0	105.00	105.00	48.62	48.62	0.75	1	0.85	1.2	5.56	1.06	1.06	38	41	-0.322	0.0363	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.935	0.46	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
13	6.00	0.50	6.25	50	GM	29	Licuable	22.1	No licuable	38.7	0	19	0	114.50	114.50	53.21	53.21	0.75	1	0.95	1.2	5.56	1.03	1.03	43	44	-0.360	0.0406	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.927	0.45	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
14	6.50	0.50	6.75	50	GM	29	Licuable	22.1	No licuable	38.7	0	19	0	124.00	124.00	57.81	57.81	0.75	1	0.95	1.2	5.56	1.02	1.02	43	44	-0.400	0.0451	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.919	0.45	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
15	7.00	0.50	7.25	38	ML	38	Licuable	27.6	No licuable	92.7	0	19	0	132.50	132.50	61.41	61.41	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.06	1.06	32	34	-0.441	0.0496	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.911	0.45	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
16	7.50	0.50	7.75	38	ML	38	Licuable	27.6	No licuable	92.7	0	19	0	141.00	141.00	65.00	65.00	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.05	1.05	32	34	-0.483	0.0542	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.902	0.45	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.33	1.11	2.00	No Licuable
17	8.00	0.50	8.25	50	ML	38	Licuable	27.6	No licuable	92.7	0	19	0	149.50	149.50	68.60	68.60	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.01	1.01	43	43	-0.525	0.0590	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.894	0.44	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.33	1.11	2.00	No Licuable
18	8.50	0.50	8.75	50	ML	38	Licuable	27.6	No licuable	92.7	0	19	0	158.00	158.00	72.20	72.20	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.01	1.01	43	43	-0.569	0.0638	35	2.20	1.21	1.09	0.26	0.885	0.44	1.46	2.00	2.00	No Licuable	0.33	1.11	2.00	No Licuable
19	9.00	0.50	9.25	50	ML	38	Licuable	27.6	No licuable	92.7	0	19	0	166.50	166.50	75.79	75.79	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.01	1.01	43	43	-0.614	0.0688	35	2.20	1.21	1.08	0.26	0.876	0.44	1.44	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
20	9.50	0.50	9.75	50	ML	38	Licuable	27.6	No licuable	92.7	0	19	0	175.00	175.00	79.39	79.39	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.01	1.01	43	43	-0.659	0.0738	35	2.20	1.21	1.06	0.26	0.867	0.43	1.43	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
21	10.00																																										



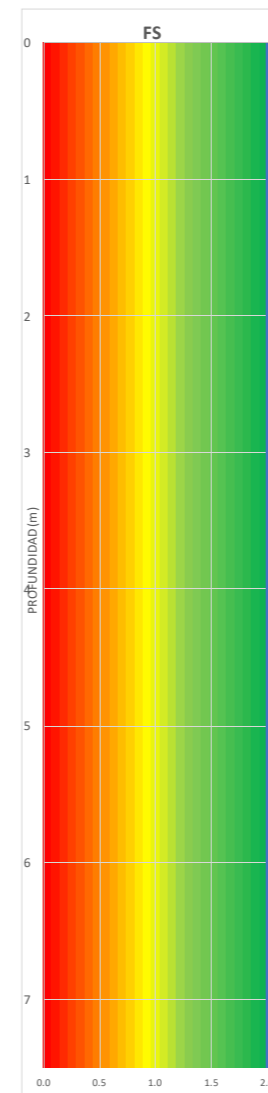
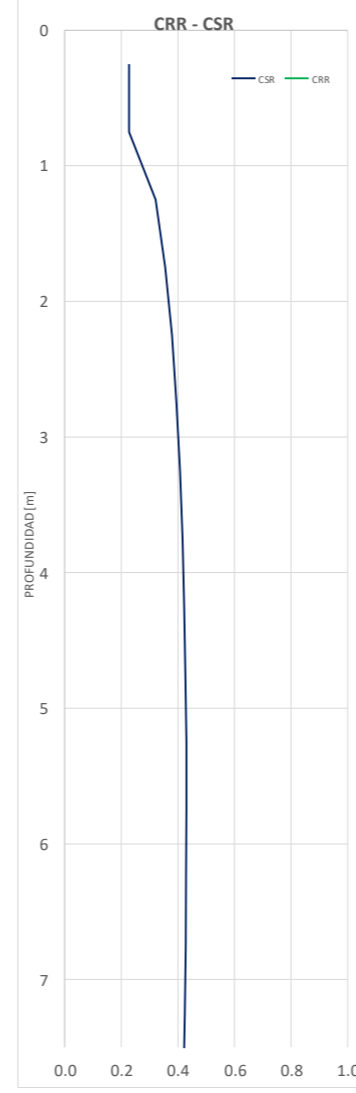
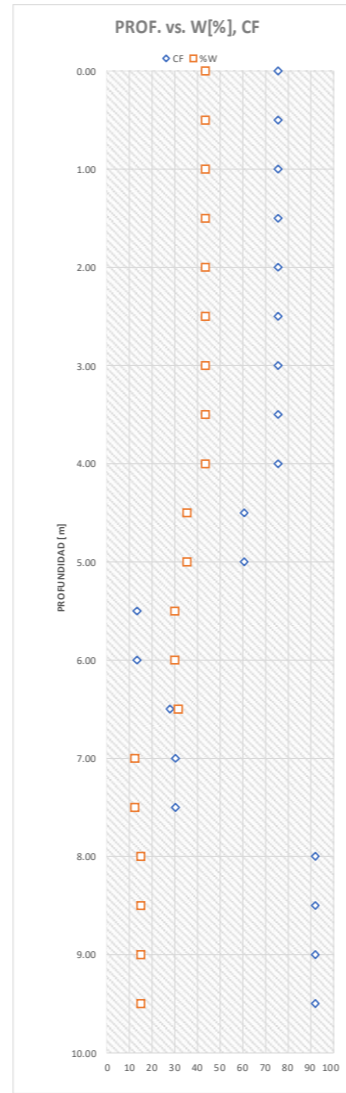
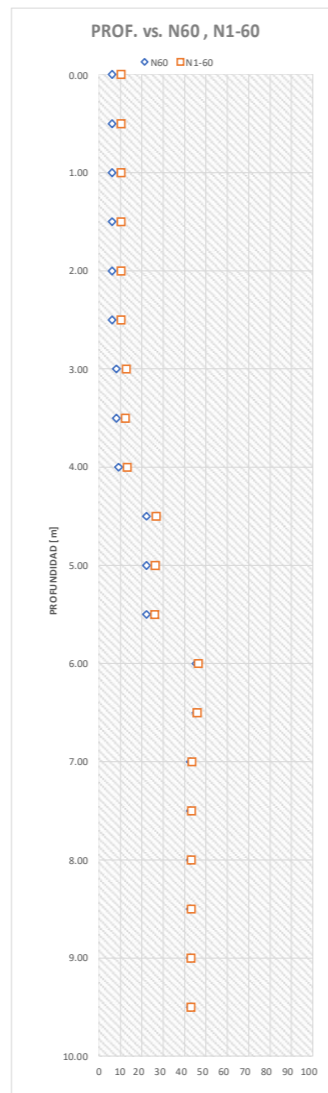


## ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN

Nº de muestra	Prof. [m]	ΔHl	Mid. depth	Nspt	USCS	%W	Evaluación NF	IP	Evaluación IP	CF [%]	qv [kN/m <sup>2</sup> ]	qv' [kN/m <sup>2</sup> ]	Ce	Cb	Cr	Cs	Δ(N1)60	Cn	Cn(Iter)	N60	N1-60	Alfa	Beta	N1-60 cr	MSF <sub>max</sub>	MSF	K <sub>s</sub>	C <sub>p</sub>	Rd	CSR <sub>corr</sub>	CRR <sub>corr</sub>	CRR <sub>corrDB</sub>	FS	FS <sub>DIB</sub>	Criterio	CSR <sub>norm</sub>	CRR <sub>norm</sub>	FS	Criterio
1	0.00	0.50	0.25	9	ML	43.49	No Licuable	32.4	No licuable	75.6	8.00	8.00	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	2.76	6	10	0.006	-0.0002	16	1.34	1.06	1.10	0.11	1.000	0.23	0.19	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.19	0.16	2.00	No Licuable
2	0.50	0.50	0.75	9	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	16.50	16.50	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	2.13	6	10	-0.016	0.0022	16	1.34	1.06	1.10	0.11	1.000	0.23	0.19	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.19	0.16	2.00	No Licuable
3	1.00	0.50	1.25	9	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	25.00	17.65	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	2.07	6	10	-0.039	0.0048	16	1.34	1.06	1.10	0.11	0.995	0.32	0.19	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.27	0.16	2.00	No Licuable
4	1.50	0.50	1.75	9	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	33.50	21.24	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	1.93	6	10	-0.064	0.0076	16	1.34	1.06	1.10	0.11	0.989	0.35	0.19	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.30	0.16	2.00	No Licuable
5	2.00	0.50	2.25	9	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	42.00	24.84	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	1.81	6	10	-0.091	0.0106	16	1.34	1.06	1.10	0.11	0.984	0.38	0.19	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	0.16	2.00	No Licuable
6	2.50	0.50	2.75	9	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	50.50	28.44	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	1.72	6	10	-0.119	0.0138	16	1.34	1.06	1.10	0.11	0.978	0.39	0.19	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.34	0.16	2.00	No Licuable
7	3.00	0.50	3.25	12	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	59.00	32.03	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.57	1.57	8	13	-0.149	0.0171	18	1.43	1.08	1.10	0.12	0.971	0.41	0.22	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.34	0.19	2.00	No Licuable
8	3.50	0.50	3.75	12	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	67.50	35.63	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.51	1.51	8	12	-0.181	0.0206	18	1.41	1.07	1.10	0.12	0.964	0.42	0.21	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.35	0.18	2.00	No Licuable
9	4.00	0.50	4.25	12	ML	43.49	Licuable	32.4	No licuable	75.6	76.00	39.23	0.75	1	0.85	1.2	5.56	1.43	1.43	9	13	-0.214	0.0243	19	1.44	1.08	1.10	0.13	0.957	0.42	0.23	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.36	0.19	2.00	No Licuable
10	4.50	0.50	4.75	29	ML	35.4	Licuable	3.2	Licuable	60.6	84.50	42.82	0.75	1	0.85	1.2	5.60	1.21	1.21	22	27	-0.248	0.0282	32	2.14	1.20	1.10	0.23	0.950	0.43	0.90	2.00	2.11	2.11	No Licuable	0.32	0.68	2.11	No Licuable
11	5.00	0.50	5.25	29	ML	35.4	Licuable	3.2	Licuable	60.6	93.00	46.42	0.75	1	0.85	1.2	5.60	1.18	1.18	22	26	-0.284	0.0322	32	2.11	1.20	1.10	0.22	0.943	0.43	0.83	2.00	1.93	2.00	No Licuable	0.33	0.63	1.93	No Licuable
12	5.50	0.50	5.75	29	SM	30.03	Licuable	3.2	Licuable	13.4	102.00	50.52	0.75	1	0.85	1.2	2.67	1.17	1.17	22	26	-0.322	0.0363	29	1.92	1.16	1.10	0.19	0.935	0.43	0.53	2.00	1.24	2.00	No Licuable	0.34	0.42	1.24	No Licuable
13	6.00	0.50	6.25	53	SM	30.03	Licuable	3.2	Licuable	13.4	111.00	54.62	0.75	1	0.95	1.2	2.67	1.02	1.02	45	46	-0.360	0.0406	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.927	0.43	1.48	2.00	3.45	3.45	No Licuable	0.32	1.11	3.45	No Licuable
14	6.50	0.50	6.75	53	SM	31.56	Licuable	17.8	No licuable	28	120.00	58.71	0.75	1	0.95	1.2	5.27	1.01	1.01	45	46	-0.400	0.0451	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.919	0.43	1.48	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	1.11	2.00	No Licuable
15	7.00	0.50	7.25	50	GM	12.42	Licuable	11.5	No licuable	30.3	129.50	63.31	0.75	1	0.95	1.2	5.37	1.02	1.02	43	43	-0.441	0.0496	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.911	0.42	1.48	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	1.11	2.00	No Licuable
16	7.50	0.50	7.75	50	GM	12.42	Licuable	11.5	No licuable	30.3	139.00	67.91	0.75	1	0.95	1.2	5.37	1.01	1.01	43	43	-0.483	0.0542	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.902	0.42	1.48	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	1.11	2.00	No Licuable
17	8.00	0.50	8.25	50	ML	15	Licuable	15.3	No licuable	91.9	147.50	71.50	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.01	1.01	43	43	-0.525	0.0590	35	2.20	1.21	1.09	0.26	0.894	0.42	1.46	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	1.11	2.00	No Licuable
18	8.50	0.50	8.75	50	ML	15	Licuable	15.3	No licuable	91.9	156.00	75.10	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.01	1.01	43	43	-0.569	0.0638	35	2.20	1.21	1.08	0.26	0.885	0.42	1.45	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	1.11	2.00	No Licuable
19	9.00	0.50	9.25	50	ML	15	Licuable	15.3	No licuable	91.9	164.50	78.70	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.01	1.01	43	43	-0.614	0.0688	35	2.20	1.21	1.07	0.26	0.876	0.42	1.43	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	1.11	2.00	No Licuable
20	9.50	0.50	9.75	50	ML	15	Licuable	15.3	No licuable	91.9	173.00	82.29	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.00	1.00	43	43	-0.659	0.0738	35	2.20	1.21	1.05	0.26	0.867	0.41	1.42	2.00	2.00	2.00	No Licuable	0.32	1.11	2.00	No Licuable
21	10.00																																						



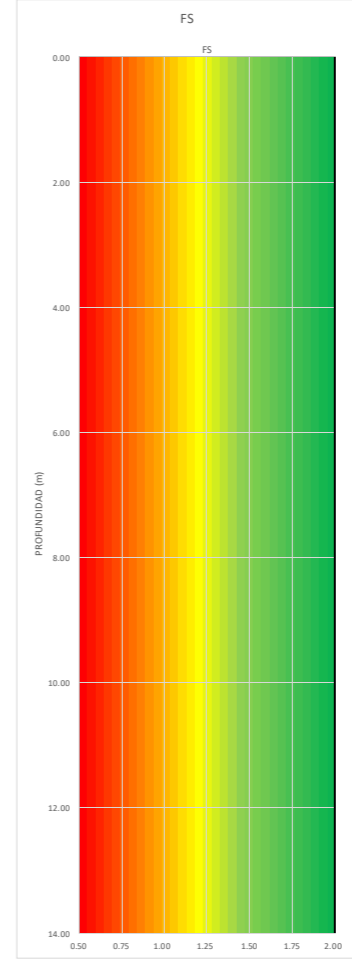
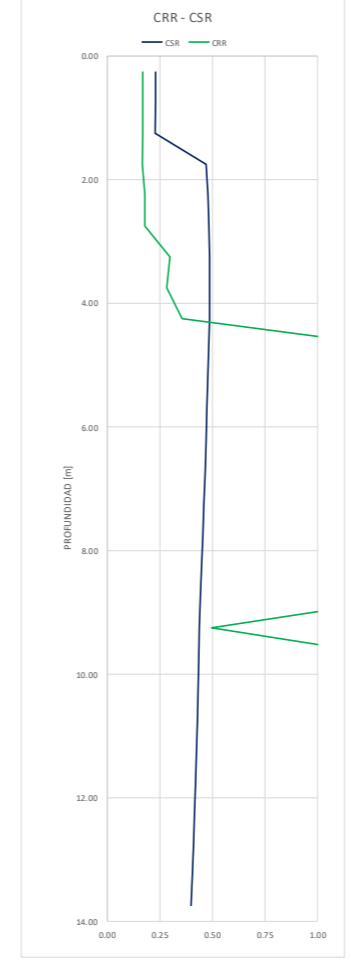
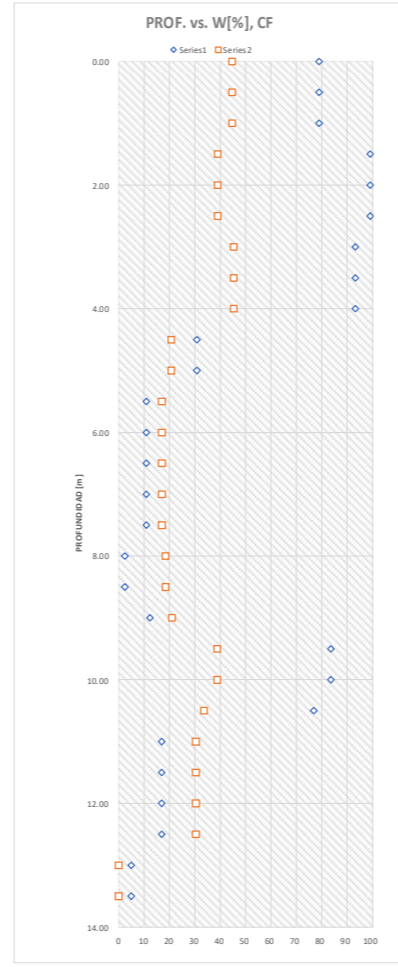
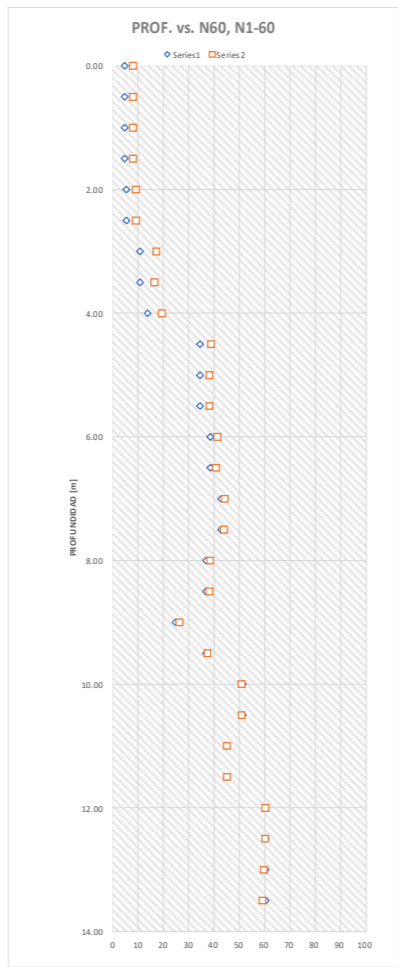


# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

### CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN

Nº muestra	Prof. [m]	z[N]	Mid. depth	Nspt	USCS	%W	Evaluación NF	IP	Evaluación IP	CF [%]	H Terraplen [m]	Densidad [kN/m <sup>3</sup> ]	Δσ [kN/m <sup>2</sup> ]	σv [kN/m <sup>2</sup> ]	σv + Δσ [kN/m <sup>2</sup> ]	σv' Sin Conf. [kN/m <sup>2</sup> ]	σv' Conf. [kN/m <sup>2</sup> ]	Ce	Cb	Cr	Cs	Δ(N)60	Cn	Cn(ter)	N60	N1-60	Alfa	Beta	N1-60 cr	MSF <sub>res</sub>	MSF	K <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	Rd	CSR <sub>corr</sub>	CRR <sub>corr</sub>	FS	FS <sub>DB</sub>	Criterio	CSR <sub>adm</sub>	CRR <sub>adm</sub>	FS	Criterio
1	0.00	0.50	0.25	7	ML	44.70	No Licuable	14.1	No licuable	78.9	0	19	0	8.00	8.00	8.00	8.00	0.75	1	0.75	1.2	5.55	1.70	2.27	5	8	0.006	-0.0002	14	1.28	1.05	1.10	0.11	1.000	0.23	0.17	2.00	2.00	No Licuable	0.20	0.14	2.00	No Licuable
2	0.50	0.50	0.75	7	ML	44.70	No Licuable	14.1	No licuable	78.9	0	19	0	16.00	16.00	16.00	16.00	0.75	1	0.75	1.2	5.55	1.70	2.27	5	8	-0.016	0.0022	14	1.28	1.05	1.10	0.11	1.000	0.23	0.17	2.00	2.00	No Licuable	0.20	0.14	2.00	No Licuable
3	1.00	0.50	1.25	7	ML	44.70	Licuable	14.1	No licuable	78.9	0	19	0	24.50	24.50	24.50	24.50	0.75	1	0.75	1.2	5.55	1.70	1.90	5	8	-0.039	0.0048	14	1.28	1.05	1.10	0.11	0.995	0.23	0.17	2.00	2.00	No Licuable	0.20	0.14	2.00	No Licuable
4	1.50	0.50	1.75	7	ML	39.00	Licuable	14.1	No licuable	99	0	19	0	33.00	33.00	15.84	15.84	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	2.28	5	8	-0.064	0.0076	14	1.27	1.05	1.10	0.11	0.989	0.47	0.17	2.00	2.00	No Licuable	0.41	0.14	2.00	No Licuable
5	2.00	0.50	2.25	8	ML	39.00	Licuable	14.1	No licuable	99	0	19	0	41.50	41.50	19.44	19.44	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	2.04	5	9	-0.091	0.0106	15	1.31	1.05	1.10	0.11	0.984	0.48	0.18	2.00	2.00	No Licuable	0.41	0.15	2.00	No Licuable
6	2.50	0.50	2.75	8	ML	39.00	Licuable	14.1	No licuable	99	0	19	0	50.00	50.00	23.03	23.03	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	1.91	5	9	-0.119	0.0138	15	1.31	1.05	1.10	0.11	0.978	0.48	0.18	2.00	2.00	No Licuable	0.42	0.15	2.00	No Licuable
7	3.00	0.50	3.25	16	ML	45.35	Licuable	14.1	No licuable	93.2	0	19	0	58.50	58.50	26.63	26.63	0.75	1	0.75	1.2	5.51	1.59	1.59	11	17	-0.149	0.0171	23	1.61	1.11	1.10	0.15	0.971	0.49	0.30	2.00	2.00	No Licuable	0.40	0.24	2.00	No Licuable
8	3.50	0.50	3.75	16	ML	45.35	Licuable	14.1	No licuable	93.2	0	19	0	67.00	67.00	30.23	30.23	0.75	1	0.75	1.2	5.51	1.52	1.52	11	16	-0.181	0.0206	22	1.58	1.10	1.10	0.14	0.964	0.49	0.28	2.00	2.00	No Licuable	0.40	0.23	2.00	No Licuable
9	4.00	0.50	4.25	18	ML	45.35	Licuable	14.1	No licuable	93.2	0	19	0	75.50	75.50	33.82	33.82	0.75	1	0.85	1.2	5.51	1.41	1.41	14	19	-0.214	0.0243	25	1.71	1.13	1.10	0.16	0.957	0.49	0.35	2.00	2.00	No Licuable	0.39	0.29	2.00	No Licuable
10	4.50	0.50	4.75	45	SM	20.78	Licuable	14.1	No licuable	30.8	0	19	0	84.50	84.50	37.92	37.92	0.75	1	0.85	1.2	5.39	1.13	1.13	34	39	-0.248	0.0282	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.950	0.48	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.36	1.11	2.00	No Licuable
11	5.00	0.50	5.25	45	SM	20.78	Licuable	14.1	No licuable	30.8	0	19	0	93.50	93.50	42.02	42.02	0.75	1	0.85	1.2	5.39	1.11	1.11	34	38	-0.284	0.0322	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.943	0.48	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.36	1.11	2.00	No Licuable
12	5.50	0.50	5.75	45	SM	17.04	Licuable	14.1	No licuable	10.9	0	19	0	102.50	102.50	46.12	46.12	0.75	1	0.85	1.2	1.57	1.11	1.11	34	38	-0.322	0.0363	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.935	0.47	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
13	6.00	0.50	6.25	45	SM	17.04	Licuable	14.1	No licuable	10.9	0	19	0	111.50	111.50	50.21	50.21	0.75	1	0.95	1.2	1.57	1.07	1.07	38	41	-0.360	0.0406	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.927	0.47	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
14	6.50	0.50	6.75	45	SM	17.04	Licuable	14.1	No licuable	10.9	0	19	0	120.50	120.50	54.31	54.31	0.75	1	0.95	1.2	1.57	1.06	1.06	38	41	-0.400	0.0451	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.919	0.46	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
15	7.00	0.50	7.25	50	SM	17.04	Licuable	14.1	No licuable	10.9	0	19	0	129.50	129.50	58.41	58.41	0.75	1	0.95	1.2	1.57	1.03	1.03	43	44	-0.441	0.0496	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.911	0.46	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
16	7.50	0.50	7.75	50	SM	17.04	Licuable	14.1	No licuable	10.9	0	19	0	138.50	138.50	62.50	62.50	0.75	1	0.95	1.2	1.57	1.03	1.03	43	44	-0.483	0.0542	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.902	0.45	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
17	8.00	0.50	8.25	43	GM	18.51	Licuable	14.1	No licuable	2.4	0	19	0	148.00	148.00	67.10	67.10	0.75	1	0.95	1.2	0.00	1.04	1.04	37	38	-0.525	0.0590	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.894	0.45	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
18	8.50	0.50	8.75	43	GM	18.51	Licuable	14.1	No licuable	2.4	0	19	0	157.50	157.50	71.70	71.70	0.75	1	0.95	1.2	0.00	1.04	1.04	37	38	-0.569	0.0638	35	2.20	1.21	1.09	0.26	0.885	0.44	1.46	2.00	2.00	No Licuable	0.33	1.11	2.00	No Licuable
19	9.00	0.50	9.25	29	SM	21.00	Licuable	14.1	No licuable	12.3	0	19	0	166.50	166.50	75.79	75.79	0.75	1	0.95	1.2	2.21	1.06	1.06	25	26	-0.614	0.0688	28	1.91	1.16	1.05	0.19	0.876	0.44	0.49	2.00	2.00	No Licuable	0.36	0.40	2.00	No Licuable
20	9.50	0.50	9.75	43	ML	38.81	Licuable	14.1	No licuable	83.5	0	19	0	175.00	175.00	79.39	79.39	0.75	1	0.95	1.2	5.53	1.02	1.02	37	37	-0.659	0.0738	35	2.20	1.21	1.06	0.26	0.867	0.43	1.43	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
21	10.00	0.50	10.25	57	ML	38.81	Licuable	14.1	No licuable	83.5	0	19	0	183.50	183.50	82.99	82.99	0.75	1	1	1.2	5.53	0.99	0.99	51	51	-0.705	0.0788	35	2.20	1.21	1.05	0.26	0.858	0.43	1.41	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
22	10.50	0.50	10.75	57	ML	33.56	Licuable	14.1	No licuable	76.8	0	19	0	192.00	192.00	86.59	86.59	0.75	1	1	1.2	5.55	0.99	0.99	51	51	-0.751	0.0839	35	2.20	1.21	1.04	0.26	0.849	0.43	1.40	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
23	11.00	0.50	11.25	50	SM	30.39	Licuable	14.1	No licuable	17	0	19	0	201.00	201.00	90.68	90.68	0.75	1	1	1.2	3.85	1.00	1.00	45	45	-0.798	0.0891	35	2.20	1.21	1.03	0.26	0.840	0.42	1.38	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
24	11.50	0.50	11.75	50	SM	30.39	Licuable	14.1	No licuable	17	0	19	0	210.00	210.00	94.78	94.78	0.75	1	1	1.2	3.85	1.00	1.00	45	45	-0.845	0.0943	35	2.20	1.21	1.02	0.26	0.831	0.42	1.37	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
25	12.00	0.50	12.25	67	SM	30.39	Licuable	14.1	No licuable	17	0	19	0	219.00	219.00	98.88	98.88	0.75	1	1	1.2	3.85	1.00	1.00	60	60	-0.893	0.0995	35	2.20	1.21	1.01	0.26	0.822	0.41	1.35	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
26	12.50	0.50	12.75	67	SM	30.39	Licuable	14.1	No licuable	17	0	19	0	228.00	228.00	102.97	102.97	0.75	1	1	1.2	3.85	1.00	1.00	60	60	-0.941	0.1047	35	2.20	1.21	0.99	0.26	0.812	0.41	1.34	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
27	13.00	0.50	13.25	67	GM	0.00	Licuable	14.1	No licuable	5	0	19	0	237.50	237.50	107.57	107.57	0.75	1	1	1.2	0.00	0.99	0.99	60	60	-0.989	0.1099	35	2.20	1.21	0.98	0.26	0.803	0.40	1.32	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
28	13.50	0.50	13.75	67	GM	0.00	Licuable	14.1	No licuable	5	0	19	0	247.00	247.00	112.17	112.17	0.75	1	1	1.2	0.00	0.98	0.98	60	59	-1.037	0.1152	35	2.20	1.21	0.97	0.26	0.794	0.40	1.31	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
29	14.00																																										







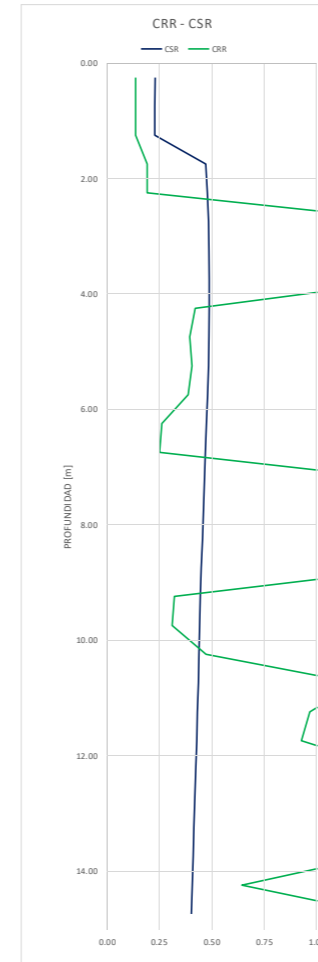
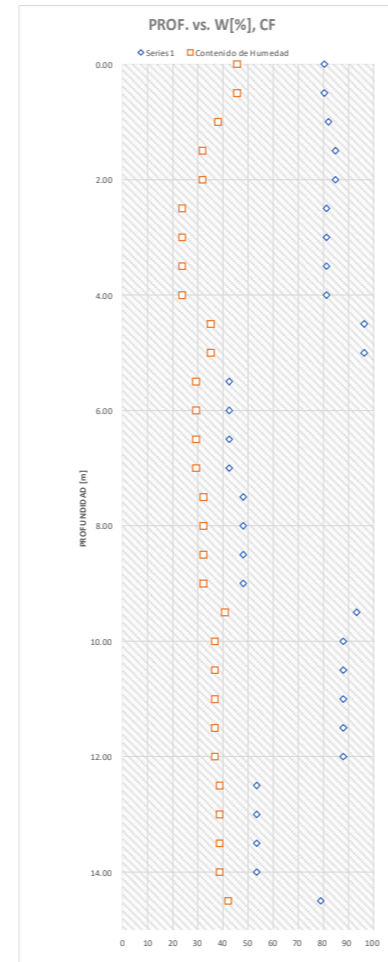
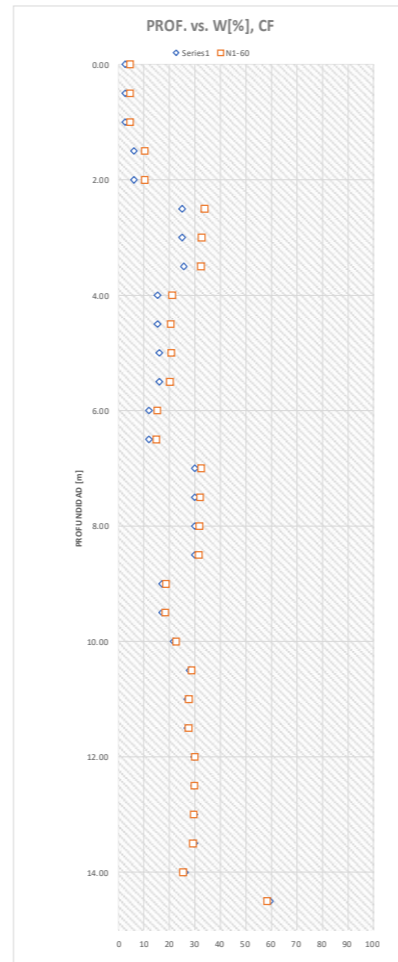
# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



### CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN

Nº de muestra	Prof. [m]	ΔHl	Mid. depth	Nspt	USCS	%W	Evaluación NF	IP	Evaluación IP	CF [%]	H Terraplen [m]	Densidad [kN/m³]	Δσ [kN/m²]	σv [kN/m²]	σv + Δσ [kN/m²]	σv Sin Conf. [kN/m²]	σv Conf. [kN/m²]	Cc	Cb	Cr	Cs	A(N160)	Cn	Cn(ter)	N60	N1-60	Alfa	Beta	N1-60 cr	MSF <sub>sum</sub>	MSF	K <sub>c</sub>	C <sub>r</sub>	Rd	CSR <sub>arr</sub>	CRR <sub>arr</sub>	FS	FS <sub>Dis</sub>	Criterio	CSR <sub>sum</sub>	CRR <sub>sum</sub>	FS	Criterio
1	0.00	0.50	0.25	4	ML	46	No Licuable	13.3	No licuable	80.4	0	19	0	8.00	8.00	8.00	8.00	0.75	1	0.75	1.2	5.54	1.70	3.40	3	5	0.006	-0.0002	10	1.19	1.03	1.10	0.09	1.000	0.23	0.14	2.00	2.00	No Licuable	0.20	0.12	2.00	No Licuable
2	0.50	0.50	0.75	4	ML	46	No Licuable	13.3	No licuable	80.4	0	19	0	16.00	16.00	16.00	16.00	0.75	1	0.75	1.2	5.54	1.70	2.49	3	5	-0.016	0.0022	10	1.19	1.03	1.10	0.09	1.000	0.23	0.14	2.00	2.00	No Licuable	0.20	0.12	2.00	No Licuable
3	1.00	0.50	1.25	4	ML	38	Licuable	21	No licuable	82	0	19	0	24.50	24.50	24.50	24.50	0.75	1	0.75	1.2	5.54	1.70	2.04	3	5	-0.039	0.0048	10	1.19	1.03	1.10	0.09	0.995	0.23	0.14	2.00	2.00	No Licuable	0.20	0.12	2.00	No Licuable
4	1.50	0.50	1.75	9	ML	32	Licuable	30.5	No licuable	84.8	0	19	0	33.00	33.00	15.84	15.84	0.75	1	0.75	1.2	5.53	1.70	2.16	6	10	-0.064	0.0076	16	1.34	1.06	1.10	0.11	0.989	0.47	0.19	2.00	2.00	No Licuable	0.40	0.16	2.00	No Licuable
5	2.00	0.50	2.25	9	ML	32	Licuable	30.5	No licuable	84.8	0	19	0	41.50	41.50	19.44	19.44	0.75	1	0.75	1.2	5.53	1.70	2.00	6	10	-0.091	0.0106	16	1.34	1.06	1.10	0.11	0.984	0.48	0.19	2.00	2.00	No Licuable	0.41	0.16	2.00	No Licuable
6	2.50	0.50	2.75	37	ML	24	Licuable	20.9	No licuable	81.2	0	19	0	50.00	50.00	23.03	23.03	0.75	1	0.75	1.2	5.54	1.35	1.35	25	34	-0.119	0.0138	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.978	0.48	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.36	1.11	2.00	No Licuable
7	3.00	0.50	3.25	37	ML	24	Licuable	20.9	No licuable	81.2	0	19	0	58.50	58.50	26.63	26.63	0.75	1	0.75	1.2	5.54	1.31	1.31	25	33	-0.149	0.0171	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.971	0.49	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.36	1.11	2.00	No Licuable
8	3.50	0.50	3.75	38	ML	24	Licuable	20.9	No licuable	81.2	0	19	0	67.00	67.00	30.23	30.23	0.75	1	0.75	1.2	5.54	1.26	1.26	26	32	-0.181	0.0206	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.964	0.49	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.36	1.11	2.00	No Licuable
9	4.00	0.50	4.25	20	ML	24	Licuable	20.9	No licuable	81.2	0	19	0	75.50	75.50	33.82	33.82	0.75	1	0.85	1.2	5.54	1.38	1.38	15	21	-0.214	0.0243	27	1.80	1.14	1.10	0.17	0.957	0.49	0.42	2.00	2.00	No Licuable	0.39	0.33	2.00	No Licuable
10	4.50	0.50	4.75	20	ML	35	Licuable	41.7	No licuable	96.2	0	19	0	84.00	84.00	37.42	37.42	0.75	1	0.85	1.2	5.50	1.34	1.34	15	20	-0.248	0.0282	26	1.77	1.14	1.10	0.17	0.950	0.49	0.39	2.00	2.00	No Licuable	0.39	0.31	2.00	No Licuable
11	5.00	0.50	5.25	21	ML	35	Licuable	41.7	No licuable	96.2	0	19	0	92.50	92.50	41.02	41.02	0.75	1	0.85	1.2	5.50	1.29	1.29	16	21	-0.284	0.0322	26	1.78	1.14	1.10	0.17	0.943	0.48	0.40	2.00	2.00	No Licuable	0.39	0.32	2.00	No Licuable
12	5.50	0.50	5.75	21	SM	29	Licuable	9.4	No licuable	42.5	0	19	0	101.50	101.50	45.12	45.12	0.75	1	0.85	1.2	5.59	1.26	1.26	16	20	-0.322	0.0363	26	1.76	1.13	1.10	0.17	0.935	0.48	0.39	2.00	2.00	No Licuable	0.38	0.31	2.00	No Licuable
13	6.00	0.50	6.25	14	SM	29	Licuable	9.4	No licuable	42.5	0	19	0	110.50	110.50	49.21	49.21	0.75	1	0.95	1.2	5.59	1.27	1.27	12	15	-0.360	0.0406	21	1.53	1.09	1.10	0.14	0.927	0.47	0.26	2.00	2.00	No Licuable	0.39	0.22	2.00	No Licuable
14	6.50	0.50	6.75	14	SM	29	Licuable	9.4	No licuable	42.5	0	19	0	119.50	119.50	53.31	53.31	0.75	1	0.95	1.2	5.59	1.24	1.24	12	15	-0.400	0.0451	20	1.51	1.09	1.09	0.14	0.919	0.47	0.25	2.00	2.00	No Licuable	0.40	0.21	2.00	No Licuable
15	7.00	0.50	7.25	35	SM	29	Licuable	9.4	No licuable	42.5	0	19	0	128.50	128.50	57.41	57.41	0.75	1	0.95	1.2	5.59	1.08	1.08	30	32	-0.441	0.0496	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.911	0.46	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.35	1.11	2.00	No Licuable
16	7.50	0.50	7.75	35	SM	32	Licuable	27.7	No licuable	48.1	0	19	0	137.50	137.50	61.50	61.50	0.75	1	0.95	1.2	5.61	1.07	1.07	30	32	-0.483	0.0542	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.902	0.46	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
17	8.00	0.50	8.25	35	SM	32	Licuable	27.7	No licuable	48.1	0	19	0	146.50	146.50	65.60	65.60	0.75	1	0.95	1.2	5.61	1.06	1.06	30	32	-0.525	0.0590	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.894	0.45	1.48	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
18	8.50	0.50	8.75	35	SM	32	Licuable	27.7	No licuable	48.1	0	19	0	155.50	155.50	69.70	69.70	0.75	1	0.95	1.2	5.61	1.05	1.05	30	31	-0.569	0.0638	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.885	0.45	1.47	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
19	9.00	0.50	9.25	20	SM	32	Licuable	27.7	No licuable	48.1	0	19	0	164.50	164.50	73.79	73.79	0.75	1	0.95	1.2	5.61	1.09	1.09	17	19	-0.614	0.0688	24	1.68	1.12	1.05	0.16	0.876	0.44	0.32	2.00	2.00	No Licuable	0.38	0.27	2.00	No Licuable
20	9.50	0.50	9.75	20	ML	41	Licuable	27.5	No licuable	93.2	0	19	0	173.00	173.00	77.39	77.39	0.75	1	0.95	1.2	5.51	1.08	1.08	17	18	-0.659	0.0738	24	1.67	1.12	1.04	0.16	0.867	0.44	0.31	2.00	2.00	No Licuable	0.38	0.27	2.00	No Licuable
21	10.00	0.50	10.25	24	ML	37	Licuable	29.4	No licuable	87.9	0	19	0	181.50	181.50	80.99	80.99	0.75	1	1	1.2	5.52	1.05	1.05	22	23	-0.705	0.0788	28	1.89	1.16	1.04	0.19	0.858	0.44	0.47	2.00	2.00	No Licuable	0.36	0.39	2.00	No Licuable
22	10.50	0.50	10.75	31	ML	37	Licuable	29.4	No licuable	87.9	0	19	0	190.00	190.00	84.59	84.59	0.75	1	1	1.2	5.52	1.03	1.03	28	29	-0.751	0.0839	34	2.20	1.21	1.04	0.25	0.849	0.43	1.19	2.00	2.00	No Licuable	0.34	0.94	2.00	No Licuable
23	11.00	0.50	11.25	30	ML	37	Licuable	29.4	No licuable	87.9	0	19	0	198.50	198.50	88.18	88.18	0.75	1	1	1.2	5.52	1.02	1.02	27	28	-0.798	0.0891	33	2.19	1.21	1.03	0.24	0.840	0.43	0.97	2.00	2.00	No Licuable	0.34	0.77	2.00	No Licuable
24	11.50	0.50	11.75	30	ML	37	Licuable	29.4	No licuable	87.9	0	19	0	207.00	207.00	91.78	91.78	0.75	1	1	1.2	5.52	1.02	1.02	27	27	-0.845	0.0943	33	2.18	1.21	1.02	0.23	0.831	0.43	0.93	2.00	2.00	No Licuable	0.34	0.75	2.00	No Licuable
25	12.00	0.50	12.25	33	ML	37	Licuable	29.4	No licuable	87.9	0	19	0	215.50	215.50	95.38	95.38	0.75	1	1	1.2	5.52	1.01	1.01	30	30	-0.893	0.0995	35	2.20	1.21	1.02	0.26	0.822	0.42	1.36	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
26	12.50	0.50	12.75	33	ML	39	Licuable	25.8	No licuable	53.5	0	19	0	224.00	224.00	98.97	98.97	0.75	1	1	1.2	5.61	1.00	1.00	30	30	-0.941	0.1047	35	2.20	1.21	1.01	0.26	0.812	0.42	1.35	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
27	13.00	0.50	13.25	33	ML	39	Licuable	25.8	No licuable	53.5	0	19	0	232.50	232.50	102.57	102.57	0.75	1	1	1.2	5.61	0.99	0.99	30	30	-0.989	0.1099	35	2.20	1.21	1.00	0.26	0.803	0.41	1.34	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable
28	13.50	0.50	13.75	33	ML	39	Licuable	25.8	No licuable	53.5	0	19	0	241.00	241.00	106.17	106.17	0.75	1	1	1.2	5.61	0.98	0.98	30	29	-1.037	0.1152	35	2.20	1.21	0.99	0.26	0.794	0.41	1.28	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.07	2.00	No Licuable
29	14.00	0.50	14.25	29	ML	39	Licuable	25.8	No licuable	53.5	0	19	0	249.50	249.50	109.76	109.76	0.75	1	1	1.2	5.61	0.97	0.97	26	25	-1.085	0.1204	31	2.06	1.19	0.98	0.21	0.785	0.41	0.64	2.00	2.00	No Licuable	0.35	0.55	2.00	No Licuable
30	14.50	0.50	14.75	36	ML	42	Licuable	32.6	No licuable	78.9	0	19	0	258.00	258.00	113.36	113.36	0.75	1	1	2.2	5.55	0.98	0.98	59	58	-1.133	0.1255	35	2.20	1.21	0.97	0.26	0.776	0.40	1.30	2.00	2.00	No Licuable	0.34	1.11	2.00	No Licuable





## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

#### CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN



Nº de muestra	Prof. [m]	DHI	Mid. depth	Nopt	USCS	γ <sub>w</sub>	Evaluación NF	IP	Evaluación IP	CF [%]	σ <sub>v</sub> [kN/m²]	σ <sub>v'</sub> [kN/m²]	Cc	Cb	Cr	Cs	A(N)60	Cn	Cn(ler)	N60	N1-60	Alfa	Beta	N1-60 ST	MSF <sub>max</sub>	MSF	K <sub>c</sub>	C <sub>c</sub>	Rd	CSR <sub>max</sub>	CR <sub>max</sub>	CSR <sub>norm</sub>	FS	FS <sub>lim</sub>	Criterio	CSR <sub>norm</sub>	CR <sub>norm</sub>	FS	Criterio	F(s)	w(s)	LPI	ΣLPI	F <sub>v</sub>	Y <sub>av</sub>	Y <sub>max</sub>	LDI	ΣLDI	e <sub>v</sub>	LSN	ΣLSN	SRAMER s <sub>v</sub> [kN/m²]	IDRISS s <sub>v</sub> [kN/m²]	OLSON s <sub>v</sub> [kN/m²]	S <sub>v</sub> prom
1	0.00	0.50	0.25	16	ML	25	Licuable	40	No licuable	75	8.50	8.50	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	2.26	11	18	0.006	-0.002	24	1.67	1.12	1.10	0.16	1.000	0.23	0.33	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.19	0.27	2.00	No licuable	-	-	0	6.29	-	-	-	-	-	0	10.59	-	-	-		
2	0.50	0.50	0.75	16	ML	25	Licuable	40	No licuable	75	17.00	10.63	0.75	1	0.75	1.2	5.56	1.70	2.12	11	18	-0.016	0.0022	24	1.67	1.12	1.10	0.16	1.000	0.36	0.33	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.30	0.27	2.00	No licuable	-	-	0	6.29	-	-	-	-	-	0	10.59	-	-	-		
3	1.00	0.50	1.25	16	ML	49.96	Licuable	42.6	No licuable	98	25.50	14.22	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	1.94	11	18	-0.039	0.0048	24	1.66	1.12	1.10	0.16	0.995	0.41	0.33	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	0.27	2.00	No licuable	-	-	0	6.29	-	-	-	-	-	0	10.59	-	-	-		
4	1.50	0.50	1.75	7	ML	49.96	Licuable	27.6	No licuable	98	34.00	17.82	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	2.17	5	8	-0.044	0.0076	14	1.27	1.05	1.10	0.11	0.989	0.43	0.17	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.37	0.14	2.00	No licuable	-	-	0	6.29	-	-	-	-	-	0	10.59	-	-	-		
5	2.00	0.50	2.25	7	ML	40.16	Licuable	27.6	No licuable	98	42.50	21.42	0.75	1	0.75	1.2	5.49	1.70	2.01	5	8	-0.091	0.0106	14	1.27	1.05	1.10	0.11	0.984	0.44	0.17	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.39	0.14	2.00	No licuable	-	-	0	6.29	-	-	-	-	-	0	10.59	-	-	-		
6	2.50	0.50	2.75	7	ML	40.16	Licuable	27.6	No licuable	98	51.00	25.01	0.75	1	0.75	1.2	5.50	1.70	1.88	5	8	-0.119	0.0138	14	1.27	1.05	1.10	0.11	0.978	0.45	0.17	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.39	0.14	2.00	No licuable	-	-	0	6.29	-	-	-	-	-	0	10.59	-	-	-		
7	3.00	0.50	3.25	7	ML	40.9	Licuable	18.9	No licuable	86	59.50	28.61	0.75	1	0.75	1.2	5.53	1.70	1.78	5	8	-0.149	0.0171	14	1.28	1.05	1.10	0.11	0.971	0.46	0.17	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.40	0.14	2.00	No licuable	-	-	0	6.29	-	-	-	-	-	0	10.59	-	-	-		
8	3.50	0.50	3.75	14	SM	29.05	Licuable	2.5	Licuable	29	68.50	32.71	0.75	1	0.75	1.2	5.32	1.52	1.52	9	14	-0.181	0.0206	20	1.48	1.08	1.10	0.13	0.964	0.46	0.24	0.24	0.53	0.53	Licuable	0.39	0.20	0.53	Licuable	0.47	8.13	1.93	6.29	0.53	0.16	0.165	0.082	0.023	3.11	10.59	8.07	5.61	4.51	6.06	
9	4.00	0.50	4.25	19	SM	30.73	Licuable	0	Licuable	22	77.50	36.81	0.75	1	0.85	1.2	4.77	1.86	1.86	15	20	-0.214	0.0243	25	1.70	1.12	1.10	0.16	0.957	0.46	0.35	0.35	0.76	0.76	Licuable	0.37	0.28	0.76	Licuable	0.24	7.88	0.96	4.36	0.26	0.09	0.085	0.031	0.016	1.84	7.48	14.30	9.10	6.57	9.99	
10	4.50	0.50	4.75	19	SM	30.73	Licuable	0	Licuable	22	86.50	40.90	0.75	1	0.85	1.2	4.77	1.82	1.82	15	19	-0.248	0.0282	24	1.67	1.12	1.10	0.16	0.950	0.46	0.33	0.33	0.72	0.72	Licuable	0.37	0.27	0.72	Licuable	0.28	7.63	1.07	3.19	0.29	0.10	0.075	0.037	0.018	1.93	5.63	14.21	9.60	7.11	10.31	
11	5.00	0.50	5.25	19	SM	30.73	Licuable	0	Licuable	22	95.50	45.00	0.75	1	0.85	1.2	4.77	1.28	1.28	15	19	-0.284	0.0322	23	1.64	1.11	1.10	0.15	0.943	0.46	0.31	0.31	0.69	0.69	Licuable	0.37	0.26	0.69	Licuable	0.31	7.38	1.14	2.32	0.33	0.11	0.085	0.042	0.020	1.92	3.70	14.15	10.10	7.64	10.63	
12	5.50	0.50	5.75	19	SM	30.73	Licuable	0	Licuable	22	104.50	49.10	0.75	1	0.85	1.2	4.77	1.25	1.25	15	18	-0.322	0.0363	23	1.62	1.11	1.10	0.15	0.935	0.45	0.30	0.30	0.67	0.67	Licuable	0.37	0.25	0.67	Licuable	0.33	7.13	1.18	1.18	0.36	0.11	0.096	0.048	0.021	1.78	1.78	14.12	10.60	8.16	10.96	
13	6.00	0.50	6.25	42	SM	20.94	Licuable	16.4	No licuable	29	113.50	53.19	0.75	1	0.95	1.2	5.32	1.06	1.06	36	38	-0.360	0.0406	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.927	0.45	1.48	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.34	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
14	6.50	0.50	6.75	42	SM	20.94	Licuable	16.4	No licuable	29	122.50	57.29	0.75	1	0.95	1.2	5.32	1.05	1.05	36	38	-0.400	0.0451	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.919	0.45	1.48	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.34	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
15	7.00	0.50	7.25	42	SM	20.94	Licuable	16.4	No licuable	29	131.50	61.39	0.75	1	0.95	1.2	5.32	1.05	1.05	36	38	-0.441	0.0496	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.911	0.44	1.48	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
16	7.50	0.50	7.75	42	SM	16.57	Licuable	17.1	No licuable	19	140.50	65.48	0.75	1	0.95	1.2	4.30	1.04	1.04	36	37	-0.483	0.0542	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.902	0.44	1.48	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
17	8.00	0.50	8.25	42	SM	16.57	Licuable	17.1	No licuable	19	149.50	69.58	0.75	1	0.95	1.2	4.30	1.03	1.03	36	37	-0.525	0.0590	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.894	0.44	1.47	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
18	8.50	0.50	8.75	42	SM	16.57	Licuable	17.1	No licuable	19	158.50	73.68	0.75	1	0.95	1.2	4.30	1.03	1.03	36	37	-0.569	0.0638	35	2.20	1.21	1.10	0.26	0.885	0.43	1.45	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
19	9.00	0.50	9.25	50	SM	16.57	Licuable	17.1	No licuable	19	167.50	77.78	0.75	1	0.95	1.2	4.30	1.01	1.01	43	43	-0.614	0.0688	35	2.20	1.21	1.07	0.26	0.876	0.43	1.43	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
20	9.50	0.50	9.75	50	SM	17.32	Licuable	20.8	No licuable	21	176.50	81.87	0.75	1	0.95	1.2	4.63	1.00	1.00	43	43	-0.659	0.0738	35	2.20	1.21	1.06	0.26	0.867	0.43	1.42	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
21	10.00	0.50	10.25	50	SM	17.32	Licuable	20.8	No licuable	21	185.50	85.97	0.75	1	1	1.2	4.63	1.00	1.00	45	45	-0.705	0.0788	35	2.20	1.21	1.04	0.26	0.858	0.42	1.40	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
22	10.50	0.50	10.75	50	SM	17.32	Licuable	20.8	No licuable	21	194.50	90.07	0.75	1	1	1.2	4.63	1.00	1.00	45	45	-0.751	0.0839	35	2.20	1.21	1.03	0.26	0.849	0.42	1.38	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
23	11.00	0.50	11.25	50	SM	10.06	Licuable	20.5	No licuable	19	203.50	94.16	0.75	1	1	1.2	4.30	1.00	1.00	45	45	-0.798	0.0891	35	2.20	1.21	1.02	0.26	0.840	0.41	1.37	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
24	11.50	0.50	11.75	50	SM	10.06	Licuable	20.5	No licuable	19	212.50	98.26	0.75	1	1	1.2	4.30	1.00	1.00	45	45	-0.845	0.0943	35	2.20	1.21	1.01	0.26	0.831	0.41	1.35	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
25	12.00	0.50	12.25	50	SM	14.6	Licuable	17.6	No licuable	34	221.50	102.36	0.75	1	1	1.2	5.49	1.00	1.00	45	45	-0.893	0.0995	35	2.20	1.21	1.00	0.26	0.822	0.40	1.34	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-	0	0.00	-	-	-		
26	12.50	0.50	12.75	50	SM	14.6	Licuable	17.6	No licuable	34	230.50	106.45	0.75	1	1	1.2	5.49	0.99	0.99	45	44	-0.941	0.1047	35	2.20	1.21	0.99	0.26	0.812	0.40	1.32	2.00	2.00	2.00	No licuable	0.33	1.11	2.00	No licuable	-	-	0	0.00	-	-	-	-	-							



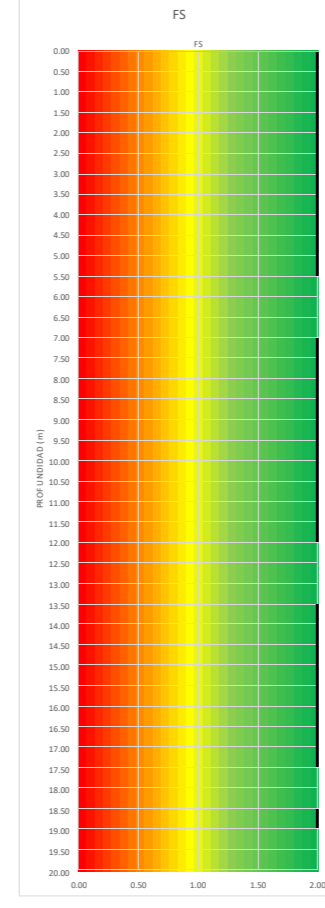
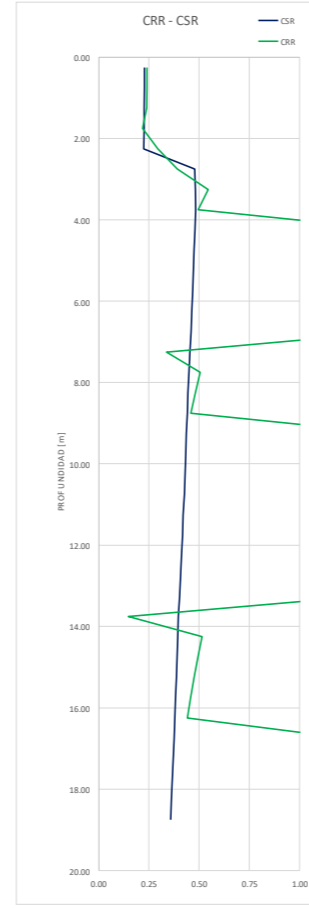
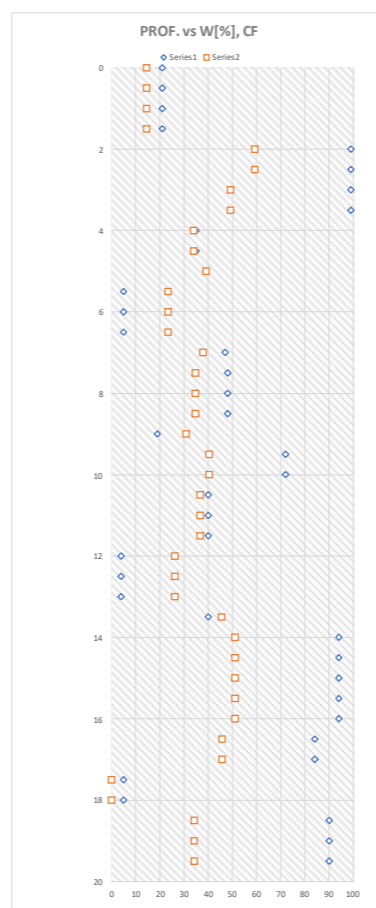
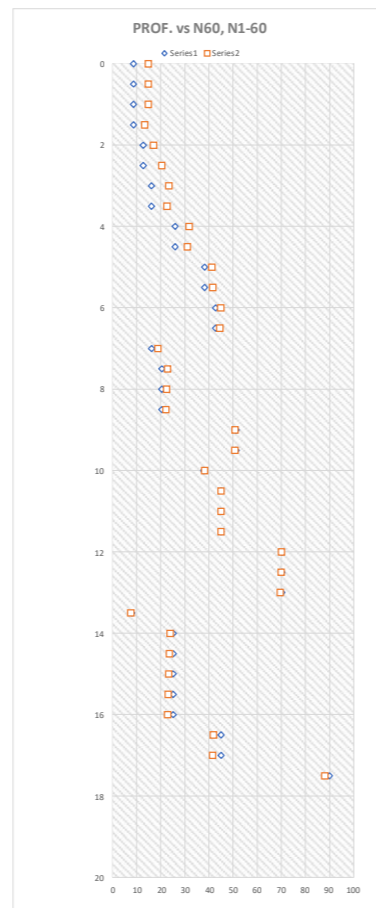
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA LICUACIÓN

Table with columns: Nº de muestra, Prof. [m], ΔHi, Mid. depth, Nspt, USCS, %W, Evaluación NF, Evaluación IP, CF [%], H Terraplen [m], Densidad [kN/m³], Δσ [kN/m²], σv [kN/m²], σv + Δσ [kN/m²], σv sin Cont. [kN/m²], σv cont. [kN/m²], Ce, Cb, Cr, Cs, Δ(N)60, Cn, Cn(Iter), N60, N1-60, Alfa, Beta, N1-60 cr, MSFmax, MSF, Kv, Cv, Rd, CSRmax, CRRmax, FS, FS2m, Criterio, CSRmax, CRRmax, FS, Criterio.



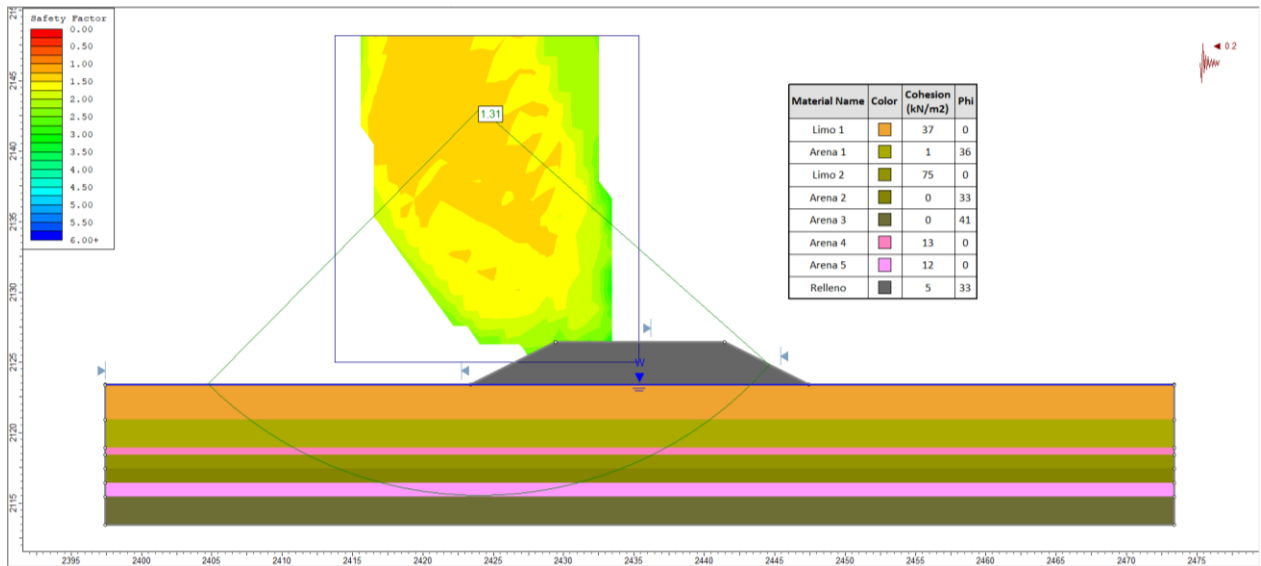
## **ANEXO III**

### **Factor de Seguridad: Terraplenes**

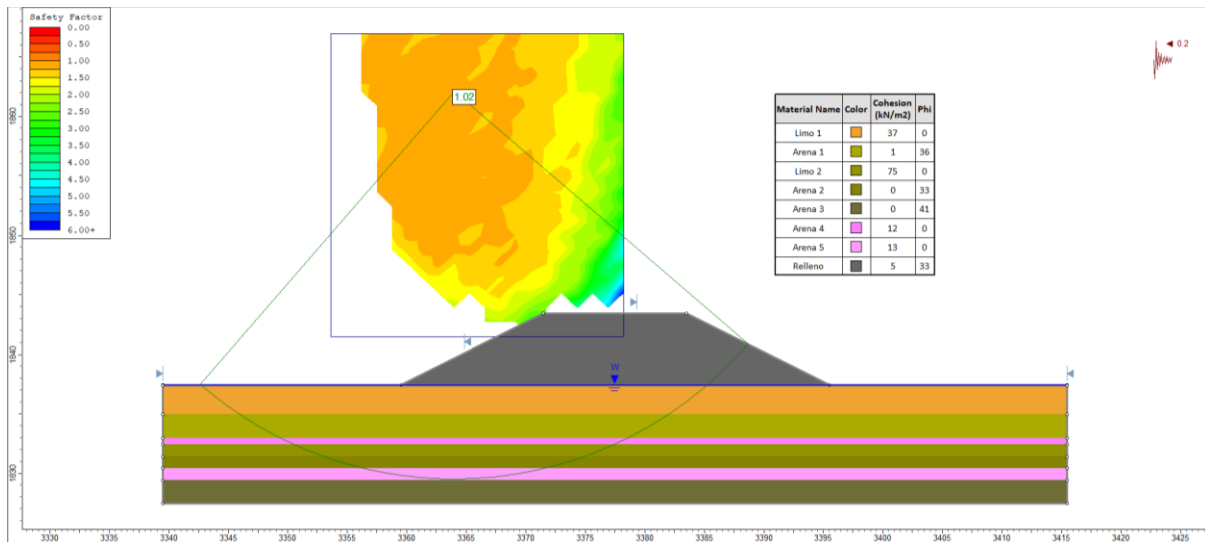
PT7-1

Sin Confinamiento

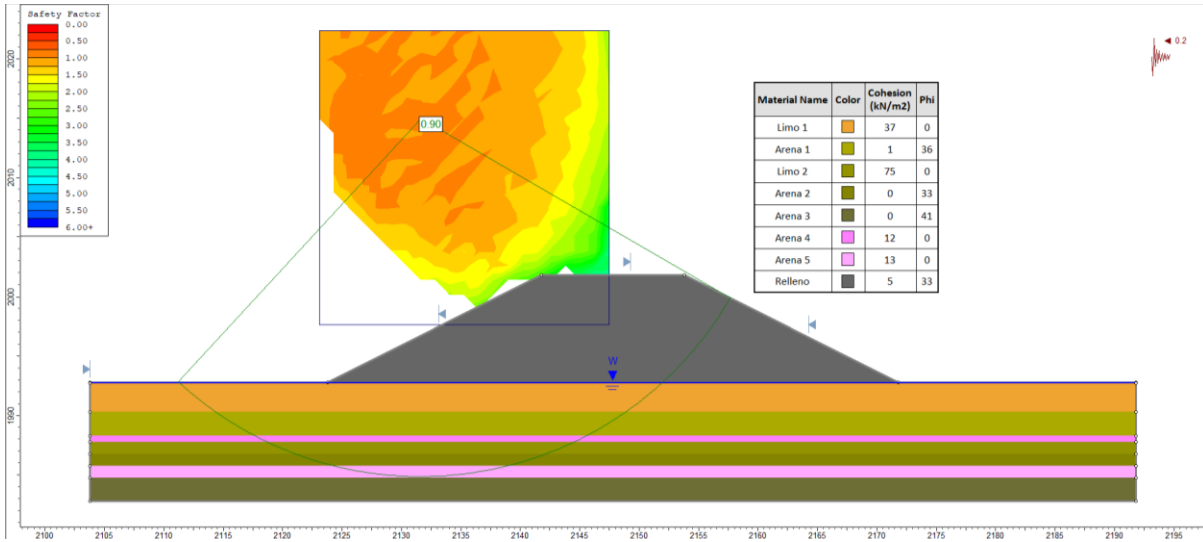
H=3m



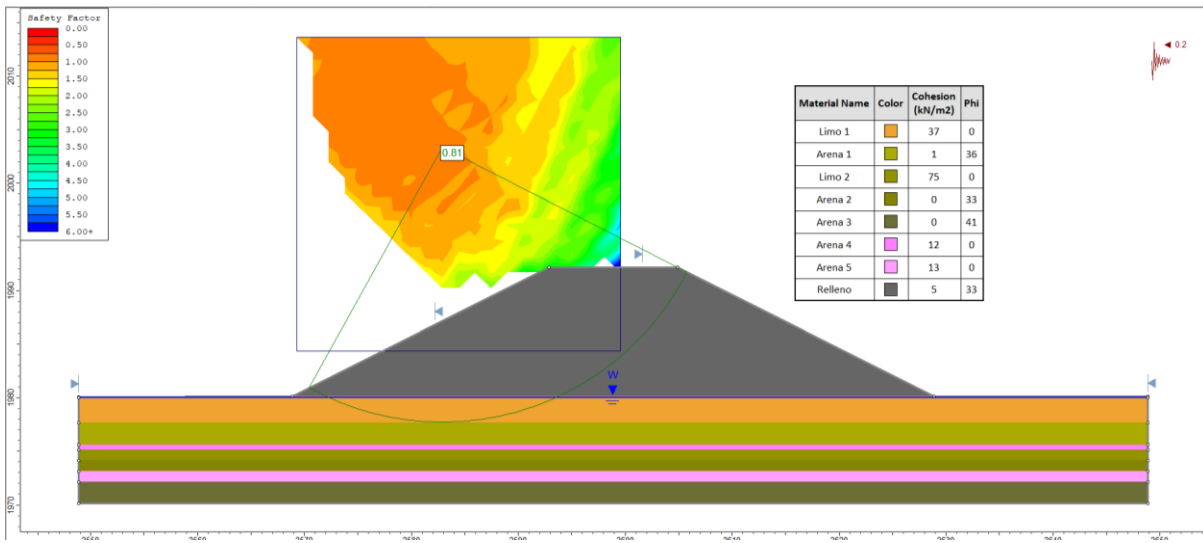
H=6m



H=9m

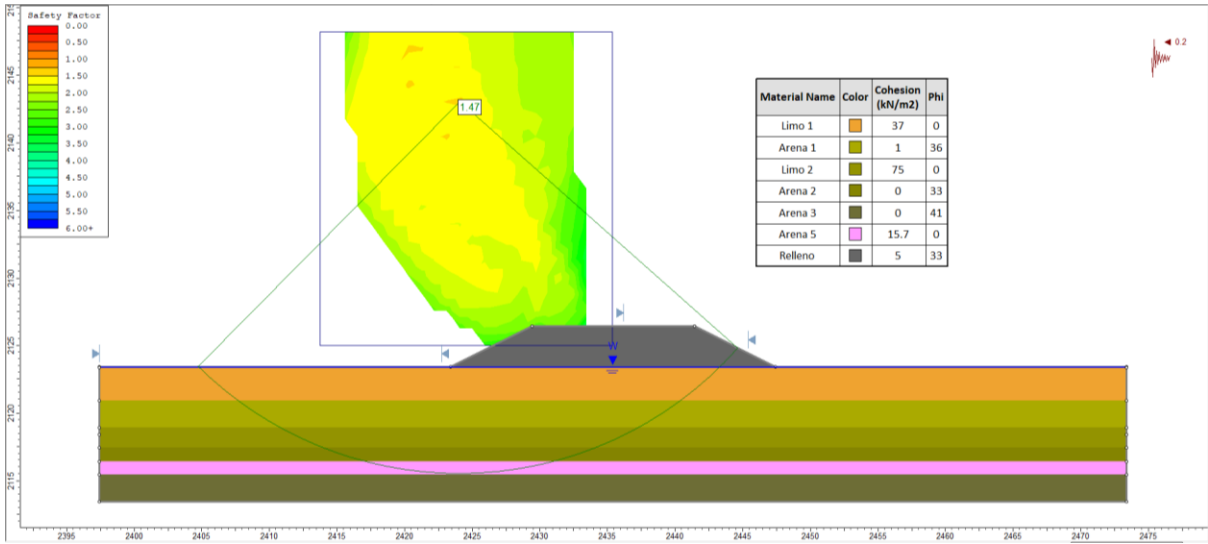


H=12m

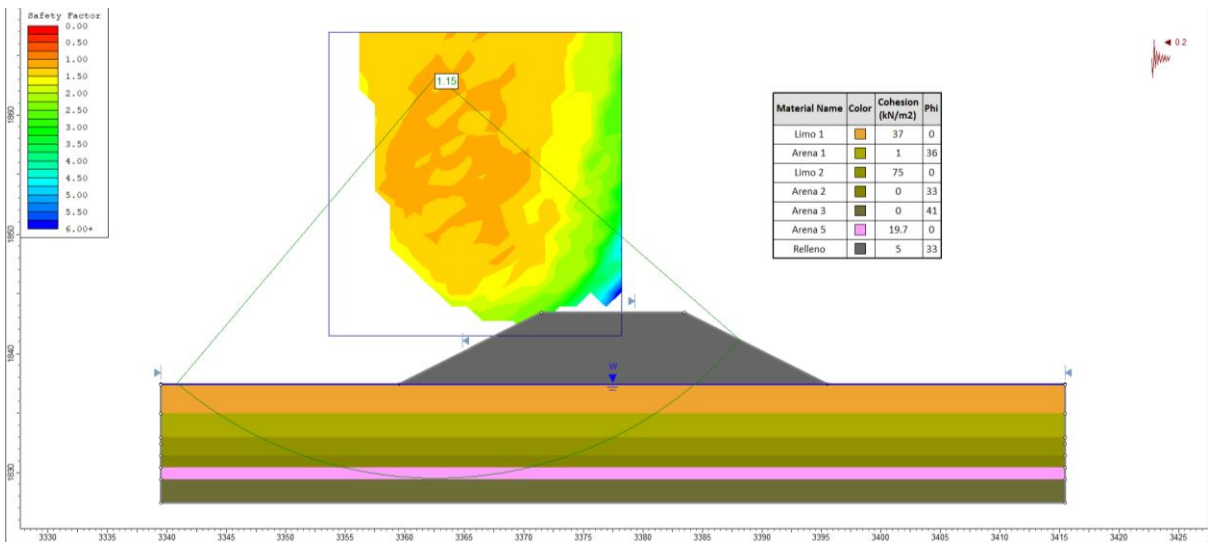


Con Confinamiento

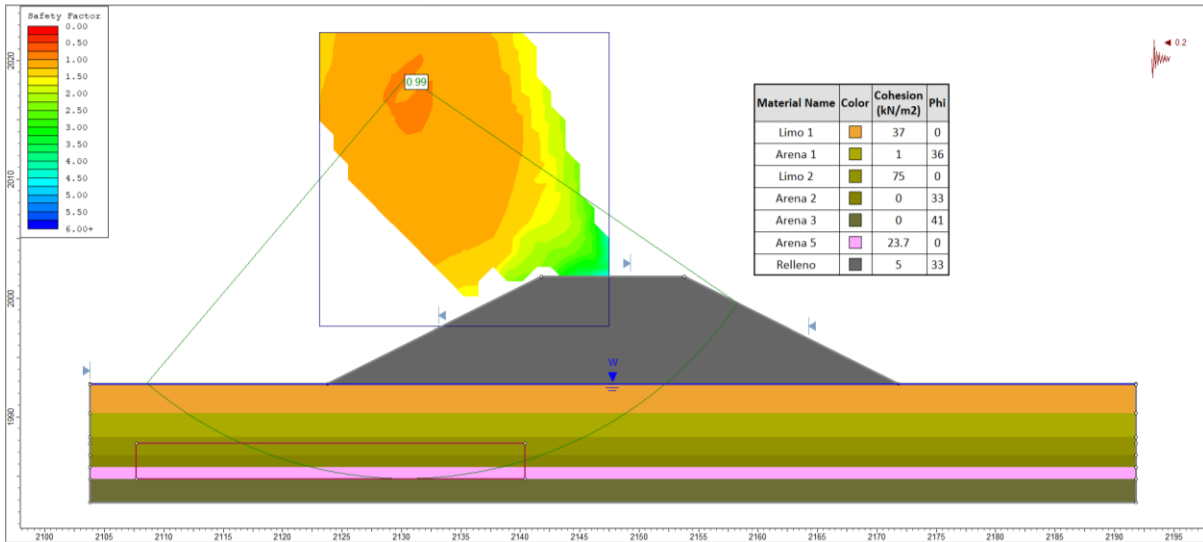
H=3m



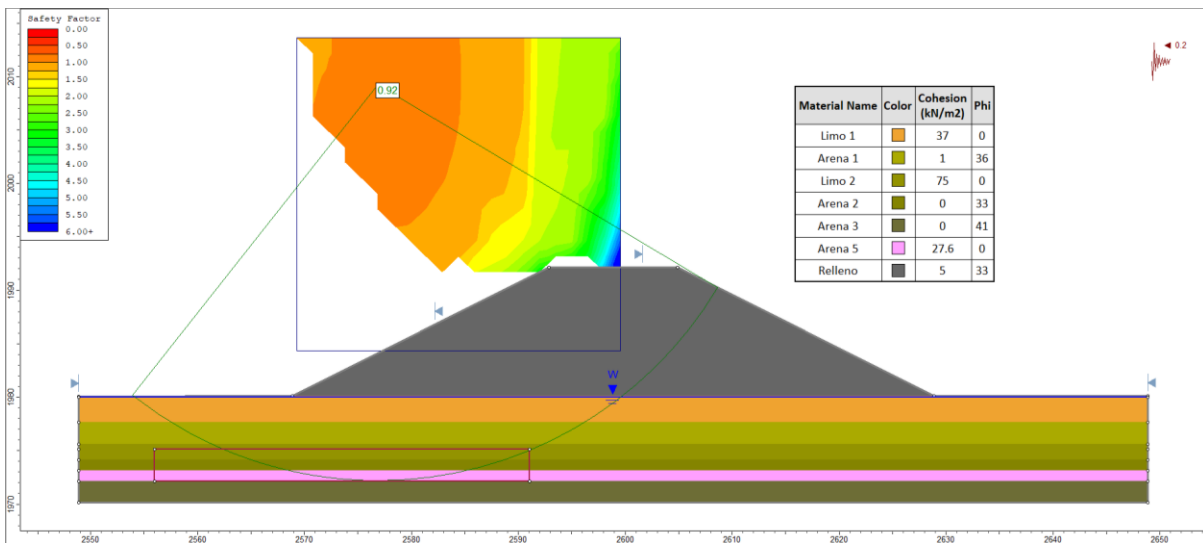
H=6m



H=9m



H=12m

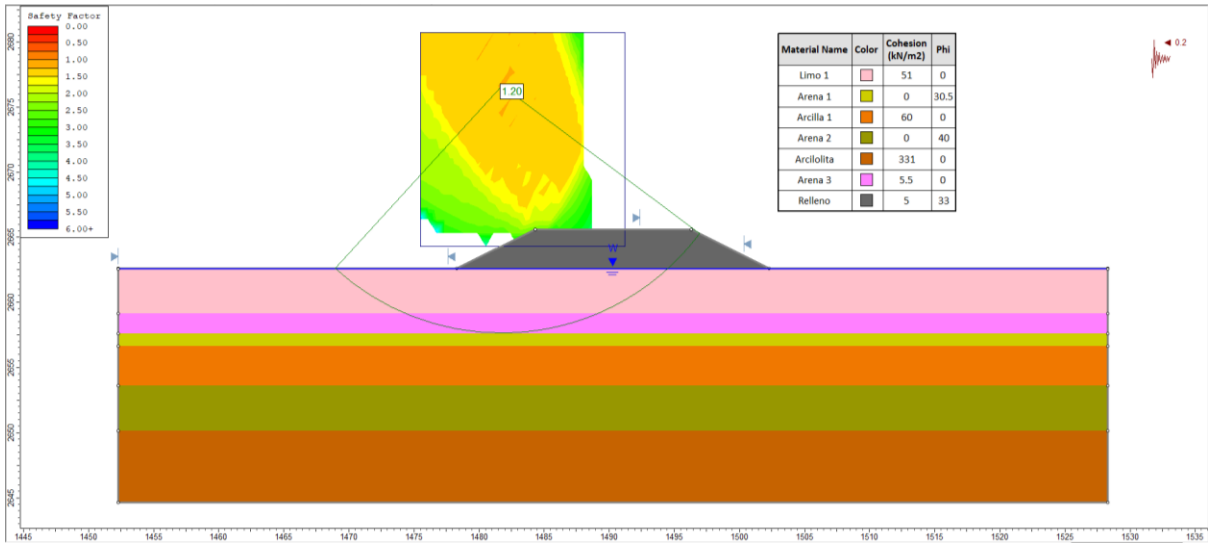


PT8-1

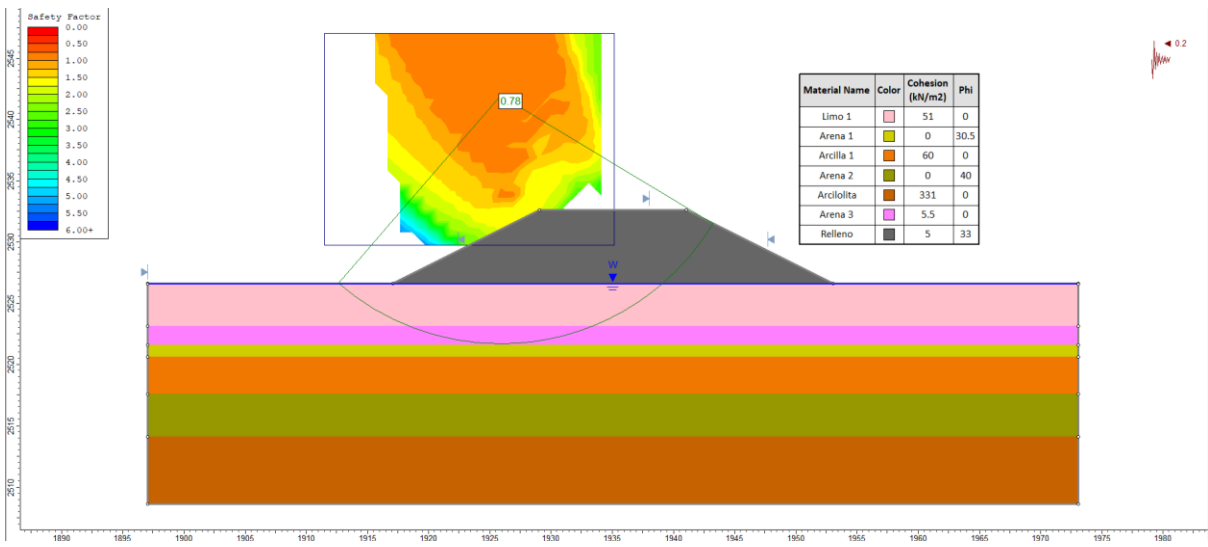
Sin Confinamiento

H=3m

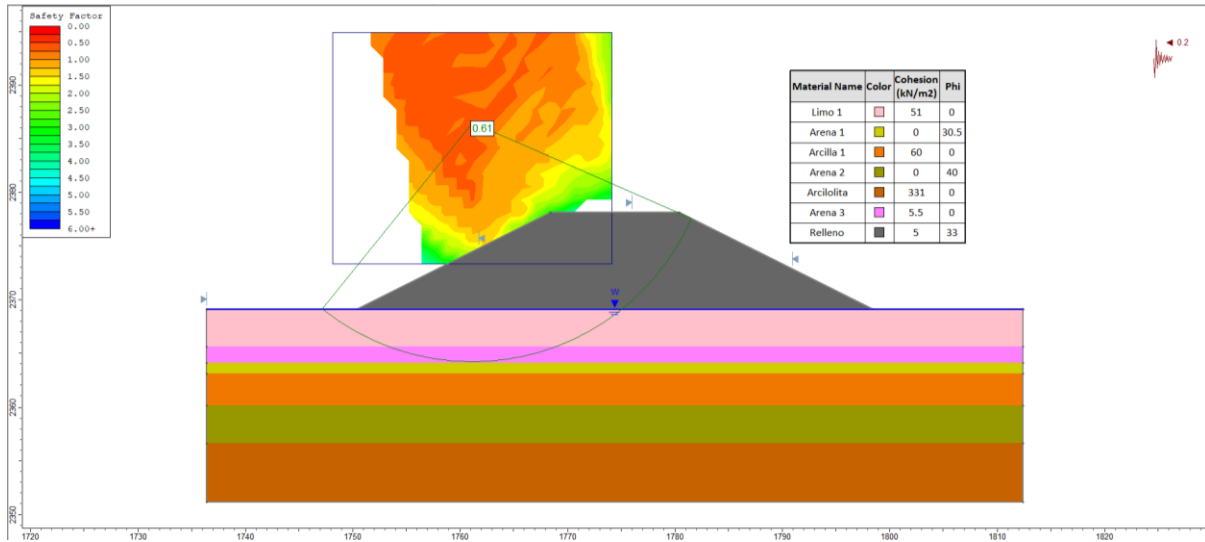




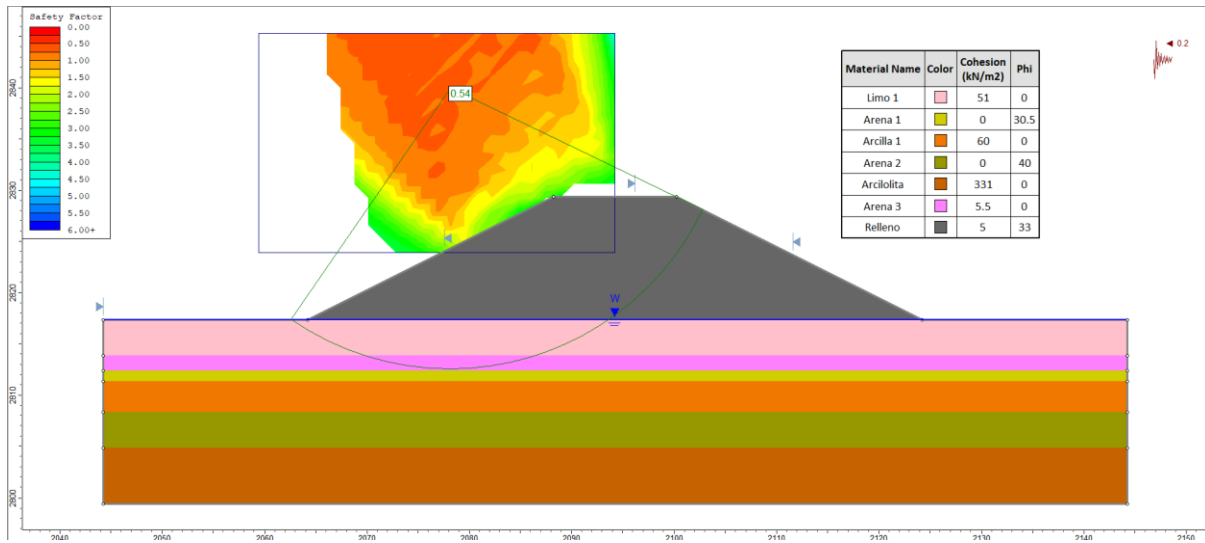
H=6m



H=9m

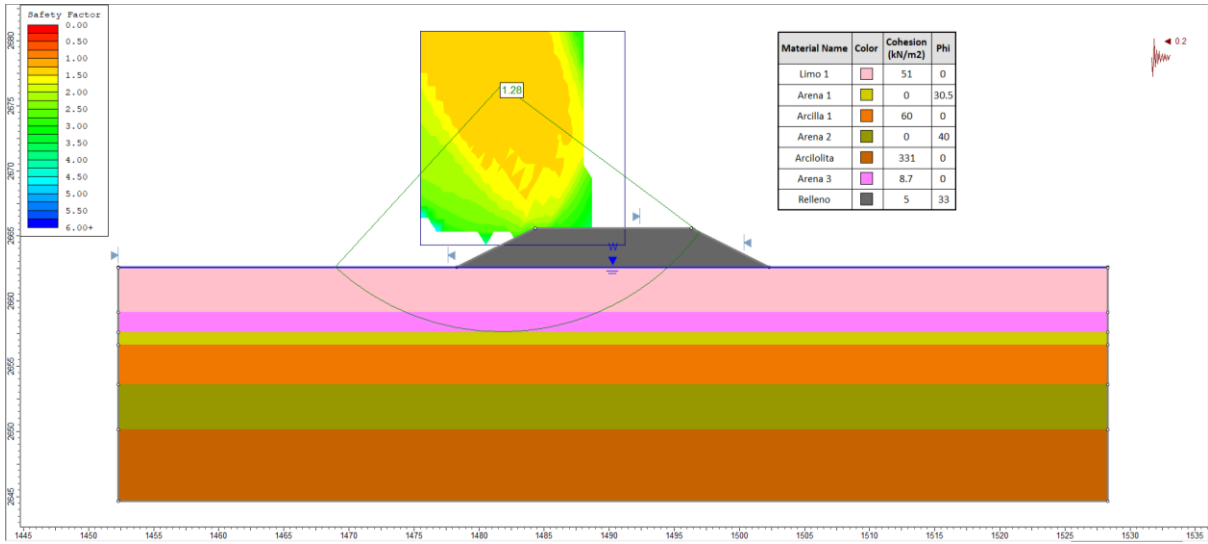


H=12m

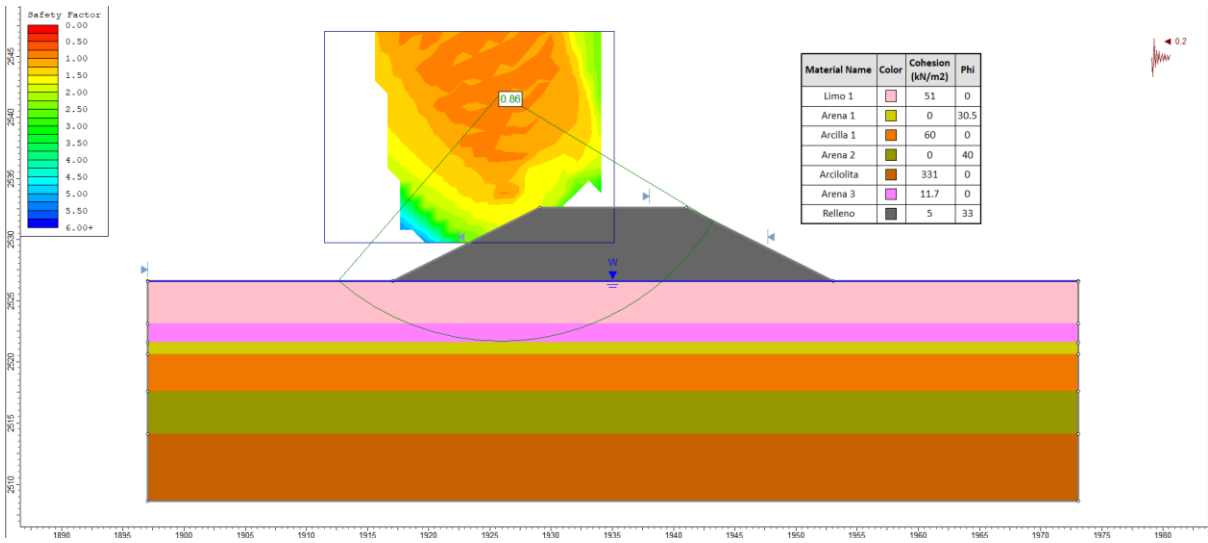


Con Confinamiento

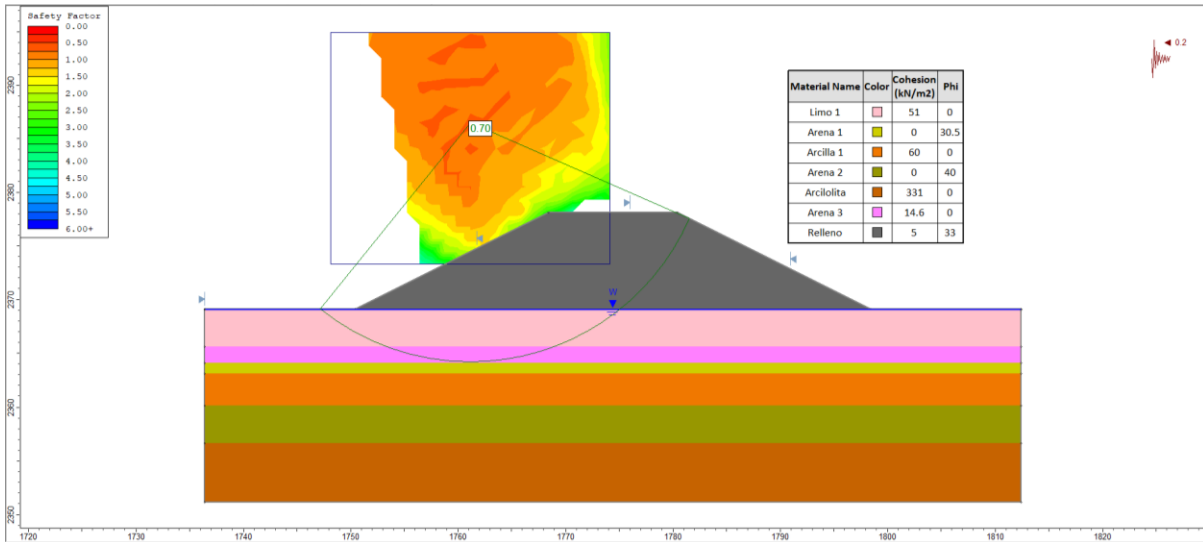
H=3m



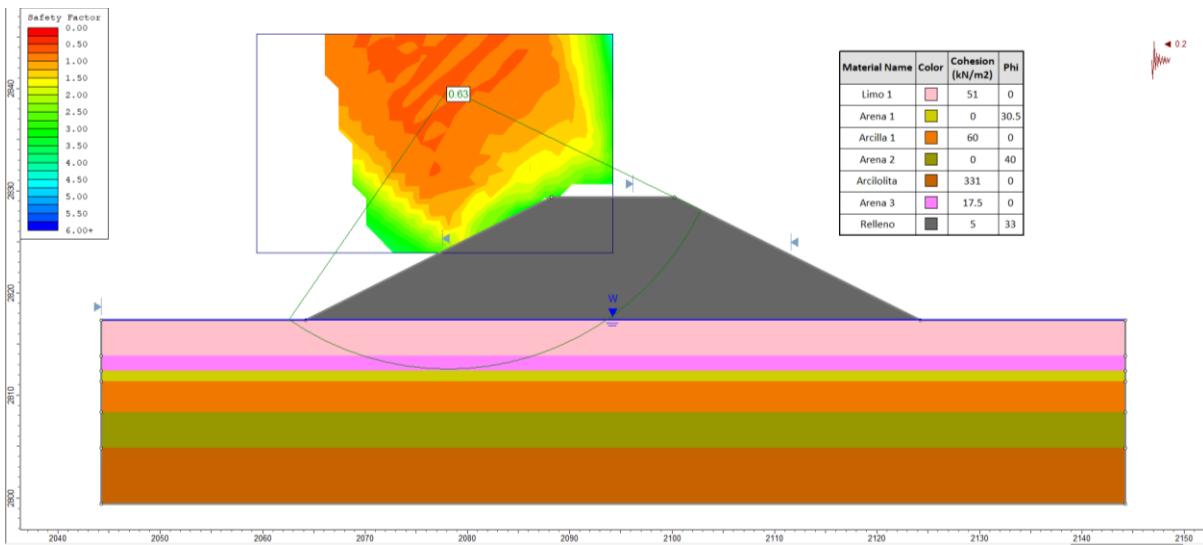
H=6m



H=9m



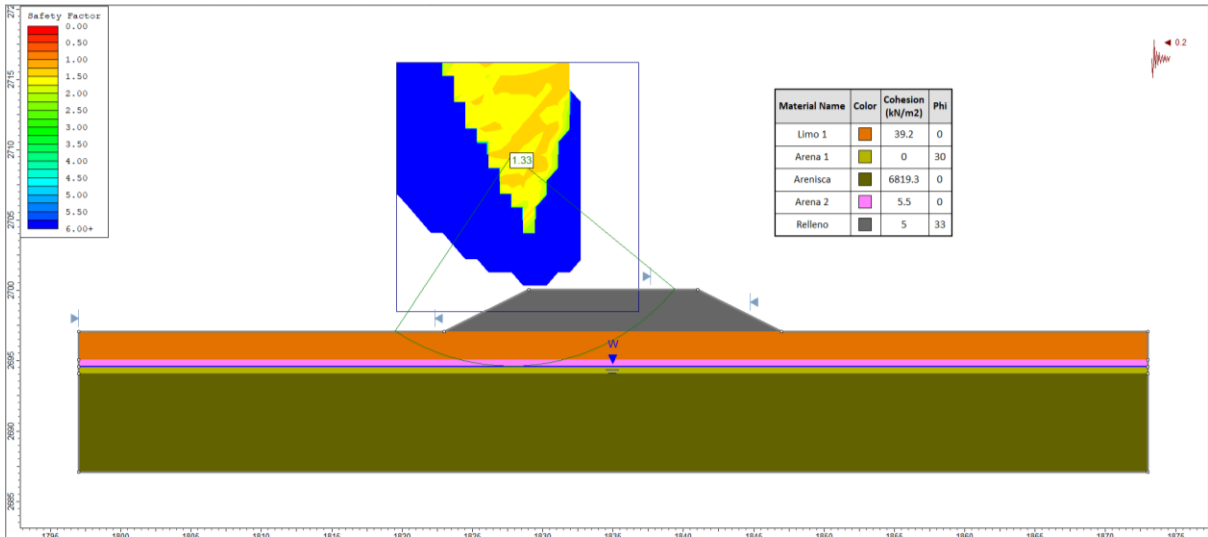
H=12m



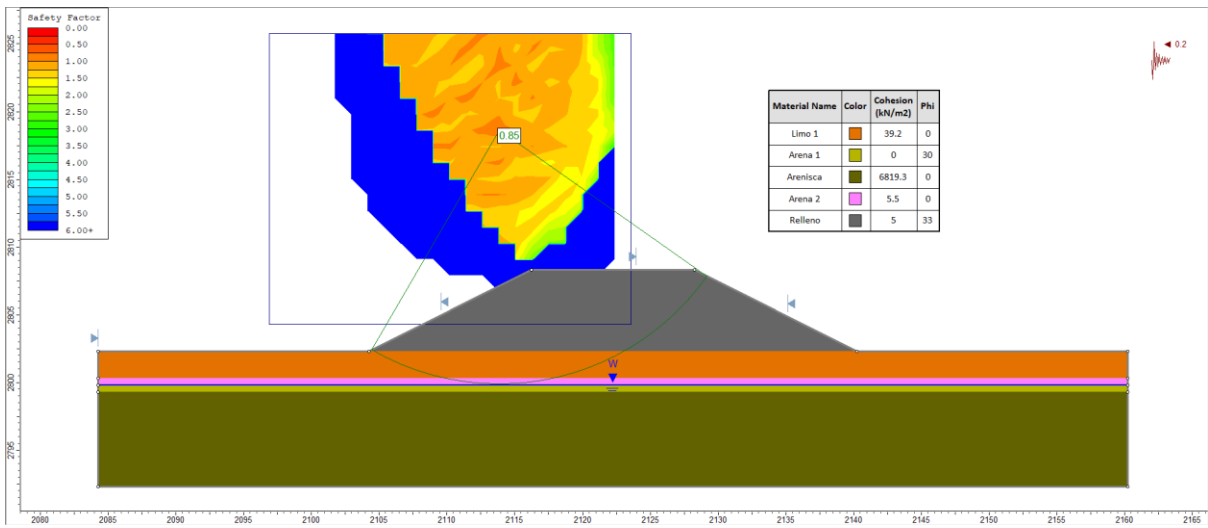
PT10-2

Sin Confinamiento

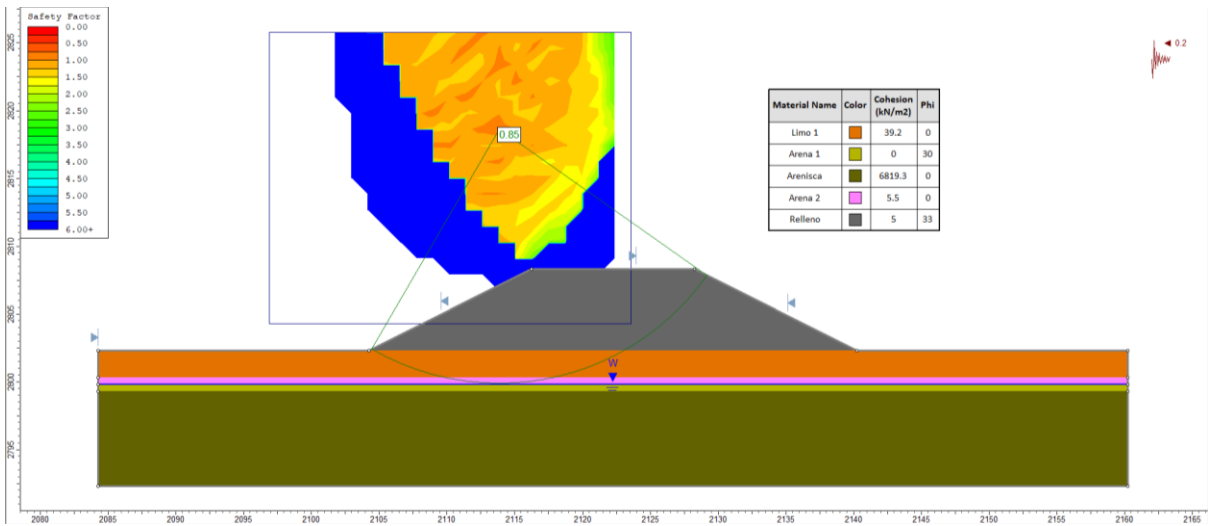
H=3m



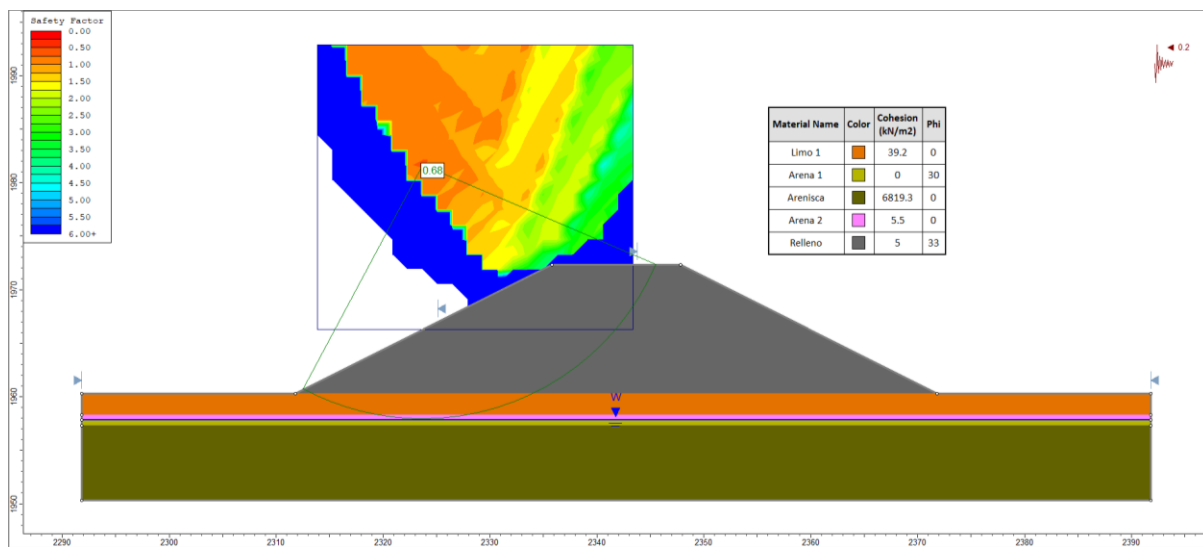
H=6m



H=9m

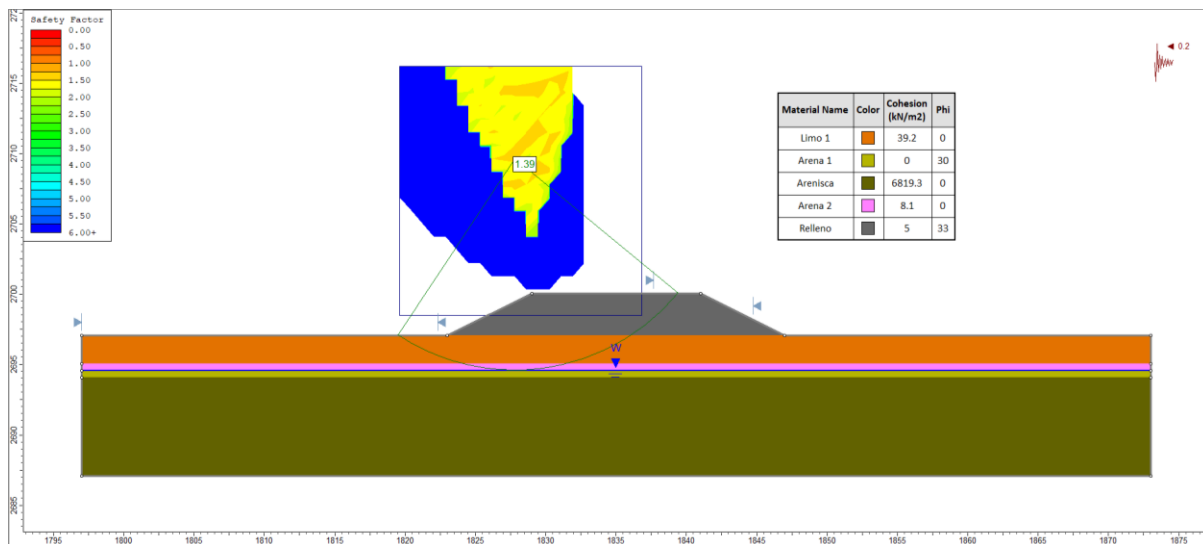


H=12m

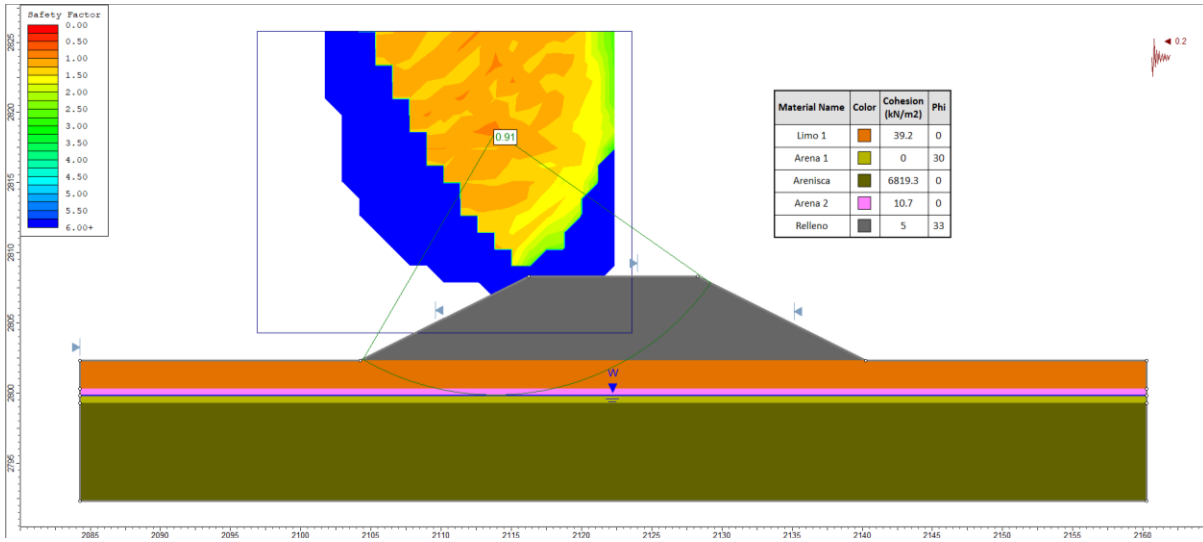


Con Confinamiento

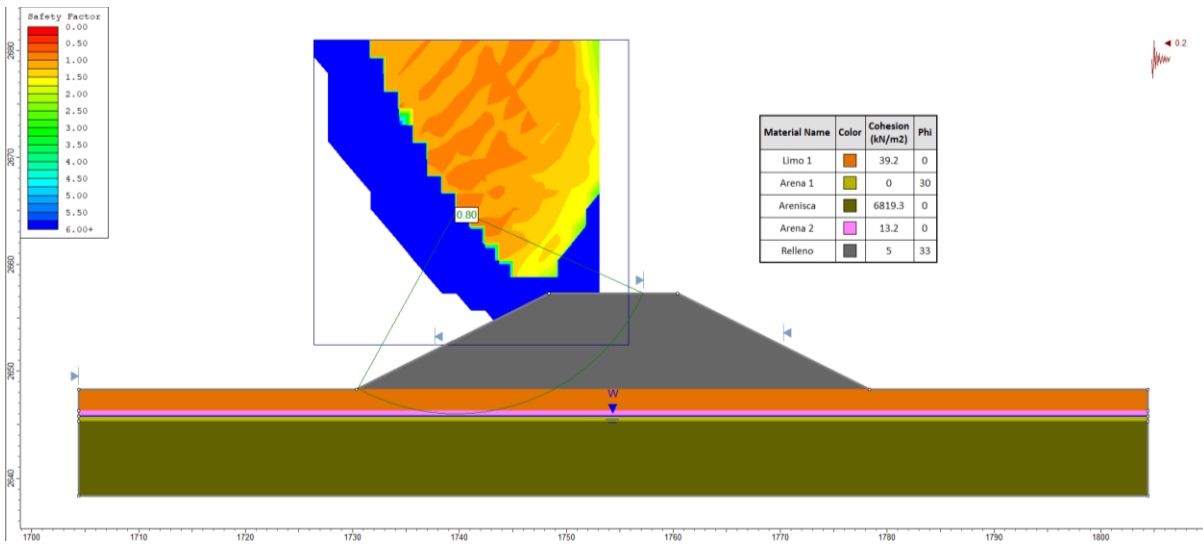
H=3m



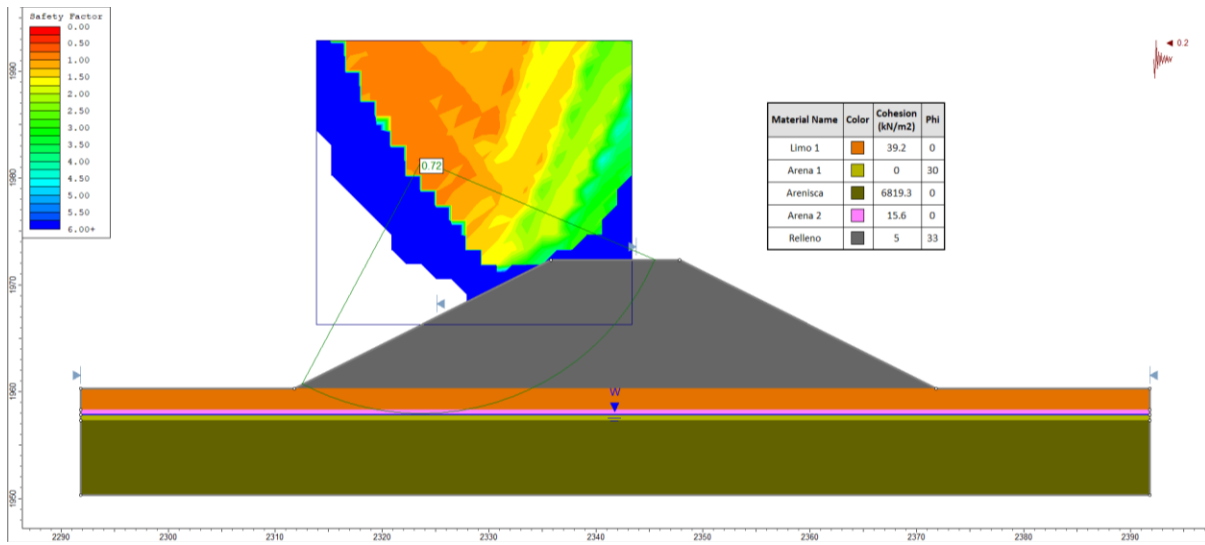
H=6m



H=9m



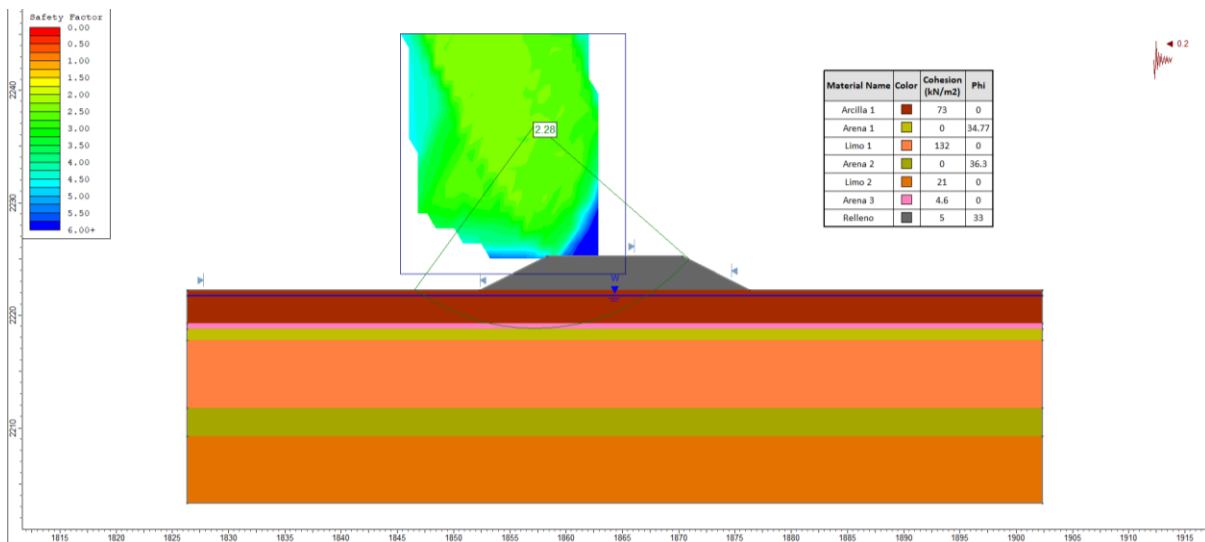
H=12m



**PT11-2**

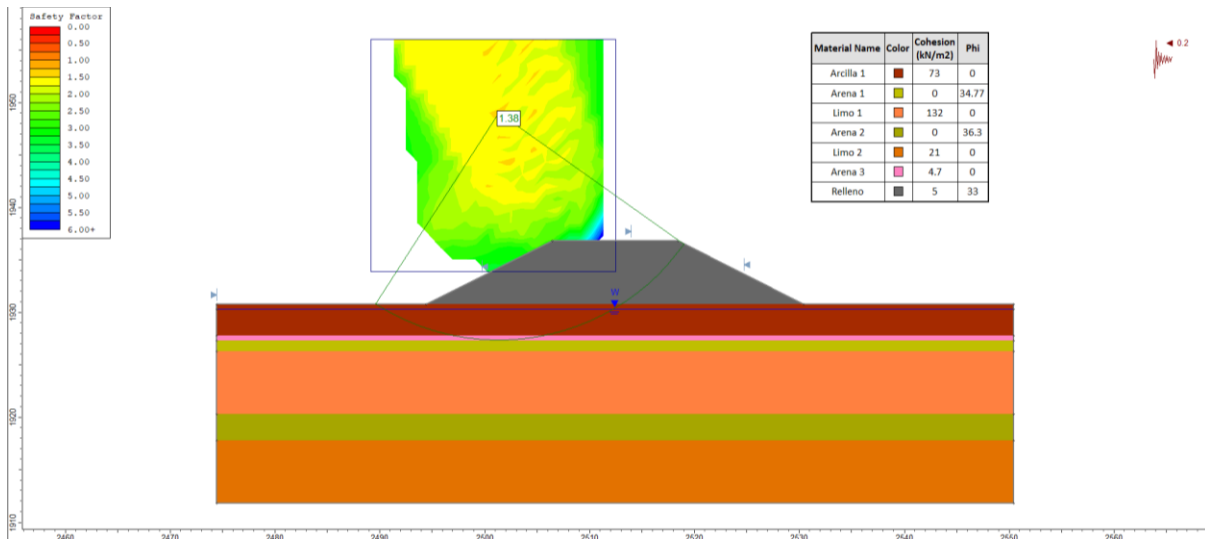
Sin Confinamiento

H=3m

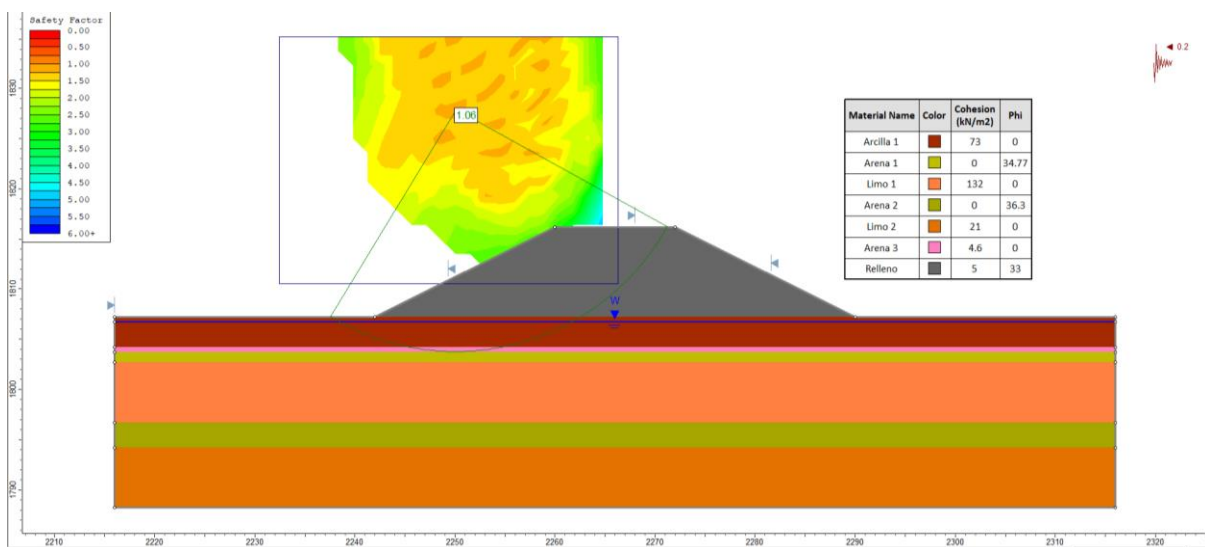


H=6m

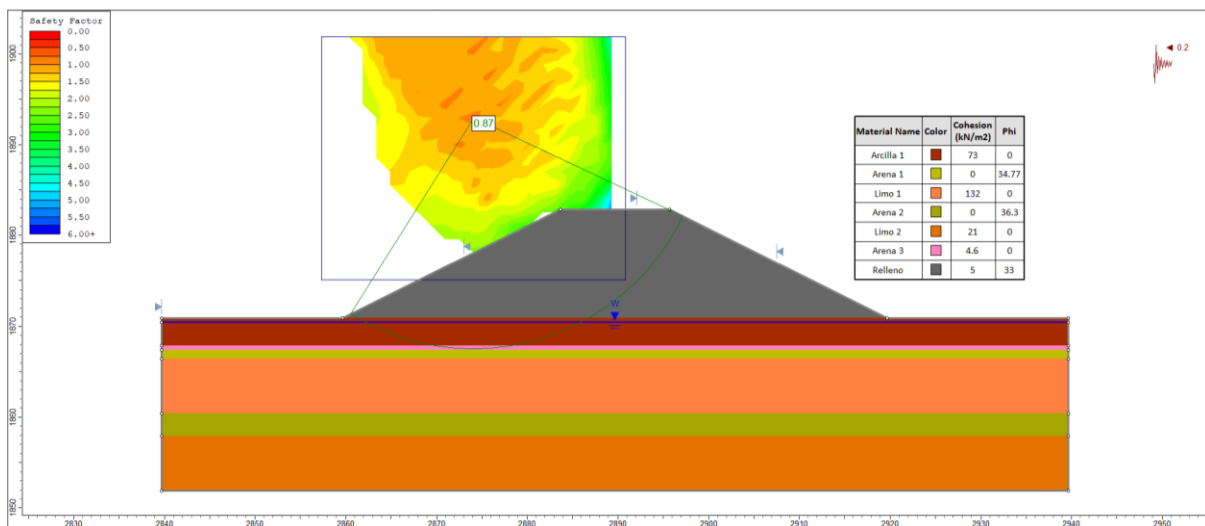




H=9m

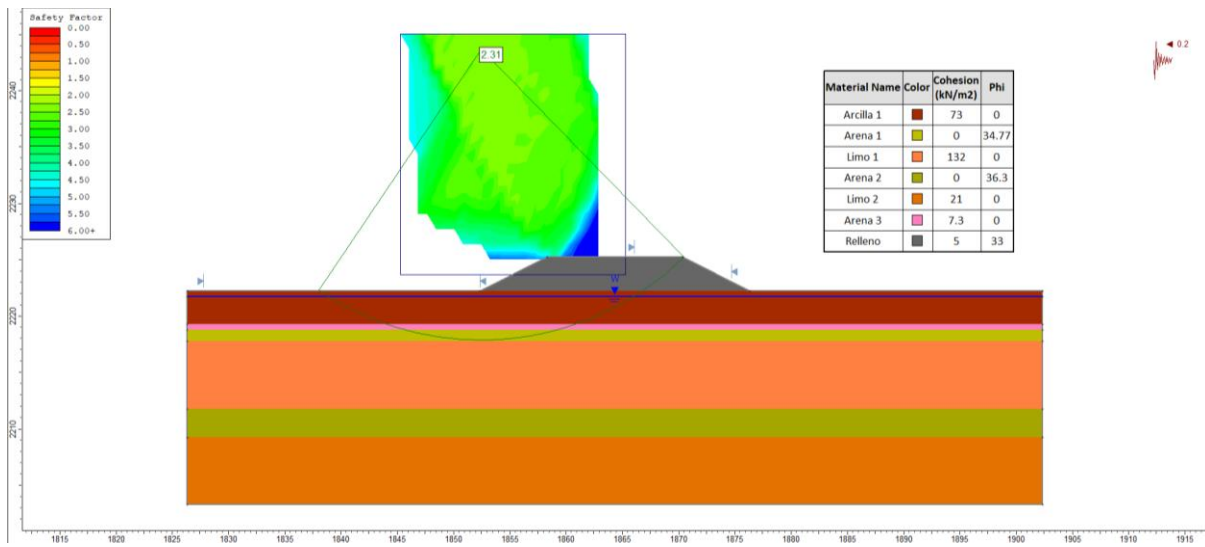


H=12m

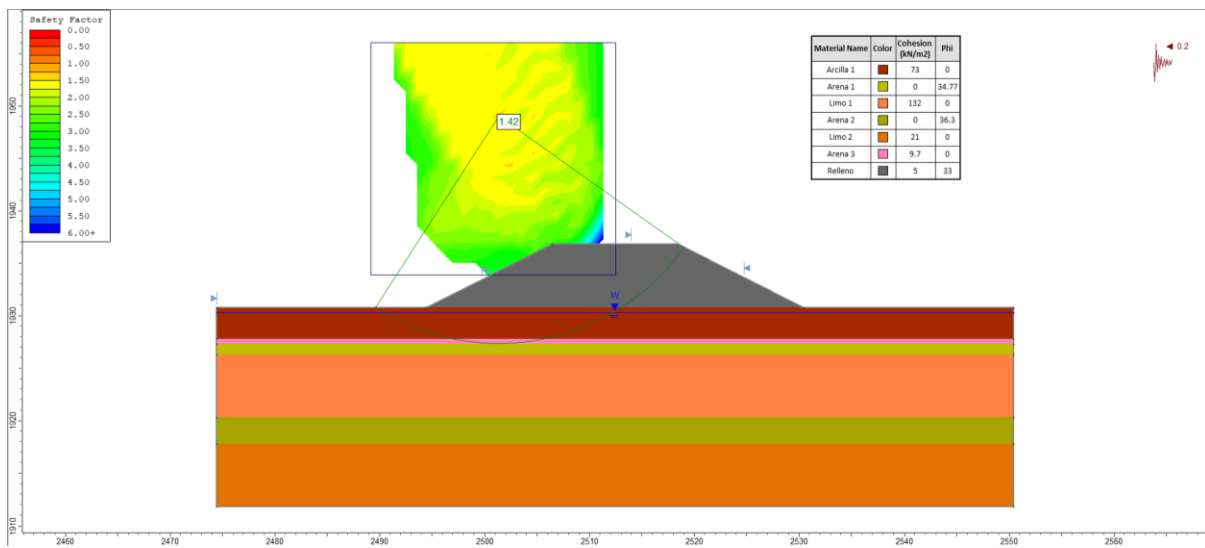


Con confinamiento

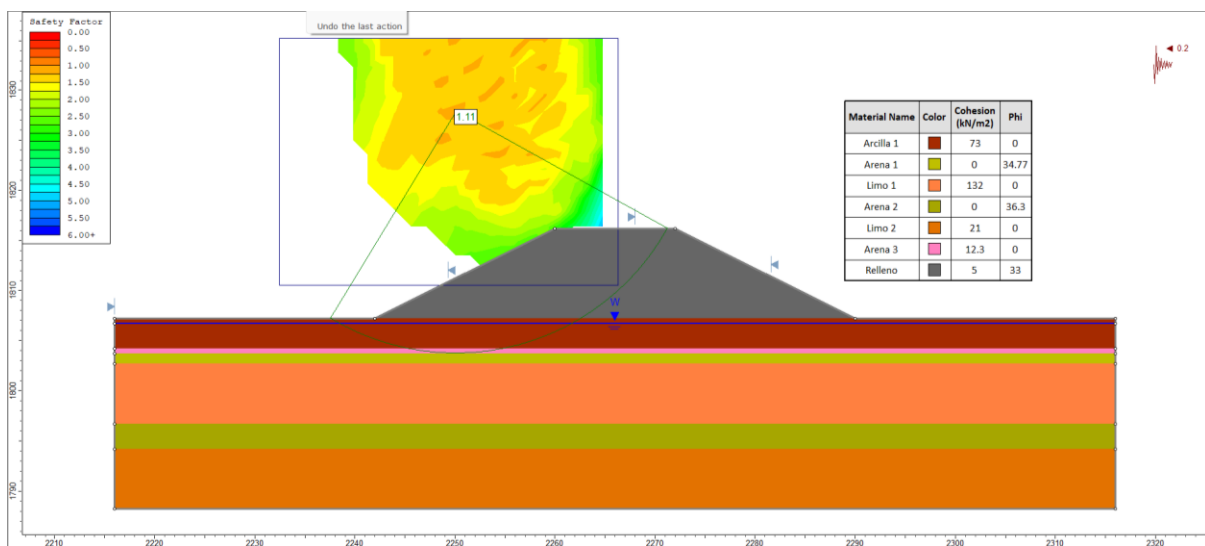
H=3m



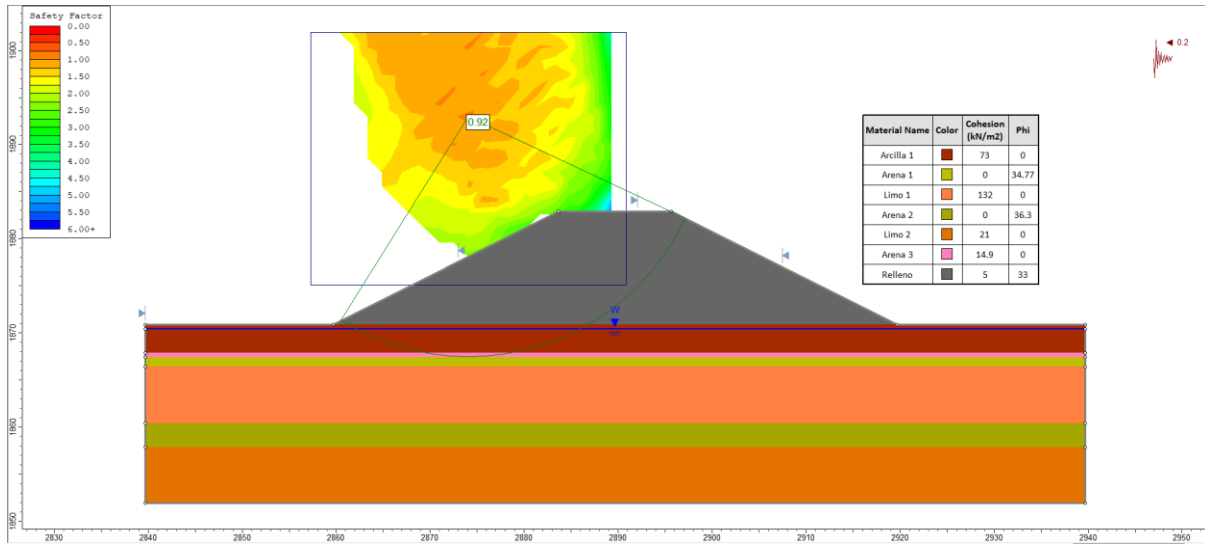
H=6m



H=9m



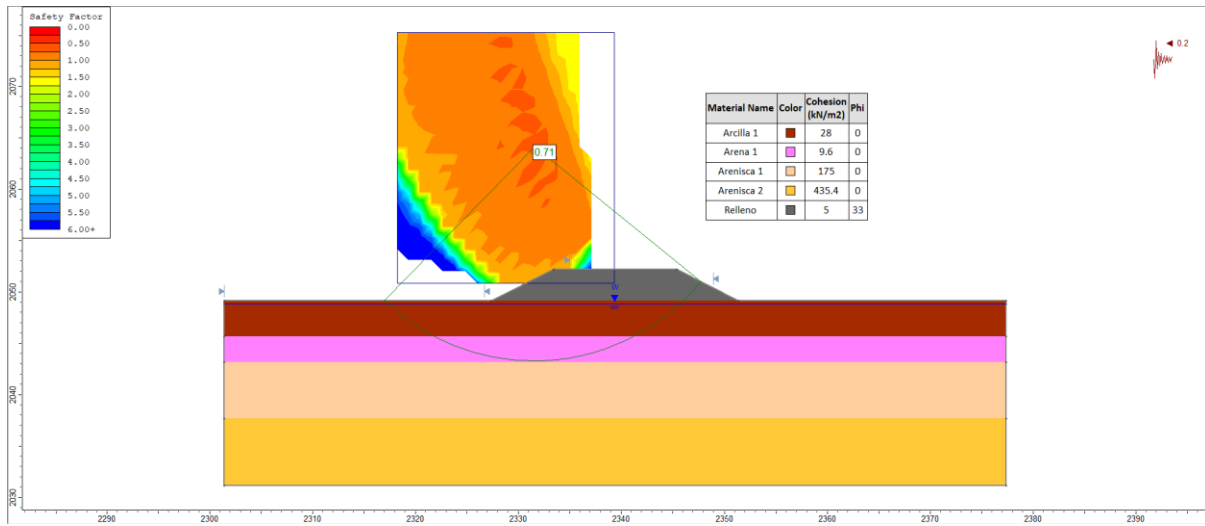
H=12m



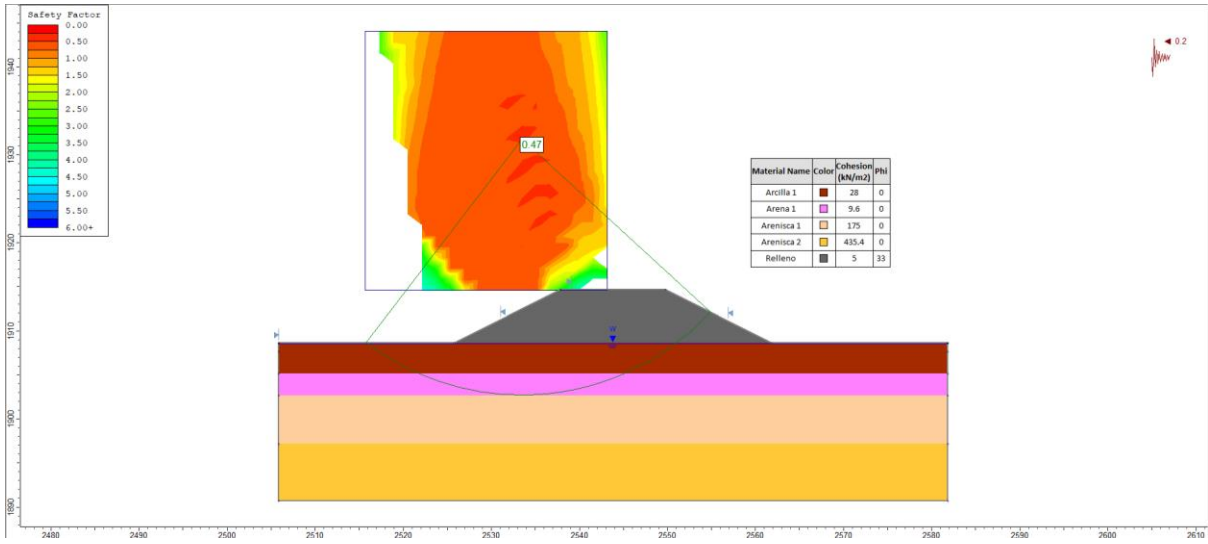
PPE-15

Sin Confinamiento

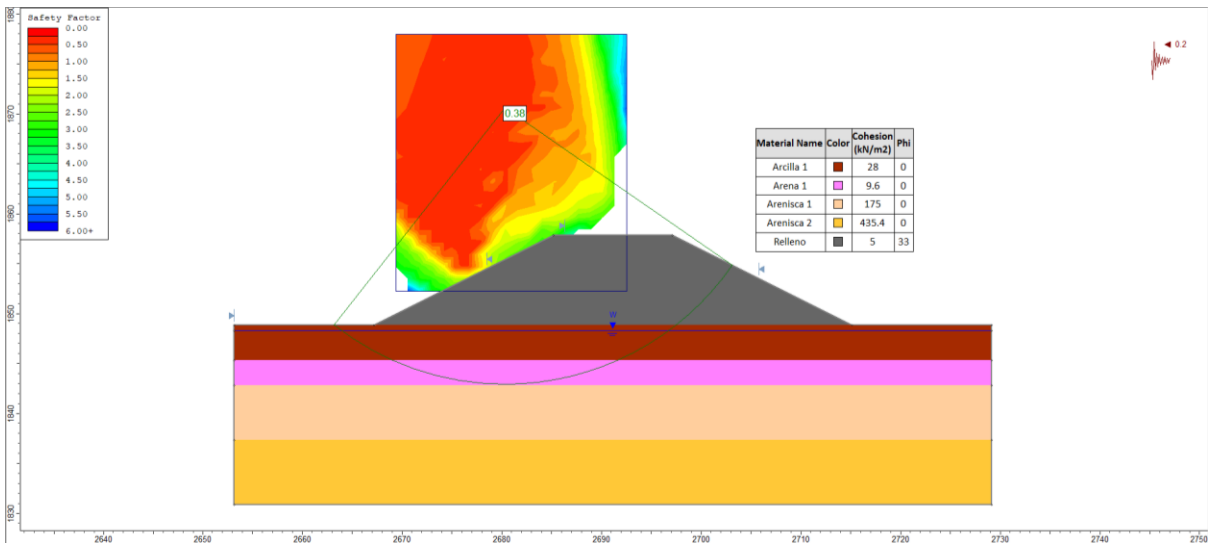
H=3m



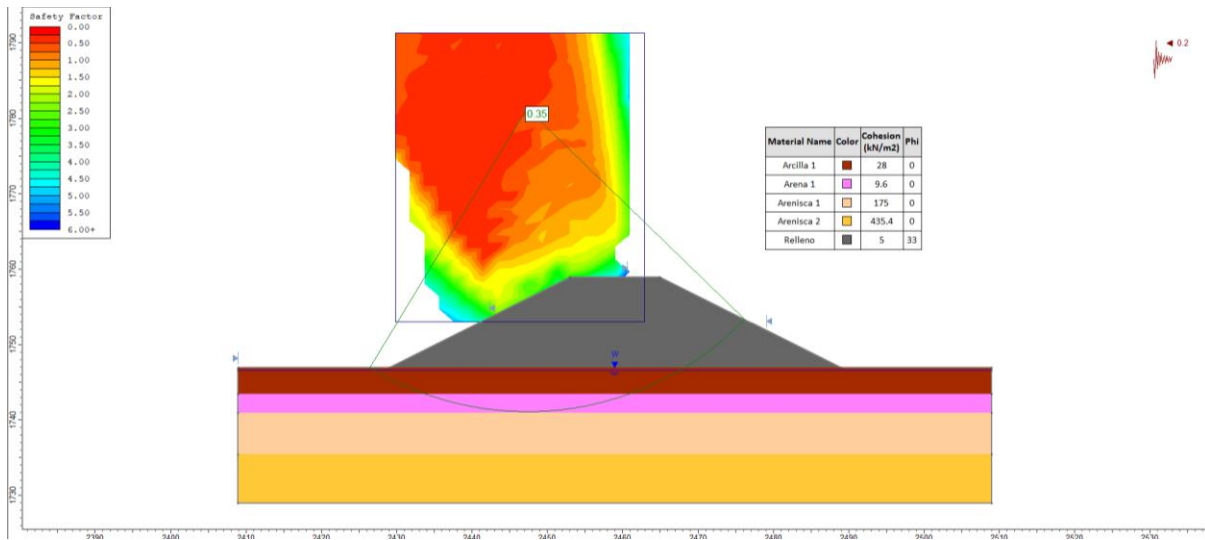
H=6m



H=9m

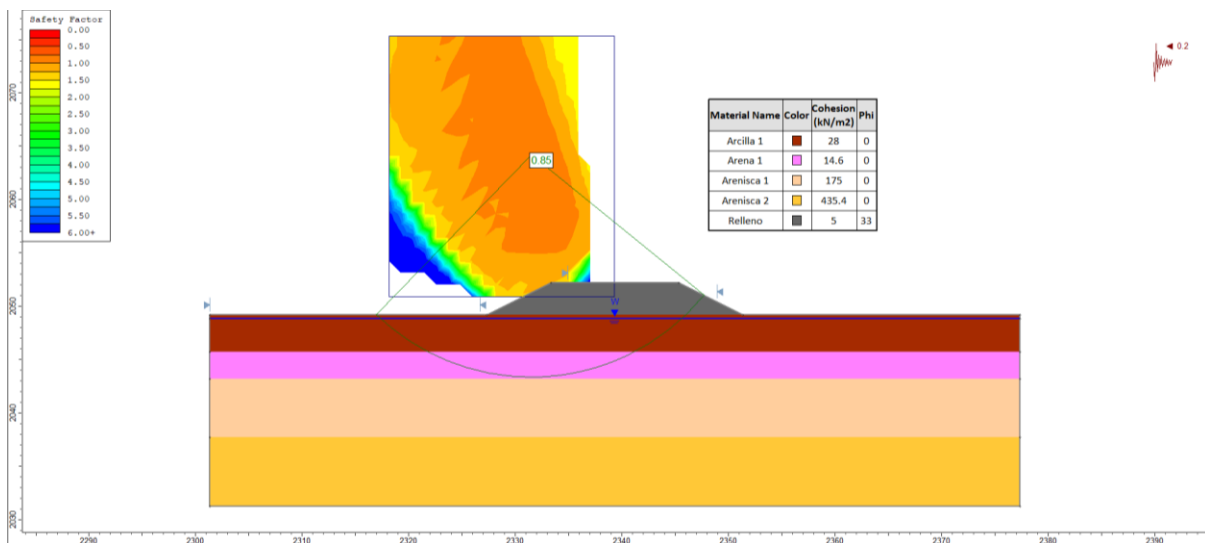


H=12m

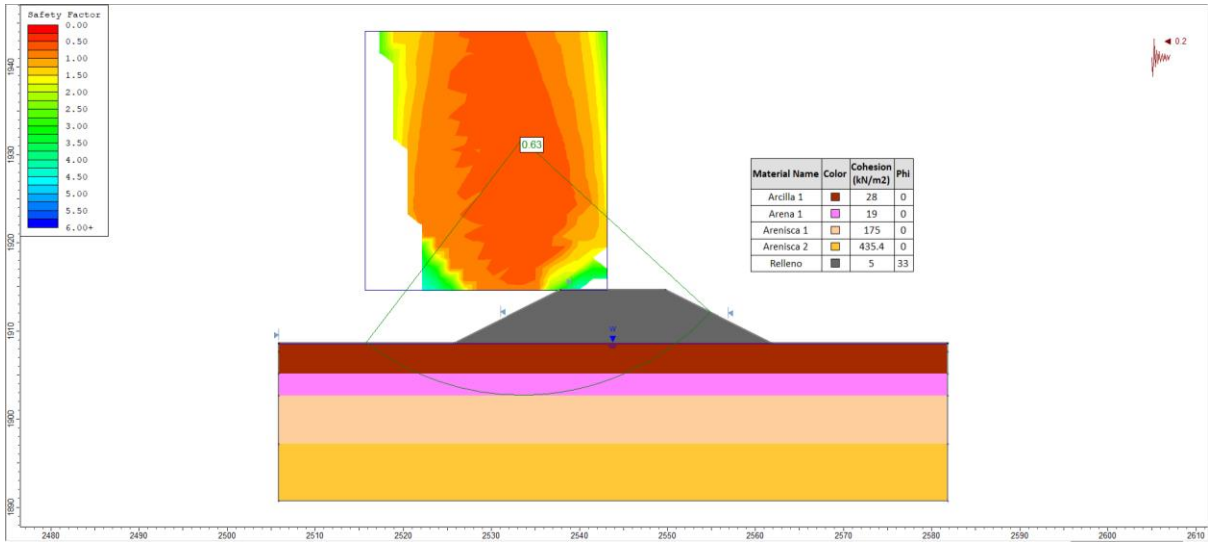


Con Confinamiento

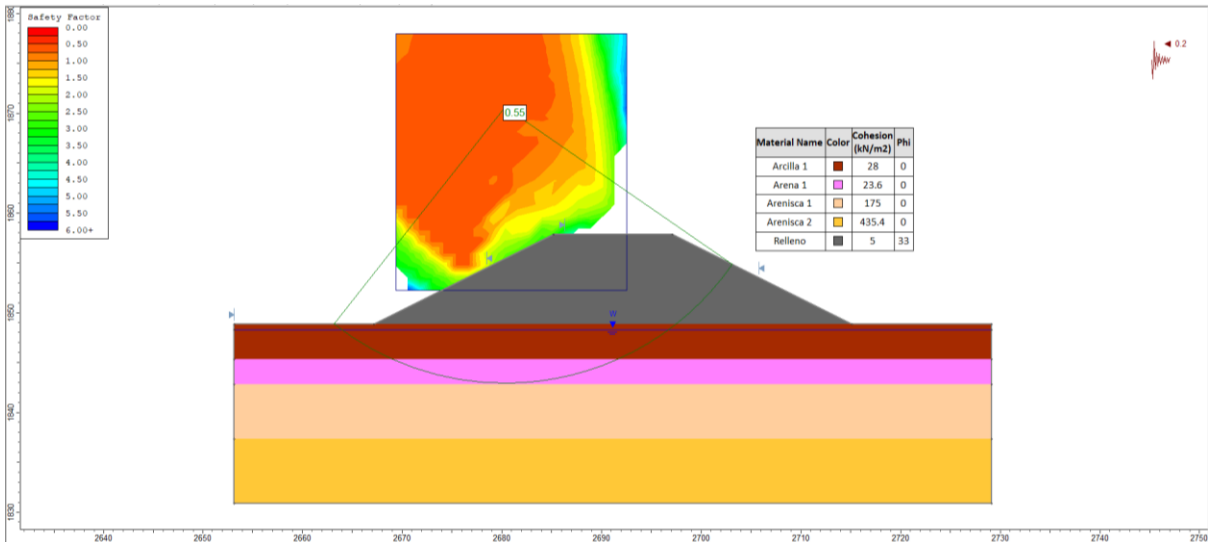
H=3m



H=6m



H=9m



H=12m

