

Conferencia Internacional de Ingeniería Sísmica

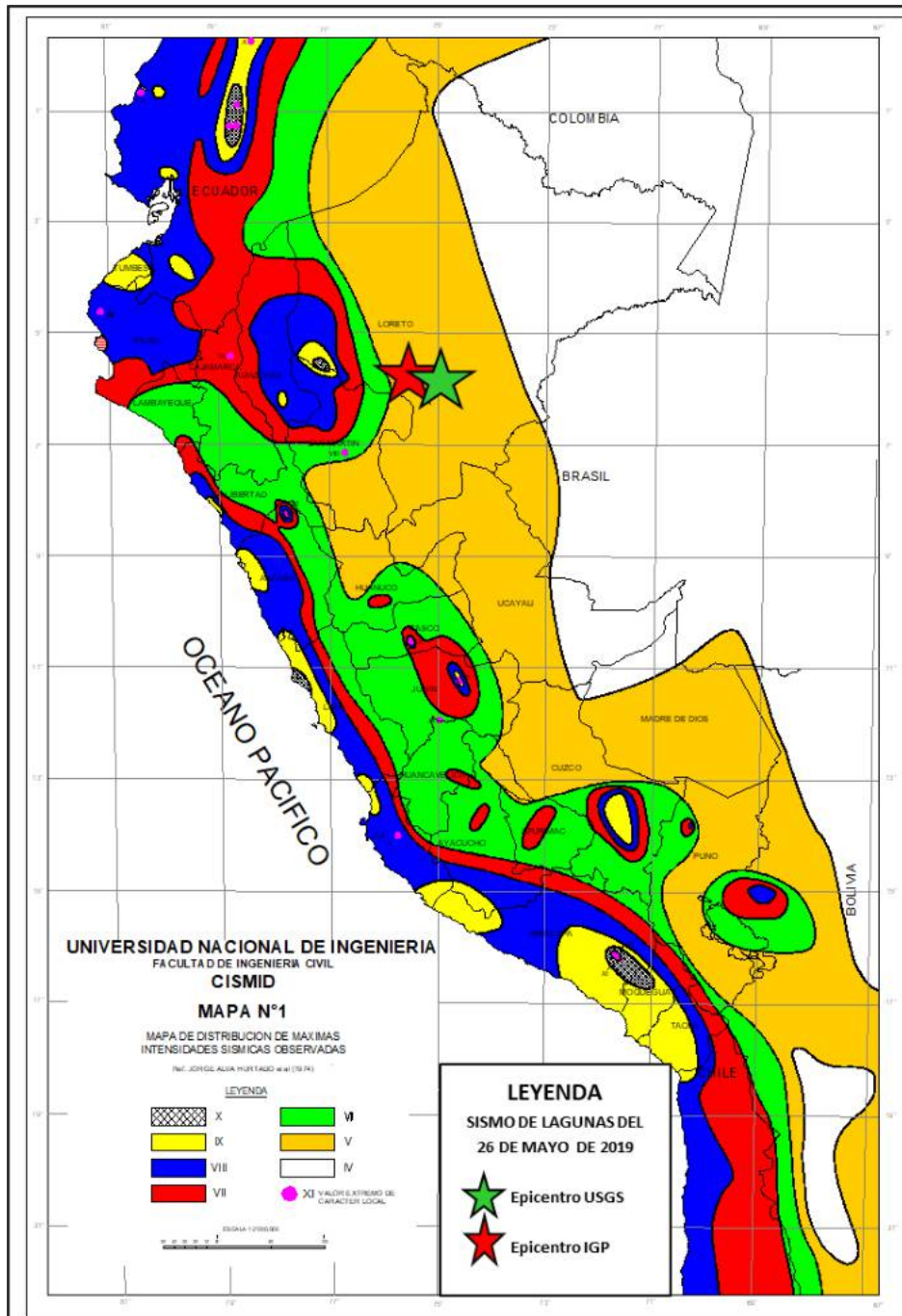
*CISMID: 40 años de ciencia, innovación, y evaluación de
infraestructura para ciudades resilientes.*

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN DURANTE EL SISMO DE LAGUNAS, LORETO, 2019

Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado
Dra. Ing. Carmen Ortiz Salas
Mag. Ing. Jorge Soto Huamán
Ing. Grover Riveros Soto

INTRODUCCIÓN

- **EL 26 DE MAYO DEL 2019, A LAS 2h 41m (HORA LOCAL) OCURRIÓ EL SISMO DE LAGUNAS $M_w = 8.0$ Prof. 135 Km EN ALTO AMAZONAS, LORETO**
- **OCURRIERON DAÑOS A EDIFICACIONES Y LICUACIÓN DE SUELOS EN VARIOS LUGARES, INCLUYENDO TAMARATE**
- **EL EPICENTRO TUVO LAS COORDENADAS Lat -05.74° y Long -75.55° A 70 Km AL SUR ESTE DE LAGUNAS. LA INTENSIDAD FUE DE VI-VII MM**
- **LA ACELERACIÓN MÁXIMA REGISTRADA FUE DE $0.098g$ EN LA ESTACIÓN UNTRM A UNA DISTANCIA EPICENTRAL DE 292.21 Km**



DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS OBSERVADAS EN EL PERÚ

(Alva et al, 1984)

SISMO DE LAGUNAS – ALTO AMAZONAS – LORETO DEL 26 DE MAYO DE 2019

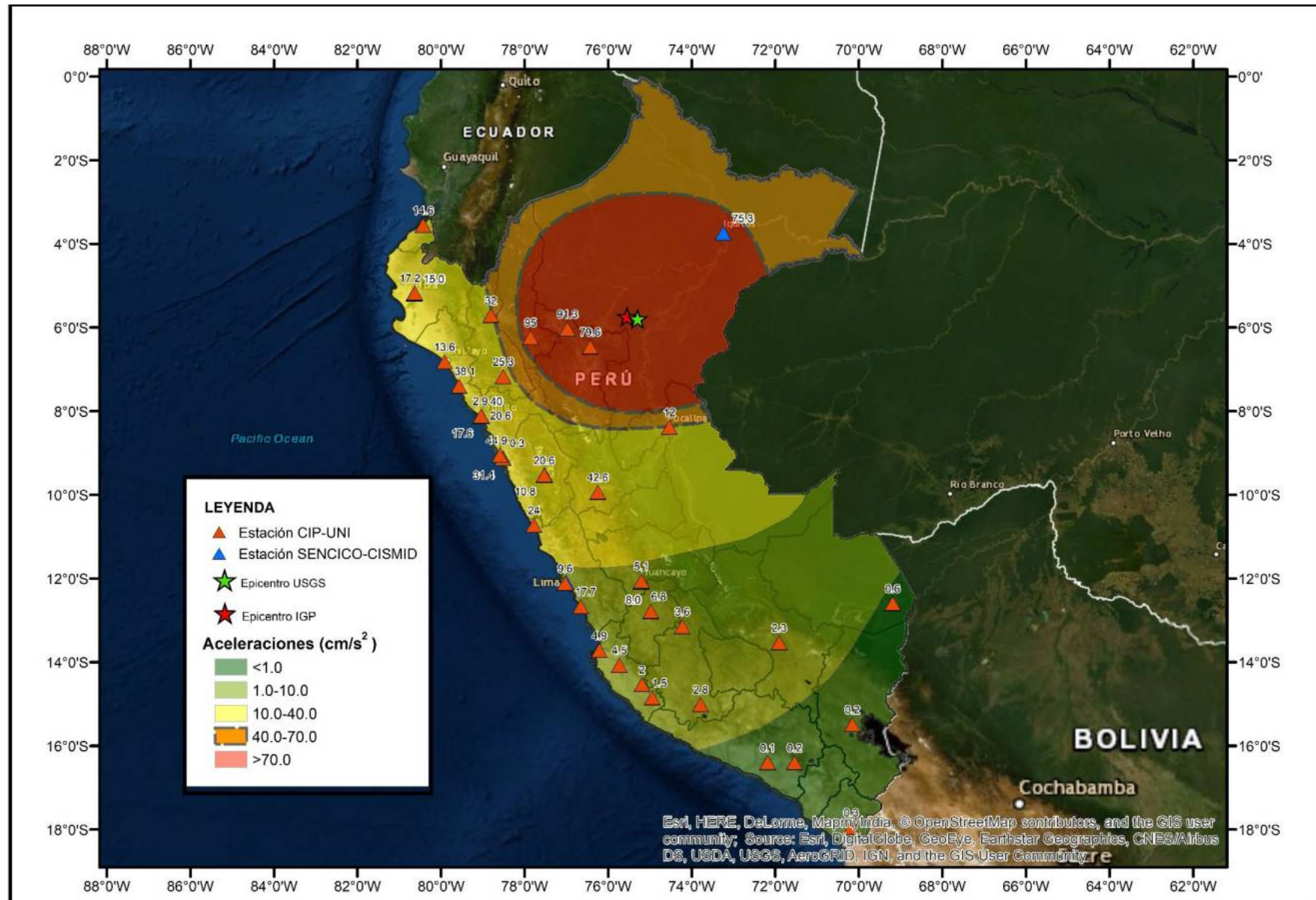
Mw = 8.0 (IGP), Mw = 8.0 (USGS)



Fuente	Coordenadas geográficas (°)		Profundidad (Km)	Hora Epicentral UTC
	Latitud Sur	Longitud Oeste		
IGP	-5.740	-75.550	135.0	07:41:12
USGS	-5.796	-75.298	109.9	07:41:14

El IGP ubica el epicentro a 70 km al Sur Este de Lagunas, Alto Amazonas, Loreto, con intensidad máxima en la escala modificada de Mercalli de VI-VII en Lagunas.

La Red Acelerográficas CIP-UPG-FIC-UNI ha registrado este evento en 44 Estaciones Acelerográficas.

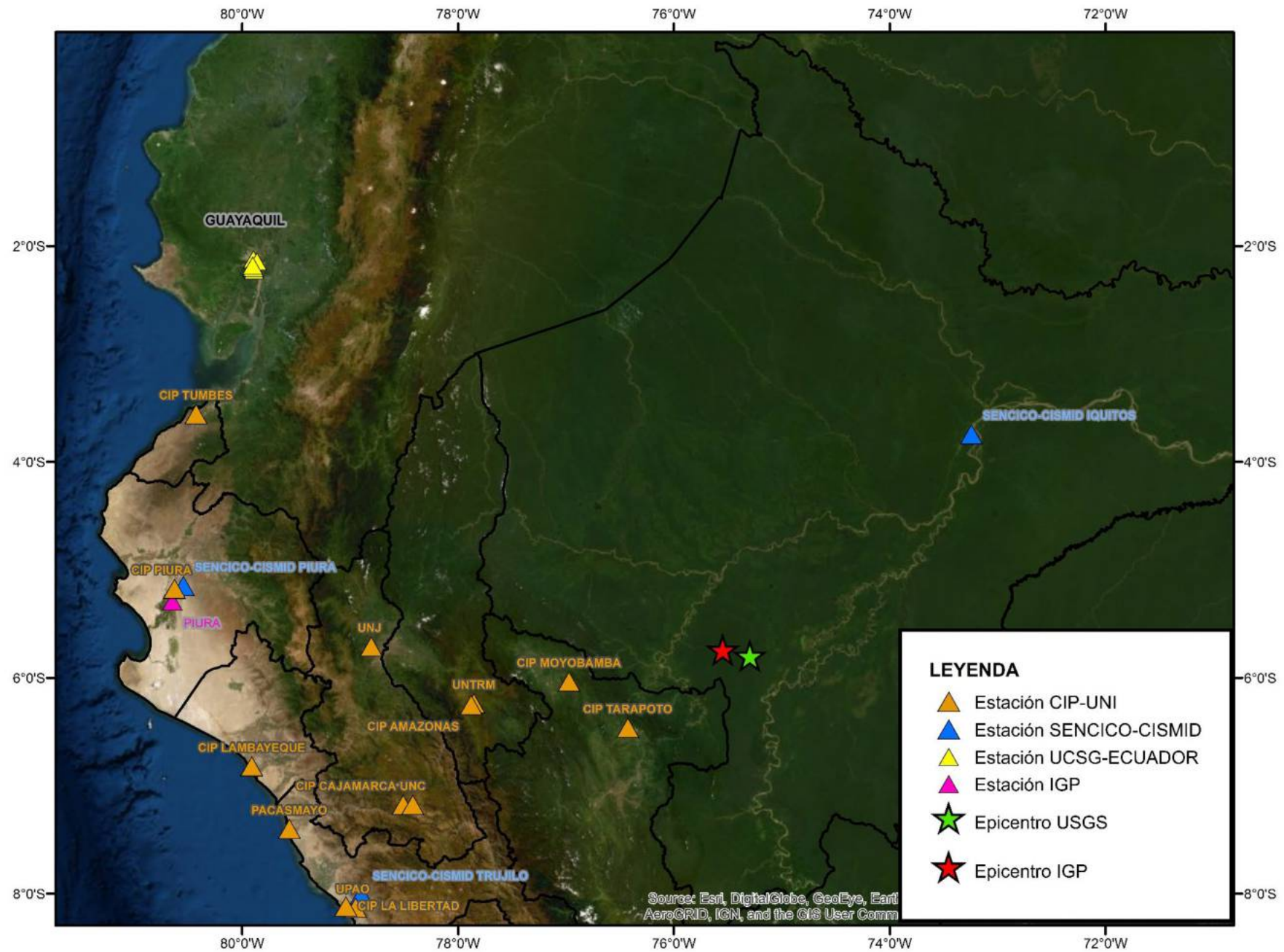


RED ACELEROGRÁFICA CIP - POSGRADO UNI

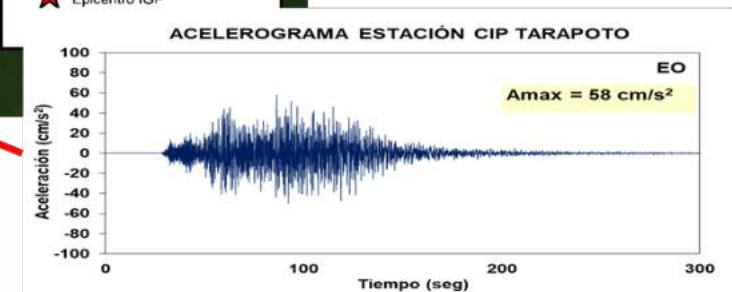
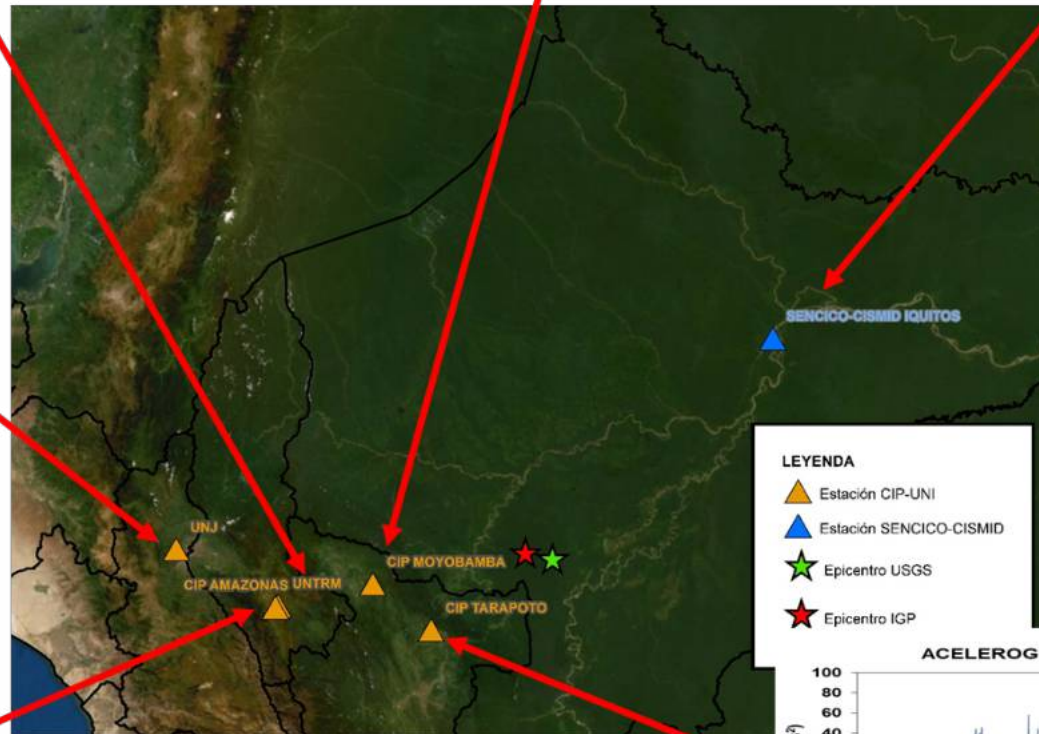
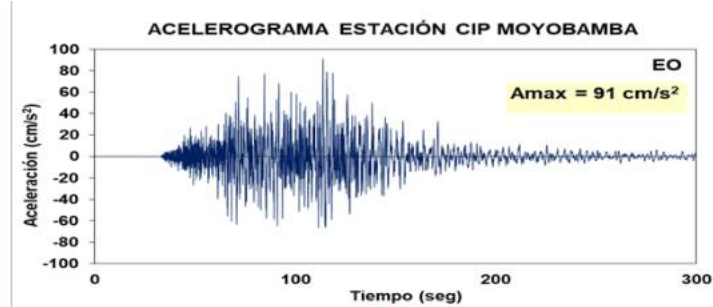
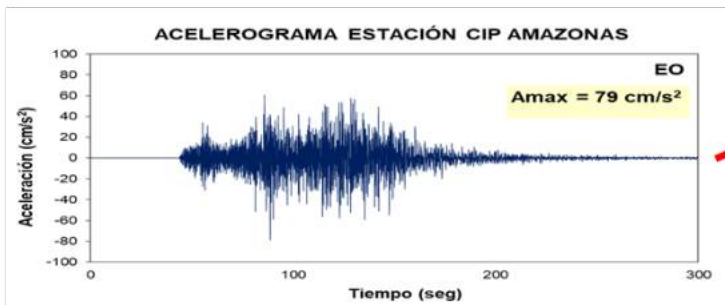
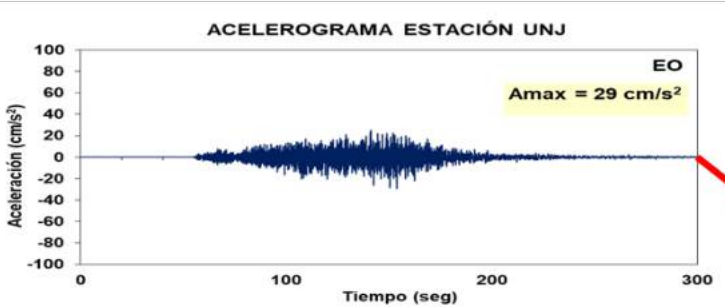
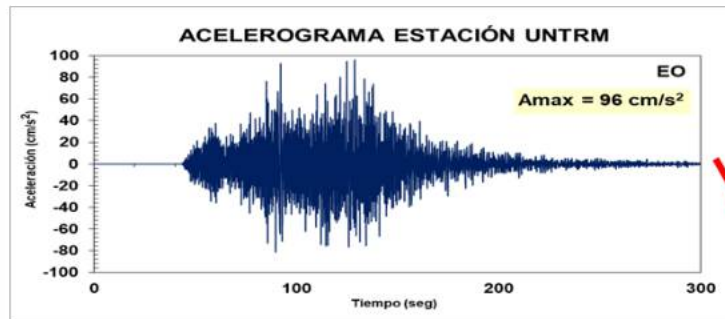


PLANO:

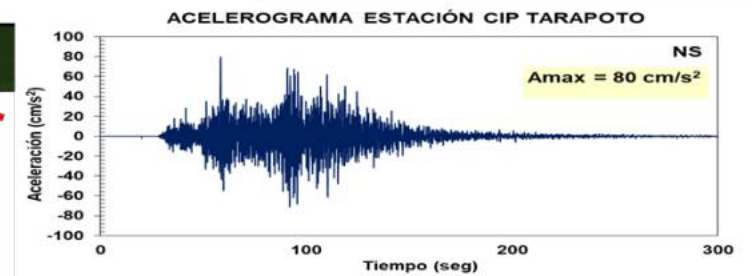
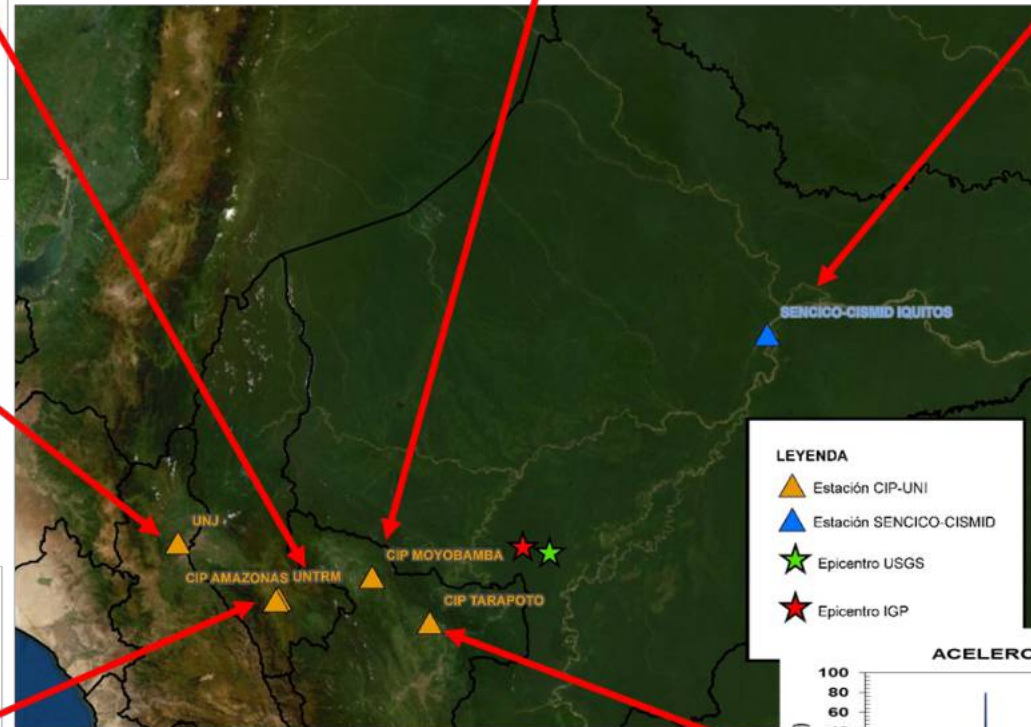
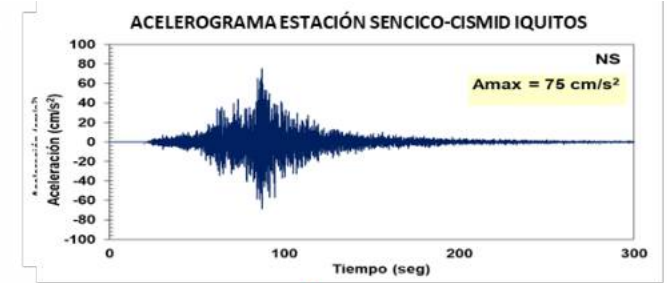
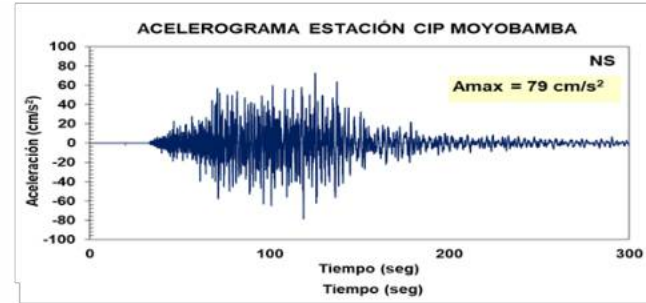
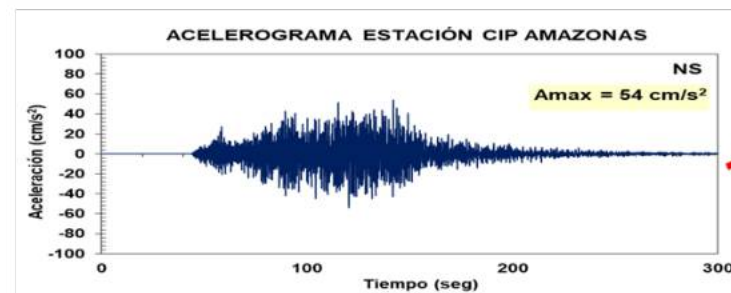
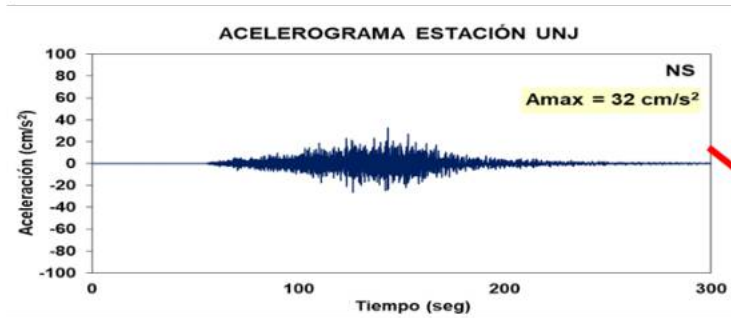
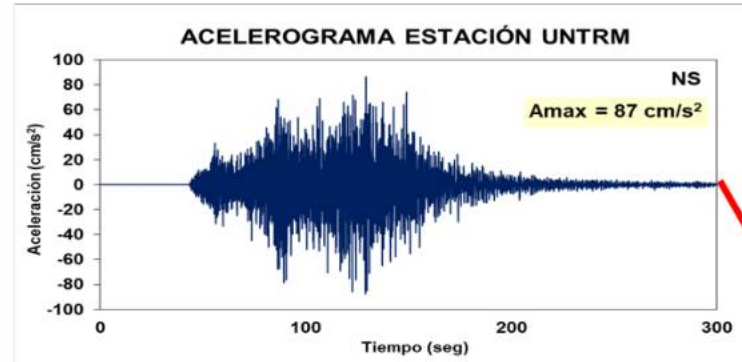
MAPA DE ACELERACIONES DEL SISMO DE LAGUNAS, ALTO AMAZONAS LORETO
DEL 26 DE MAYO DE 2019 (HORA UTC 07:41:12)
Mw=7.5 (IGP), Mw=8.0 (USGS)



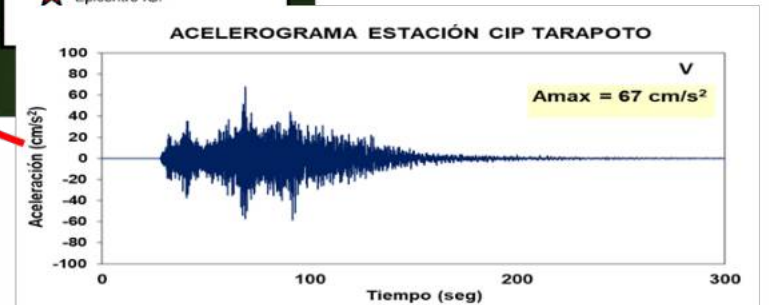
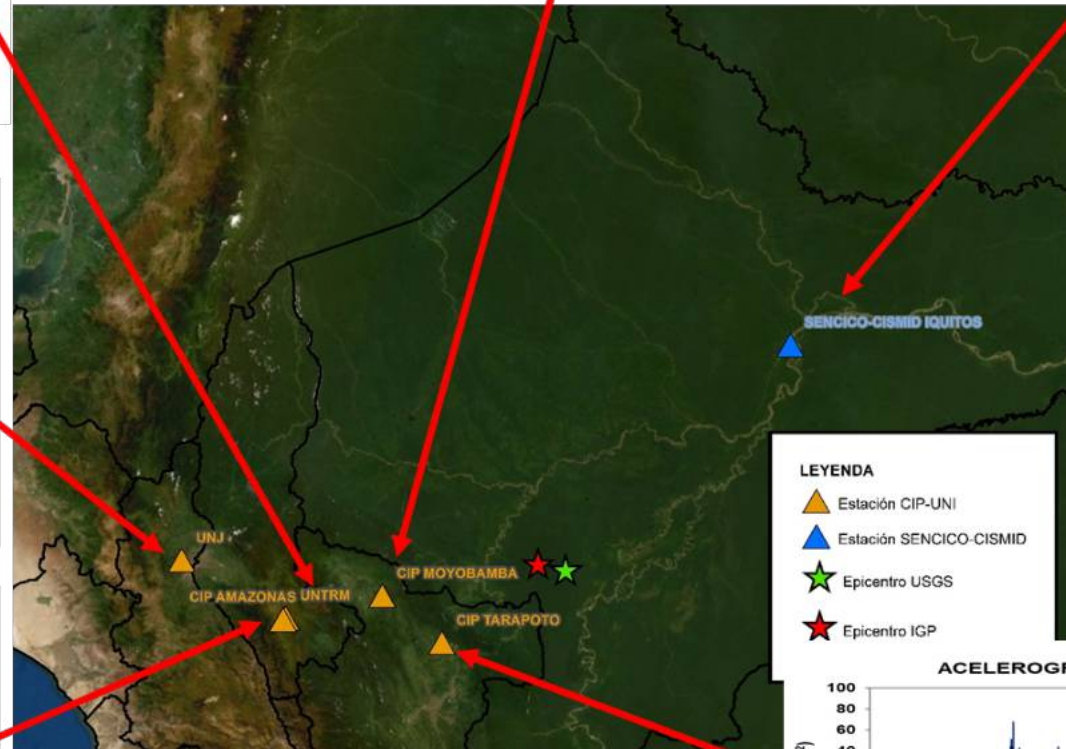
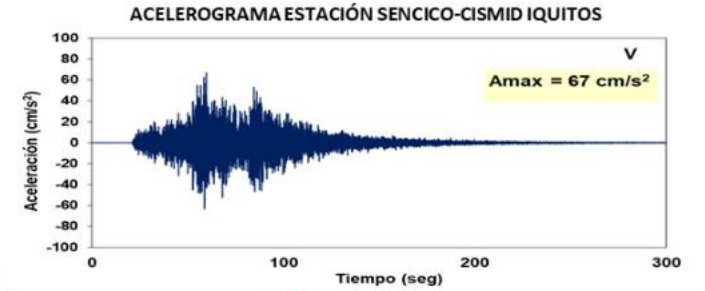
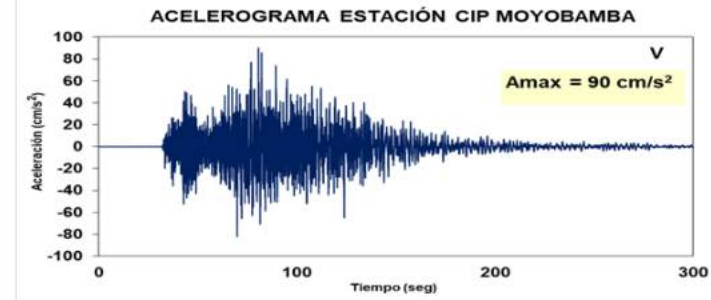
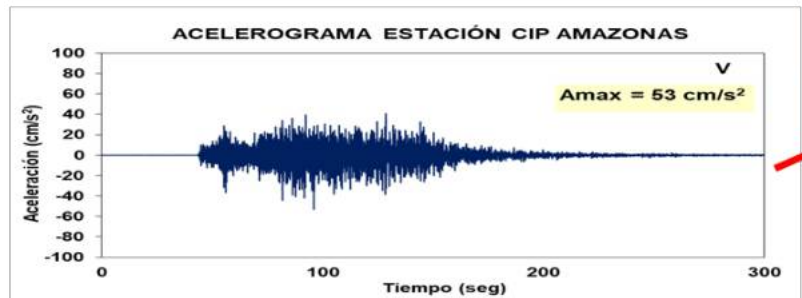
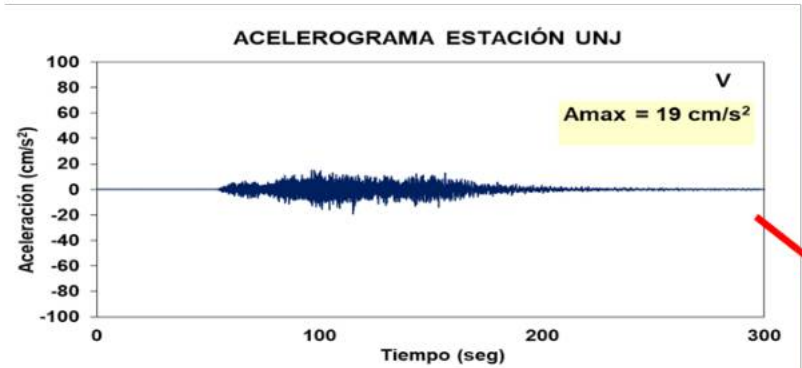
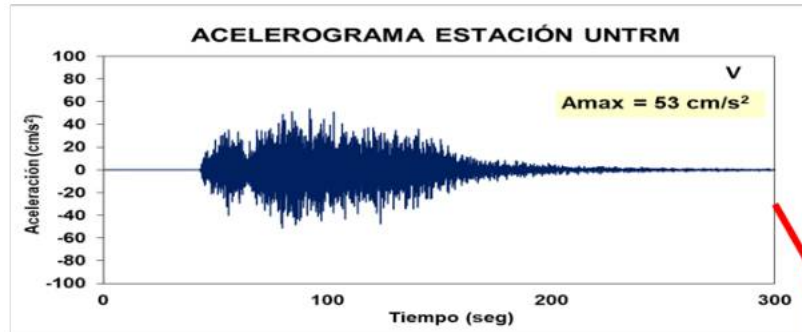
ACELEROGRAMAS COMPONENTE EO



ACELEROGRAMAS COMPONENTE NS



ACELEROGRAMAS COMPONENTE V



EL FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SUELOS

- La licuación de suelos es un riesgo sísmico crítico que compromete la estabilidad de las estructuras.
- **Enfoques tradicionales:** Basados en Ensayo de Penetración Estándar (SPT), ampliamente utilizados en nuestro medio, pero con limitaciones.
- **Enfoques emergentes:** Basados en Medición de la Velocidad de Onda de Corte (V_s), métodos no destructivos que miden propiedades dinámicas directamente.
- **Problema:** ¿Cómo se comparan estos métodos en un contexto real con condiciones geotécnicas particulares?
- **Objetivo:** Analizar comparativamente las metodologías SPT y V_s para evaluar el potencial de licuación en Tamarate, Loreto, afectado por el Sismo de Lagunas de 2019.

FOTOGRAFÍAS DE LICUACIÓN

SISMO DE LAGUNAS – ALTO AMAZONAS – LORETO DEL 26 DE MAYO DE 2019

Centro Poblado Seis de Enero (Distrito de Santa Cruz, Provincia de Alto Amazonas, Loreto)



SISMO DE LAGUNAS – ALTO AMAZONAS – LORETO DEL 26 DE MAYO DE 2019

Centro Poblado Seis de Enero (Distrito de Santa Cruz, Alto Amazonas, Loreto)



SISMO DE LAGUNAS – ALTO AMAZONAS – LORETO

26 DE MAYO DE 2019

Malecón del Río Huallaga (Distrito de Lagunas, Provincia de Alto Amazonas, Loreto)



SISMO DE LAGUNAS – ALTO AMAZONAS – LORETO

26 DE MAYO DE 2019

“El Sauce” Resort (San Martín)



SISMO DE LAGUNAS – ALTO AMAZONAS – LORETO

26 DE MAYO DE 2019

Centro Poblado Tamarate, cerca al distrito de Lagunas (Rengifo, 2019)



SISMO DE LAGUNAS – ALTO AMAZONAS – LORETO

26 DE MAYO DE 2019

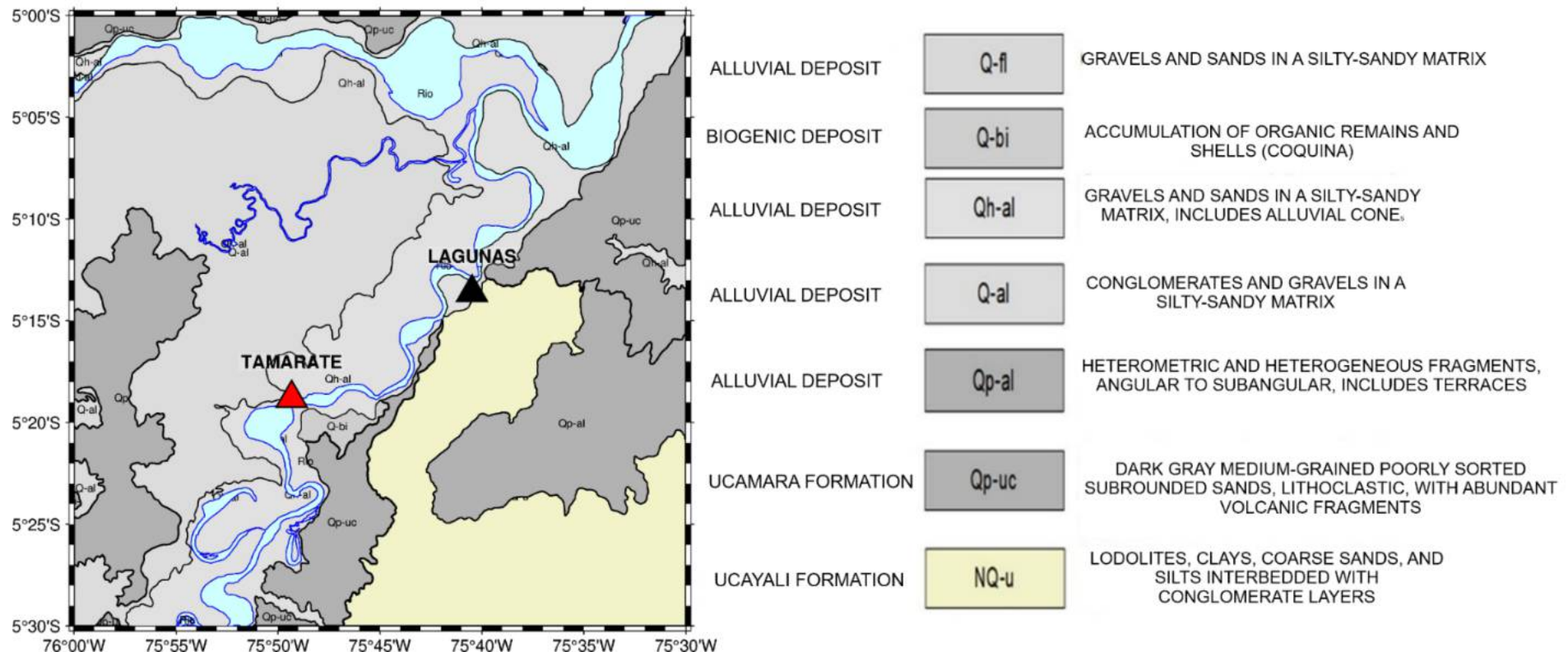
Centro Poblado Tamarate, cerca al distrito de Lagunas (Rengifo, 2019)



EXPLORACIÓN DE CAMPO

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

- **Ubicación:** Centro Poblado de Tamarate, distrito de Lagunas, Loreto (Nororiente del Perú).
- **Geología:** Se asienta sobre la Depresión de Ucamara, una llanura aluvial con depósitos cuaternarios de gravas y arenas.
- **Geomorfología:** Unidades de barras de arena, complejos meándricos y terrazas aluviales modeladas por el río Huallaga.



METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

Adquisición de Datos en los Años 2020 y 2025

Campañas geofísicas y geotécnicas desarrolladas en Tamarate (2020–2025)



METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

Adquisición de Datos en los Años 2020 y 2025

- **EN TAMARATE SE EJECUTARON ENSAYOS GEOFÍSICOS Y GEOTÉCNICOS ENTRE 2020-2025**
- **2 ENSAYOS MASW 2020 Y 2 ENSAYOS MASW 2025**
- **1 ENSAYO MASW-2D 2020**
- **1 ENSAYO MAM 2020 Y 1 ENSAYO MAM 2025**
- **4 ENSAYOS MT 2020 Y 9 ENSAYOS MT 2025**
- **1 ENSAYO TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA 2025**
- **2 ENSAYOS SPT 2023 Y 1 ENSAYO SPT 2025**

METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

Adquisición de Datos en los Años 2020 y 2025

Campañas geofísicas y geotécnicas desarrolladas en Tamarate (2020–2025)

Nombre	Descripción
TAM-20-MS-001	MASW 2020
TAM-20-MS-002	MASW 2020
TAM-20-MAM-001	MAM 2020
TAM-20-MS2D-001	MASW2D 2020
TAM-20-MT-001 to TAM-20-MT-004	MAM 2020
TAM-23-SPT-001	SPT test 2023
TAM-23-SPT-002	SPT test 2023
TAM-25-MS-001	MASW 2025
TAM-25-MS-002	MASW 2025
TAM-25-MAM-001	MAM 2025
TAM-25-MT-001 to TAM-25-MT-009	MAM 2025
TAM-25-TE-001	Schlumberger electrical tomography 2025
TAM-25-SPT-001	SPT test 2025

Técnicas Geofísicas (No Destructivas):

MASW: Análisis multicanal de ondas superficiales para perfiles de Vs.

MAM: Medición de microtremores con arreglos.

HVSR: Medición de microtremores para la frecuencia fundamental.

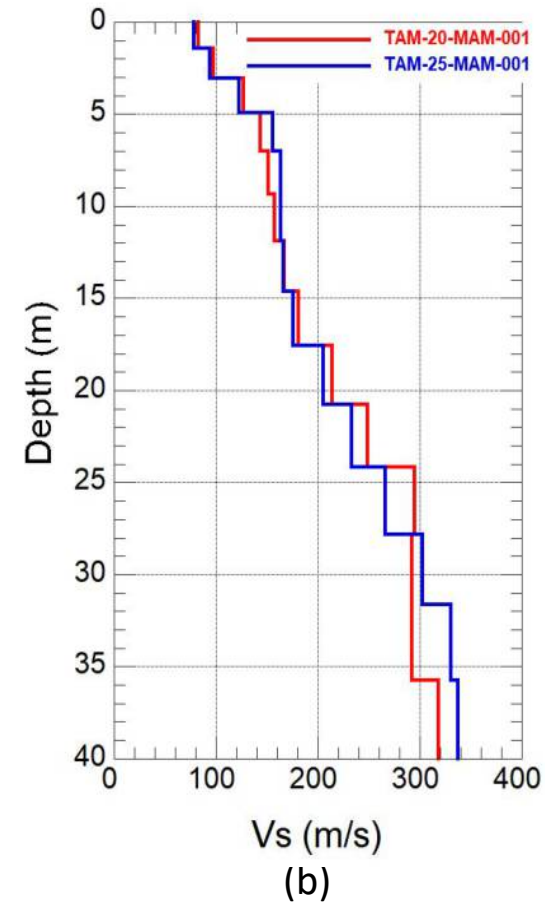
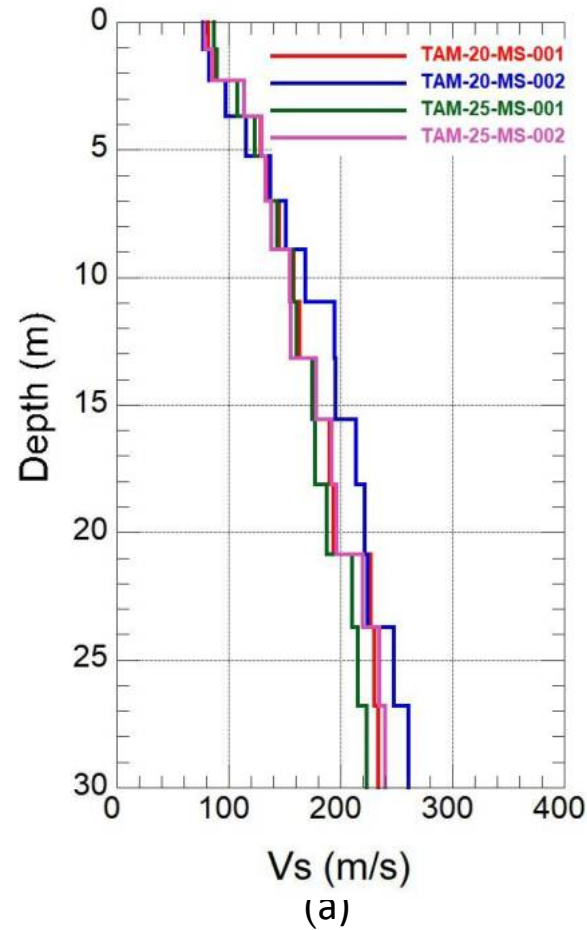
Tomografía Eléctrica: Para delimitar el nivel freático.

Técnica Geotécnica (Invasiva):

SPT: Ensayo de Penetración Estándar para obtener el valor de N.

METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

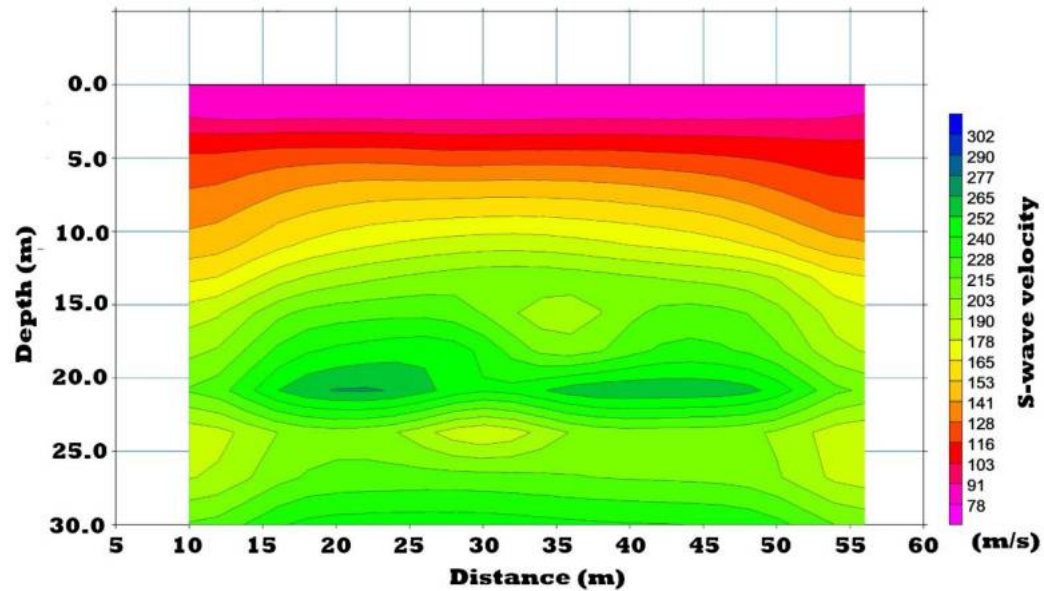
Técnicas Geofísicas (No Destructivas):



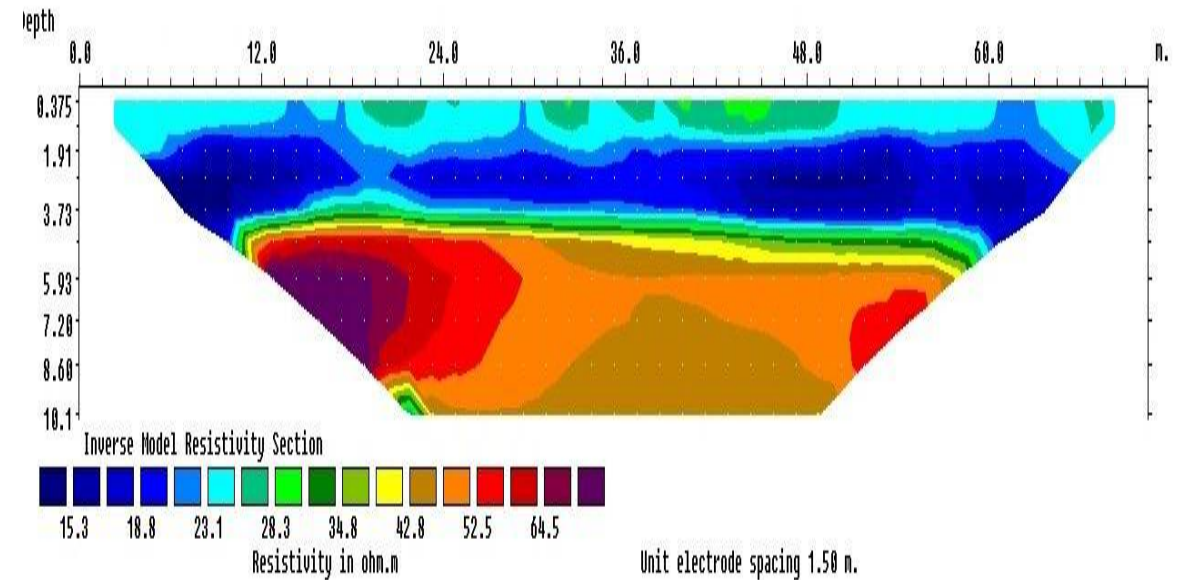
- (a) Perfiles V_s obtenidos mediante MASW en las campañas 2020 y 2025, hasta 30 m de profundidad. (b) Perfiles V_s obtenidos mediante MAM para las mismas ubicaciones.

METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

Técnicas Geofísicas (No Destructivas):



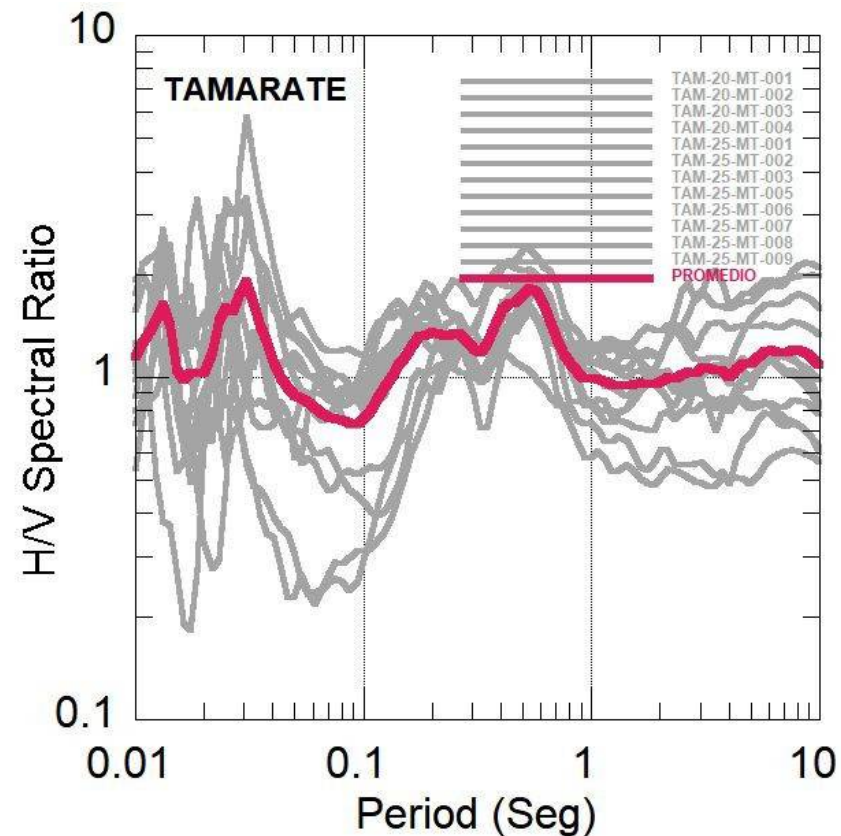
Perfil de velocidad de onda corte (V_s) obtenida mediante MASW 2D a lo largo de una la línea de estudio



Perfil de resistividad 2D obtenida mediante tomografía eléctrica (método Schlumberger)

METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

Técnicas Geofísicas (No Destructivas):

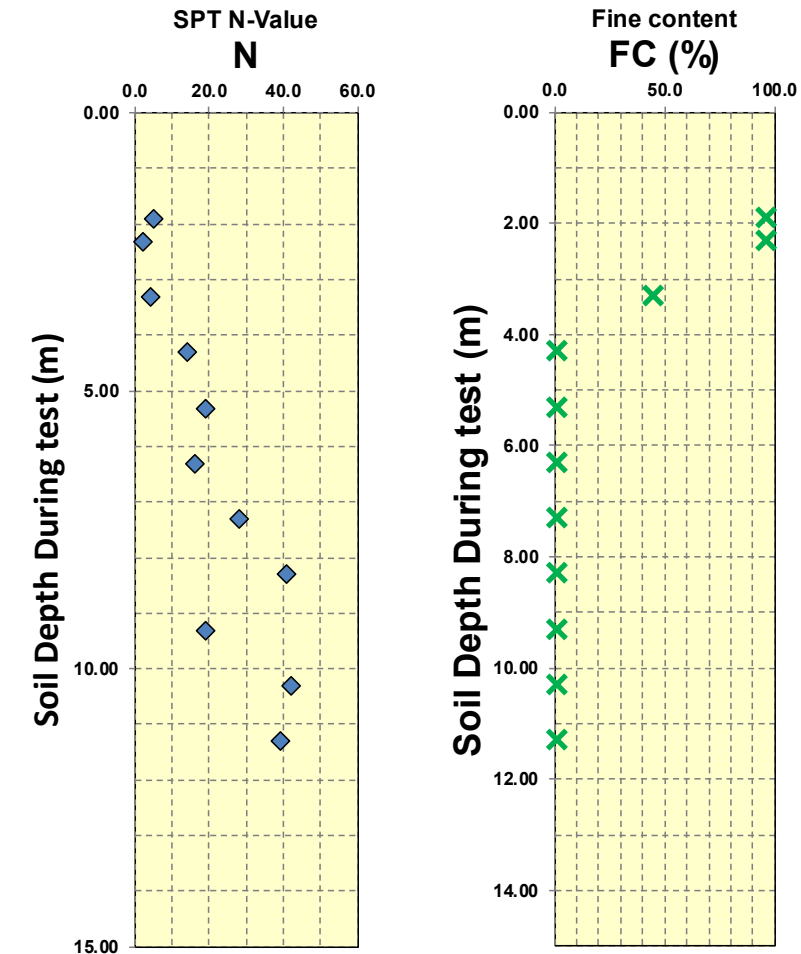
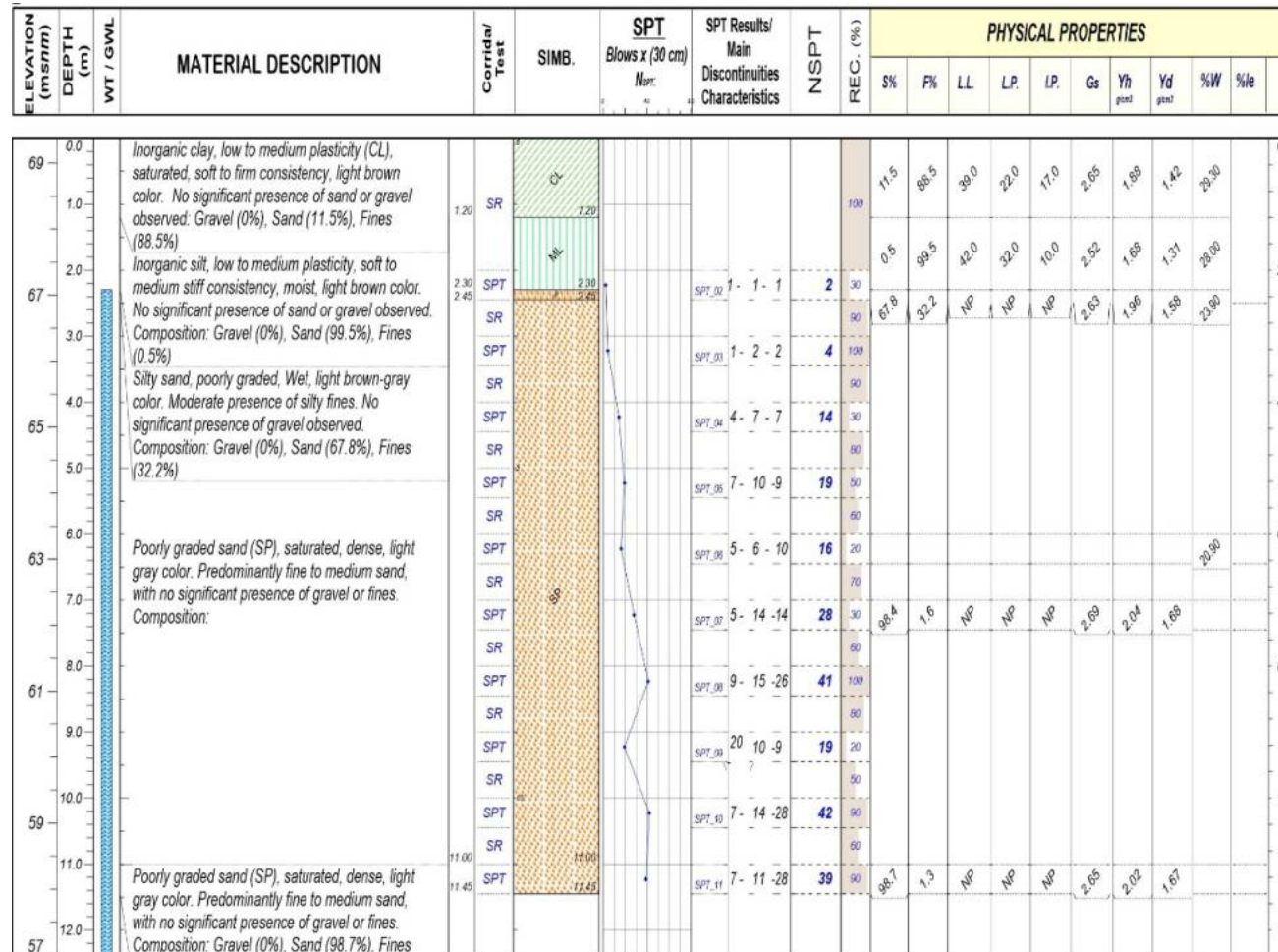


Relación espectral H/V obtenida a partir del análisis de microtemores en el centro poblado TAMARATE. Las líneas grises muestran las curvas individuales correspondientes a diferentes puntos de microtemores, mientras que la línea roja representa el promedio espectral H/V.

METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

Técnica Geotécnica (Invasiva):

TAM-25-SPT-001



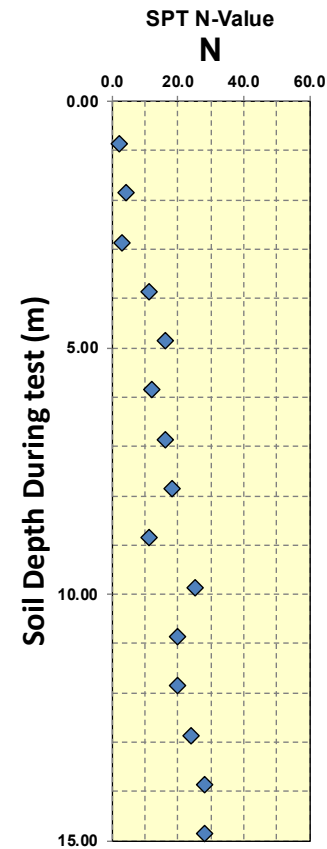
Perfil geotécnico obtenido en la campaña del 2025 a partir del ensayo SPT hasta la profundidad de 11.45 m, junto con la clasificación SUCS de los estratos y resultados de laboratorio.

METODOLOGÍA - CAMPAÑAS DE CAMPO

Técnica Geotécnica (Invasiva):

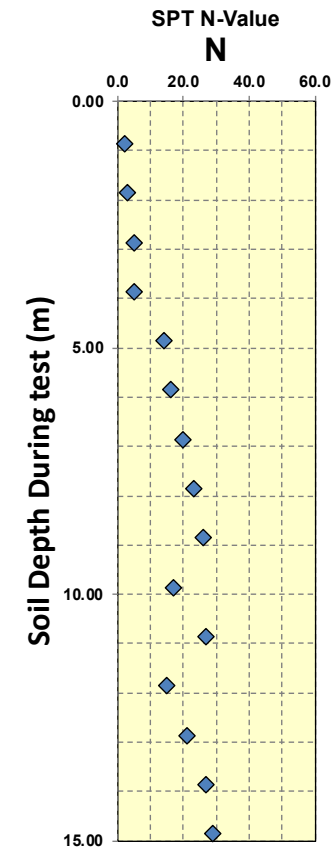
TAM-23-SPT-001

Inicio (m.)	Prof. + 0.30 (m.)	SUCS	N
0.55	0.85	CL	2
1.55	1.85	CL	4
2.55	2.85	CL	3
3.55	3.85	SP	11
4.55	4.85	SP	16
5.55	5.85	SP	12
6.55	6.85	SP	16
7.55	7.85	SP	18
8.55	8.85	SP	11
9.55	9.85	SP	25
10.55	10.85	SP	20
11.55	11.85	SP	20
12.55	12.85	SP	24
13.55	13.85	SP	28
14.55	14.85	SP	28



TAM-23-SPT-002

Inicio (m.)	Prof. + 0.30 (m.)	SUCS	N
0.55	0.85	CL	2
1.55	1.85	CL	4
2.55	2.85	CL	3
3.55	3.85	SP	11
4.55	4.85	SP	16
5.55	5.85	SP	12
6.55	6.85	SP	16
7.55	7.85	SP	18
8.55	8.85	SP	11
9.55	9.85	SP	25
10.55	10.85	SP	20
11.55	11.85	SP	20
12.55	12.85	SP	24
13.55	13.85	SP	28
14.55	14.85	SP	28



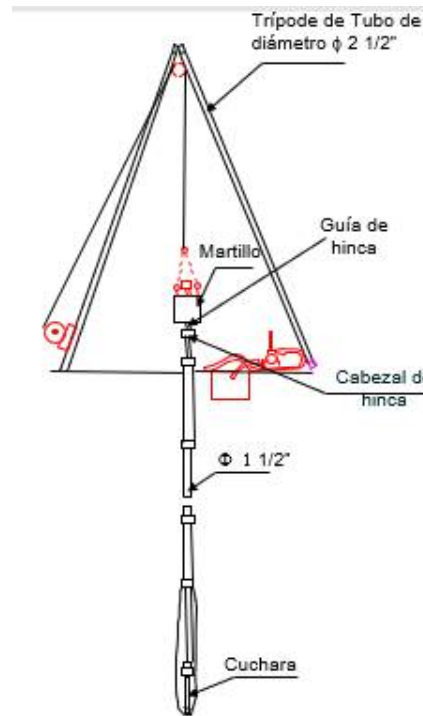
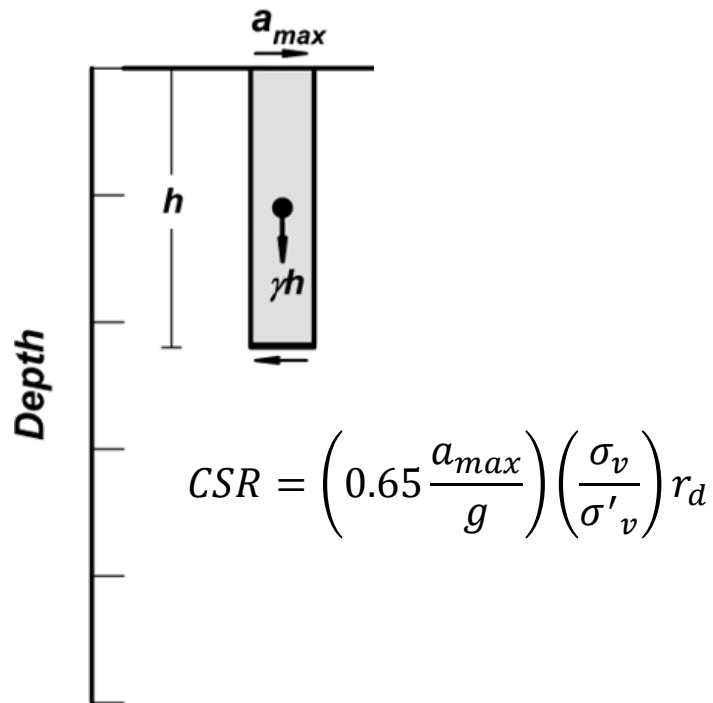
Perfil geotécnico recopilado obtenido a partir del ensayo SPT hasta la profundidad de 14.55 m.

ANÁLISIS DE LICUACIÓN

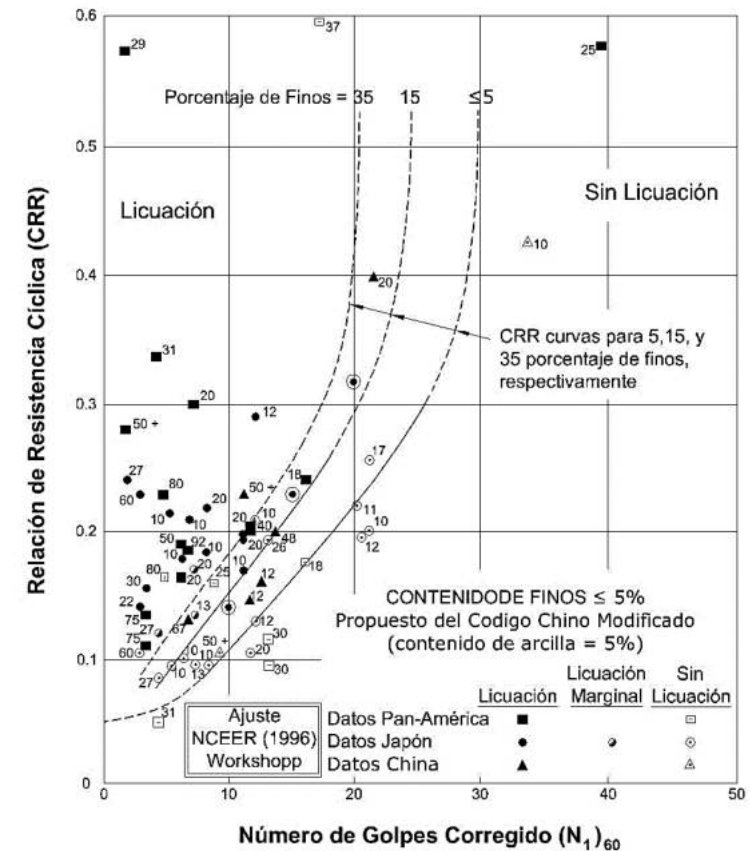
METODOLOGÍA - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (SPT)

Método Basado en el Ensayo de Penetración Estándar

La evaluación del potencial de licuación basada en el enfoque de esfuerzos permite comparar los esfuerzos cíclicos inducidos por el sismo (CSR) y la resistencia cíclica (CRR) del suelo, dicho enfoque fue introducido por Seed e Idriss (1967). La resistencia del suelo puede ser evaluado por el numero de golpes del SPT, la resistencia a la penetración CPT o la velocidad de onda de corte (V_s)



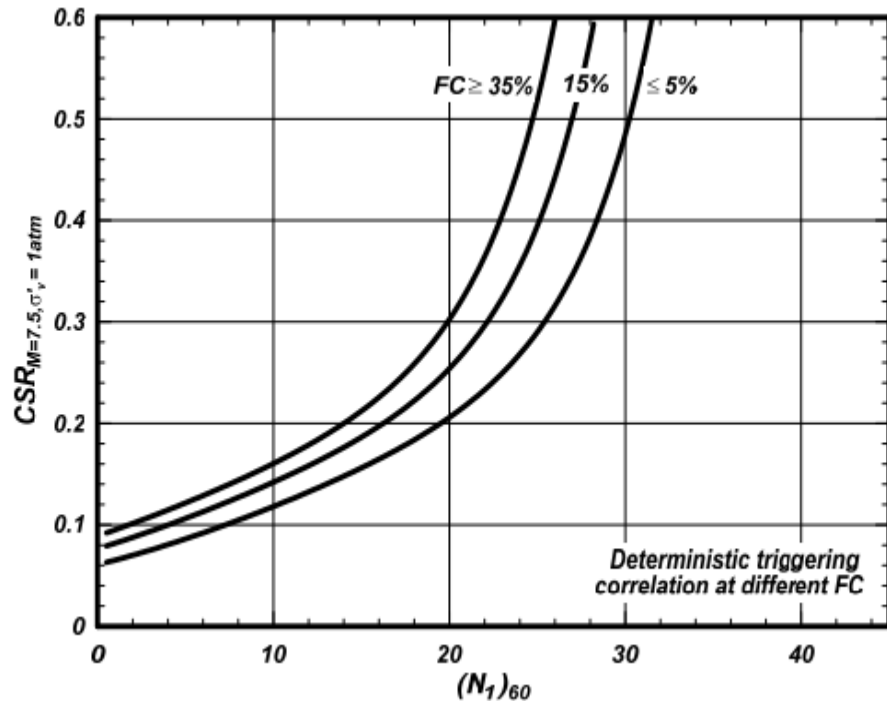
$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_R C_B C_S$$



METODOLOGÍA - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (SPT)

Método Basado en el Ensayo de Penetración Estándar

La evaluación del potencial de licuación mediante SPT se realizó siguiendo el procedimiento de Boulanger e Idriss (2014), basado en el parámetro corregido $(N_1)_{60,cs}$. Este parámetro se obtiene aplicando tres correcciones fundamentales: (1) energía del equipo, (2) sobrecarga y (3) contenido de finos, lo que permite una estimación más coherente de la resistencia cíclica del suelo.



Boulanger e Idriss (2014)

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_R C_B C_S$$

Factor de confinamiento por confinamiento

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^m \leq 1.7 \quad m = 0.784 - 0.0768 \sqrt{(N_1)_{60,cs}}$$

Estimación de la resistencia cíclica (CRR)

$$CRR = \exp \left(\frac{(N_1)_{60,cs}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60,cs}}{126} \right)^2 + \left(\frac{(N_1)_{60,cs}}{23.6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60,cs}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right)$$

$$(N_1)_{60,cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp \left(1.63 + \frac{9.7}{FC + 0.1} - \left(\frac{15.7}{FC + 0.1} \right)^2 \right)$$

METODOLOGÍA - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (V_s)

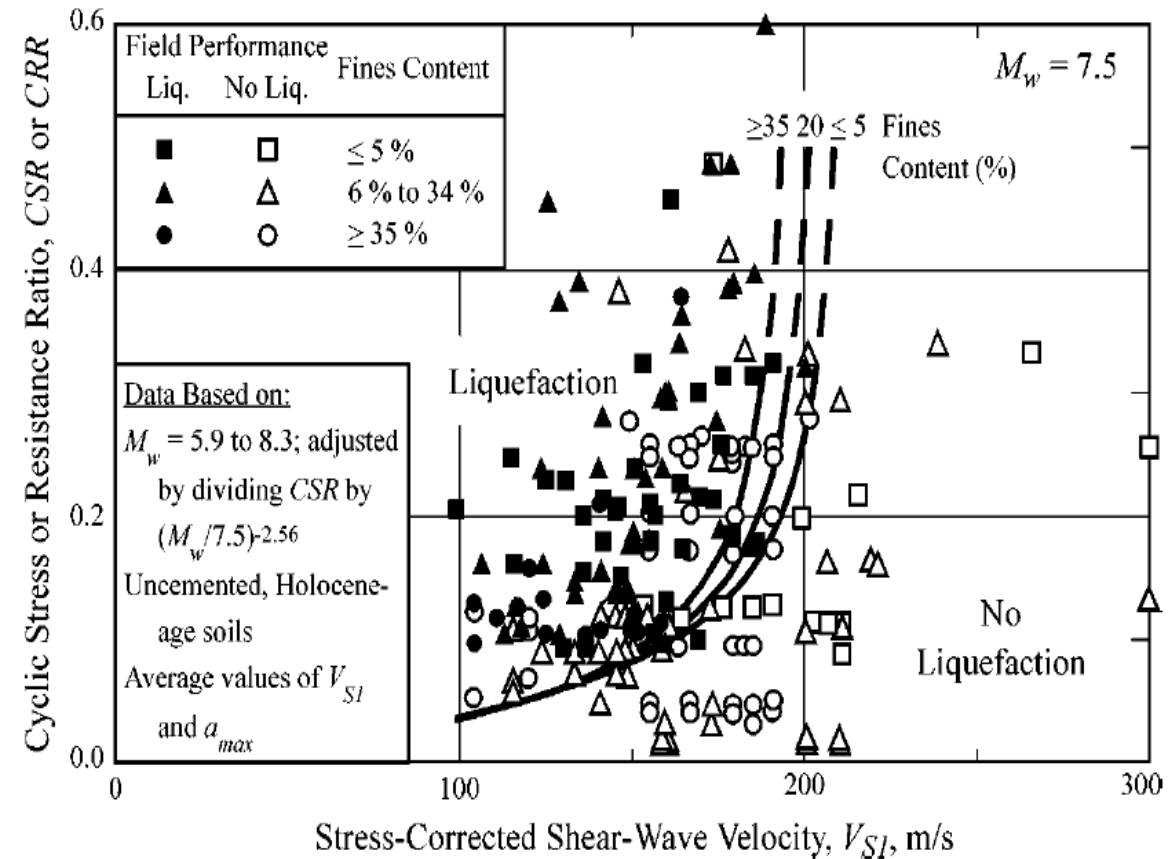
Método Basado en la Velocidad de Onda de Corte

Andrus y Stokoe (2000) indican que el procedimiento requiere tres parámetros como: 1) la carga cíclica causada por el sismo [CSR], 2) la rigidez del suelo, expresada como la velocidad de onda cortante corregido [V_{s1}], 3) la resistencia del suelo a la licuación [CRR]

$$CSR = \left(0.65 \frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) r_d$$

$$V_s \rightarrow V_{s1}$$

$$V_{s1}, CF \rightarrow CRR$$

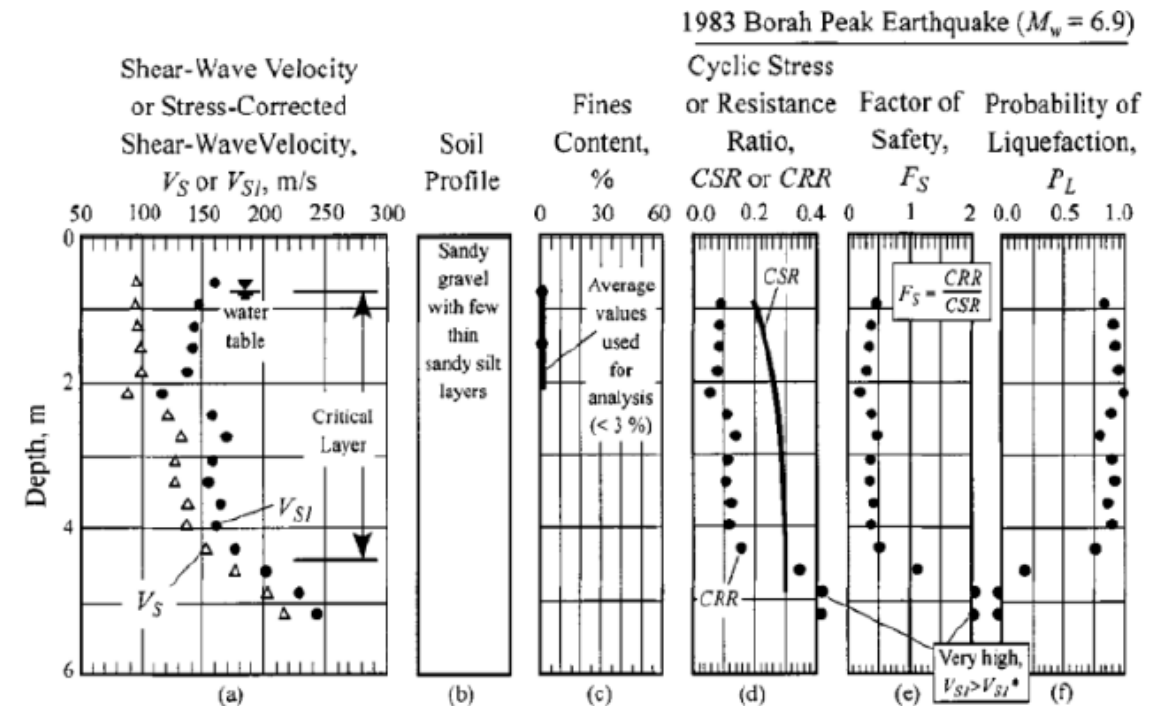
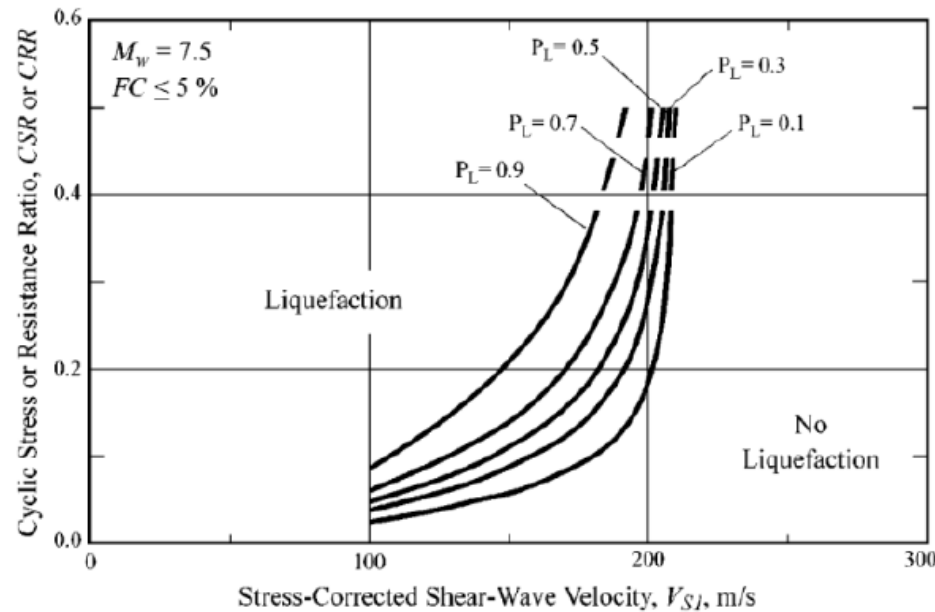


METODOLOGÍA - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (V_s)

Método Basado en la Velocidad de Onda de Corte

El método basado en velocidades de onda de corte (V_s) de la metodología de Andrus y Stokoe, utiliza como parámetro principal la velocidad de onda de corte (V_s) obtenida mediante ensayos sísmicos in situ.

- Se puede usar en todo tipo de suelos
- Ensayos MASW, SASW, SCPT
- Brinda facilidad de transporte de instrumentos



METODOLOGÍA - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (V_s)

Método Basado en la Velocidad de Onda de Corte

Normalización de la velocidad de onda de corte

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$$

Corrección por contenido de finos

$$(V_{s1})_{CS} = K_{CS} V_{s1}$$

$$K_{CS} = \begin{cases} 1 & FC \leq 5\% \\ 1 + (FC - 5)T & 5\% < FC < 35\% \\ 1 + 30T & FC \geq 35\% \end{cases}$$

$$T = 0.009 - 0.0109 \left(\frac{V_{s1}}{100} \right) + 0.0038 \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2$$

Estimación de la resistencia cíclica (CRR)

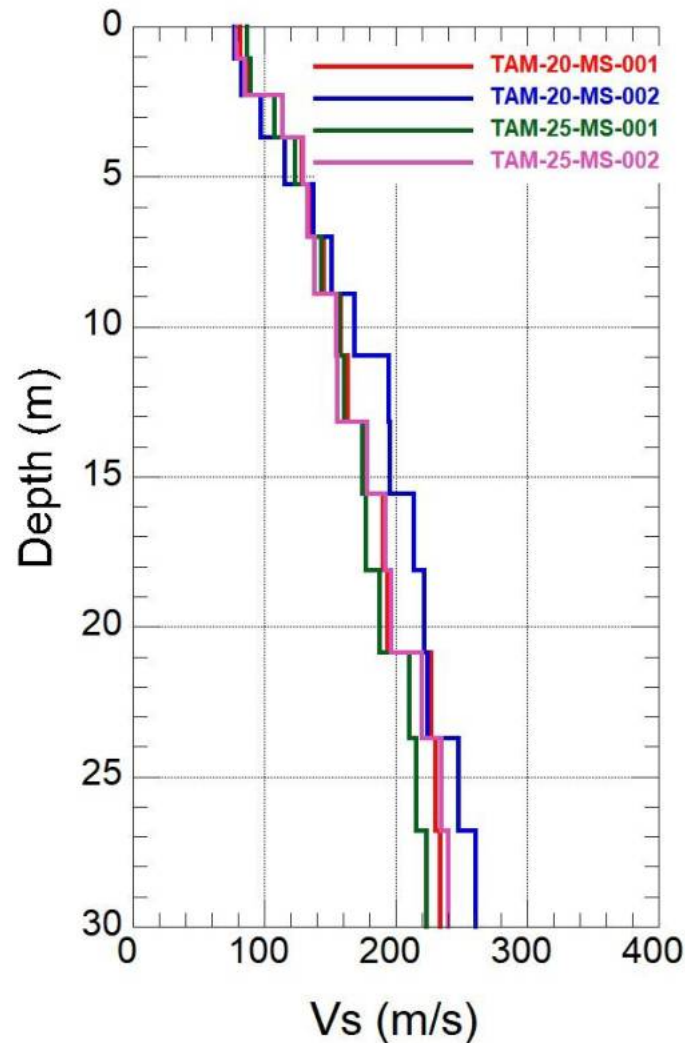
$$CRR = \left[a \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + b \left(\frac{1}{V_{s1}^* - V_{s1}} - \frac{1}{V_{s1}^*} \right) \right] \cdot MSF$$

Donde $a=0.022$, $b=2.8$ y MSF es el factor de escala de magnitud

$$MSF = \left(\frac{M_w}{7.5} \right)^{-2.56}$$

RESULTADOS - CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO (V_s)

Perfiles de Velocidad de Onda de Corte (V_s)



Los perfiles MASW de 2020 y 2025 muestran resultados muy similares.

Clasificación del Sitio: $V_{s30} = 158\text{-}167$ m/s $\rightarrow$ Clase DE (Suelo blando, según ASCE 7-22).

Estratigrafía Identificada:

0 – 2.3 m: $V_s < 115$ m/s (Arcillas/Limos blandos).

2.3 – 7.0 m: $V_s < 150$ m/s (Arenas sueltas a medianamente densas).

> 7.0 m: $V_s > 150$ m/s (Arenas medianamente densas a densas).

RESULTADOS - CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO (SPT Y TOMOGRAFÍA)

Perfil de Suelos a partir de SPT y Resistividad

Perfil SPT:

- Confirmó estratos superficiales blandos/de baja resistencia (N bajo).
- Aumento progresivo de la resistencia con la profundidad.
- Predominio de arenas (SP, SM) bajo el nivel freático.

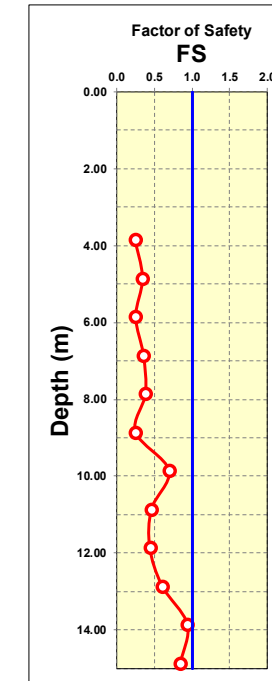
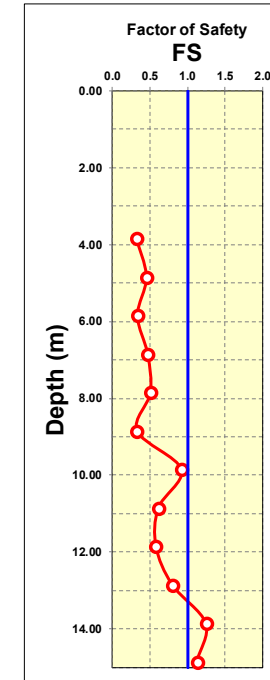
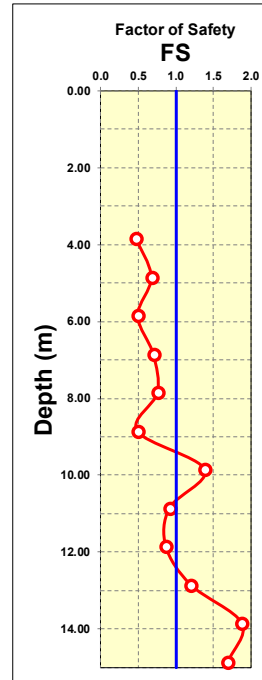
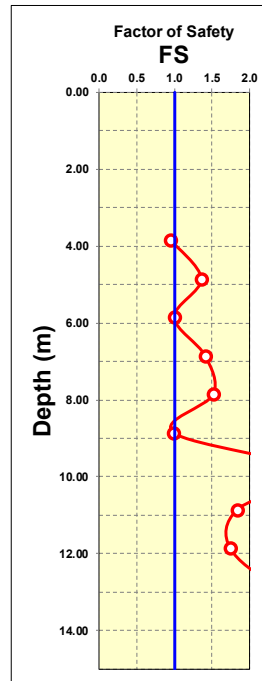
Tomografía Eléctrica:

- Delimitó el nivel freático (~2.3 m de profundidad).
- Mostró contraste entre materiales superficiales y estratos más densos en profundidad.

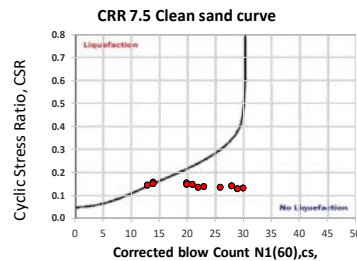
RESULTADOS - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (MÉTODO SPT)

Factores de Seguridad usando SPT

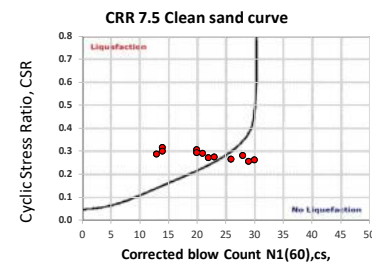
TAM-23-SPT-001



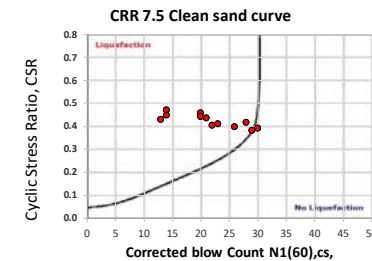
Relación del esfuerzo cortante cíclico (CSR)



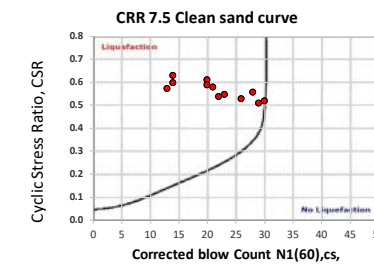
0.1g



0.2g



0.3g

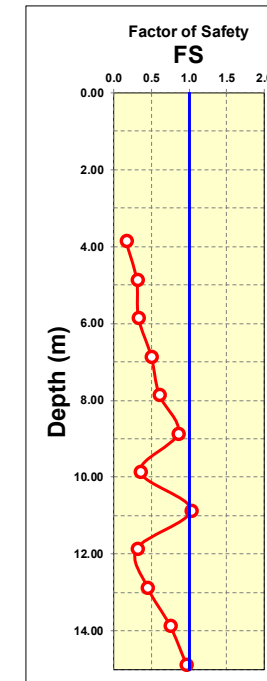
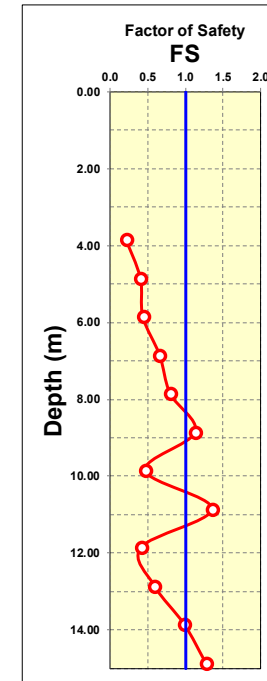
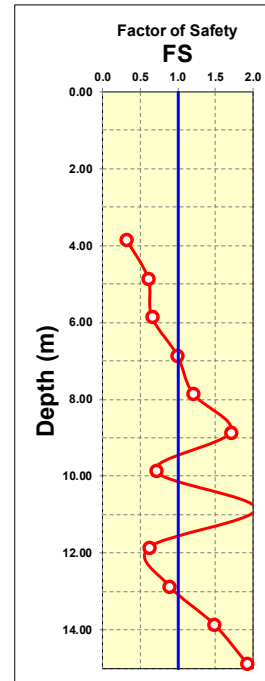
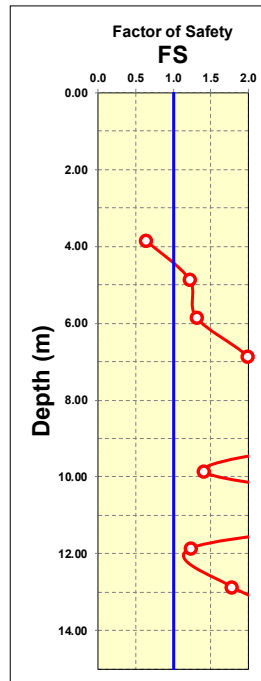


0.4g

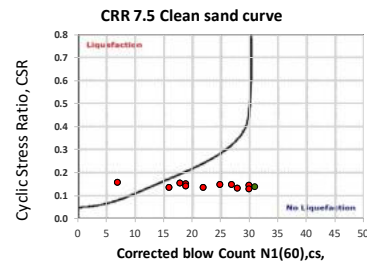
RESULTADOS - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (MÉTODO SPT)

Factores de Seguridad usando SPT

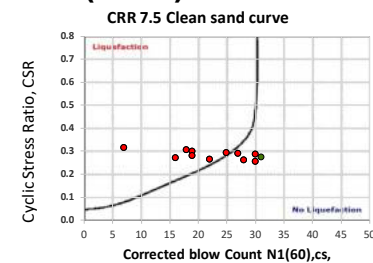
TAM-23-SPT-002



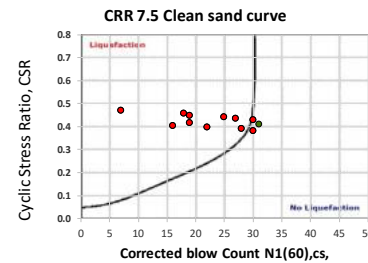
Relación del esfuerzo cortante cíclico (CSR)



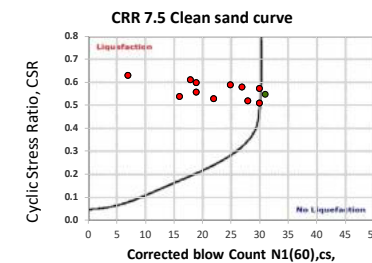
0.1g



0.2g



0.3g

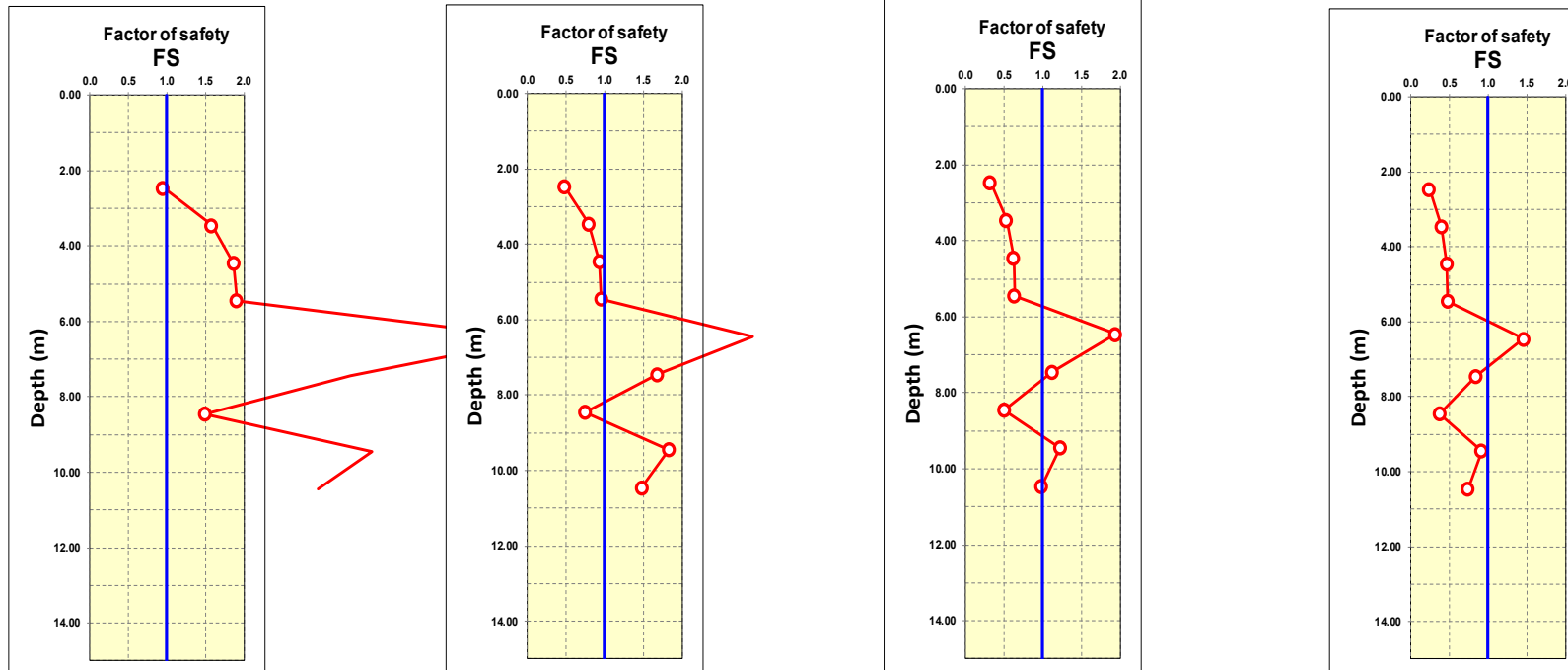


0.4g

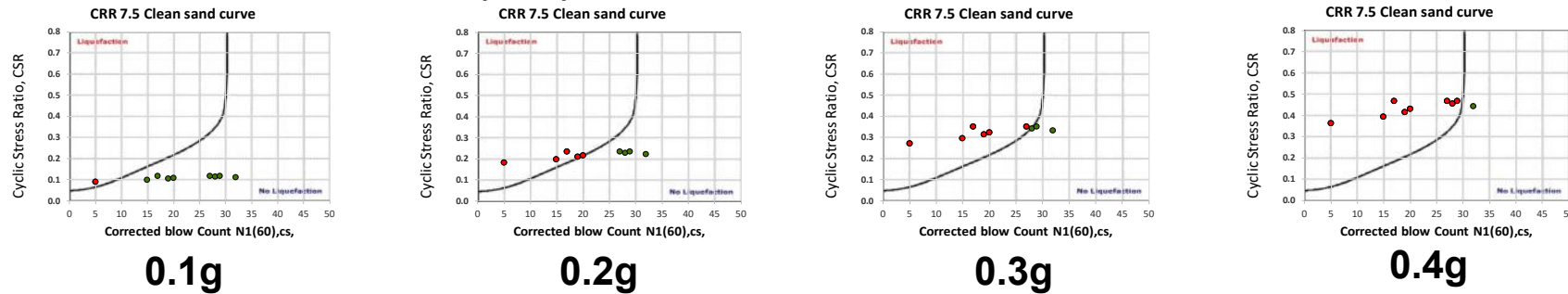
RESULTADOS - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (MÉTODO SPT)

Factores de Seguridad usando SPT

TAM-25-SPT-001



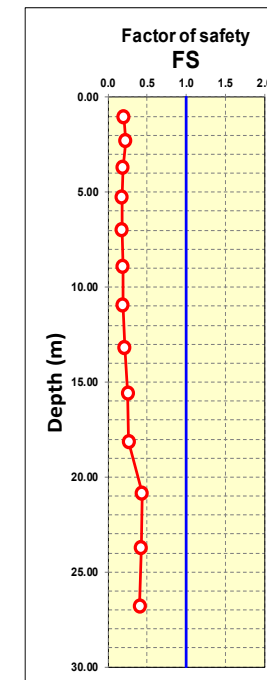
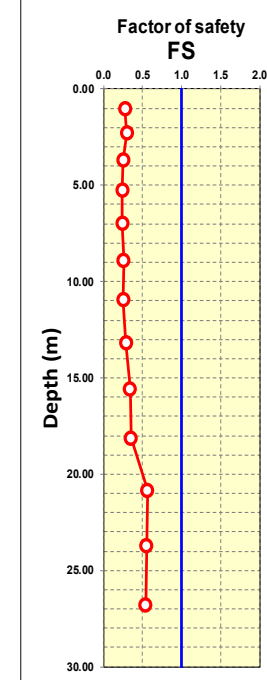
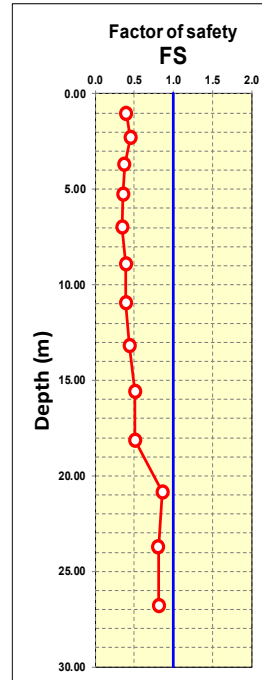
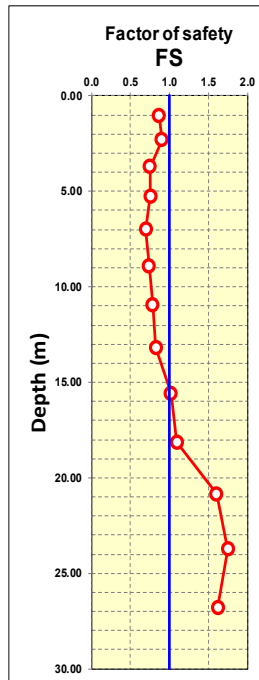
Relación del esfuerzo cortante cíclico (CSR)



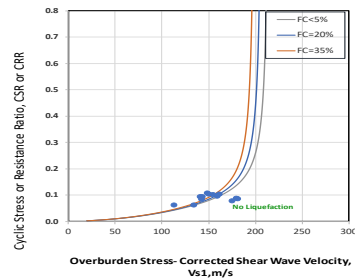
RESULTADOS - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (MÉTODO V_s)

Factores de Seguridad usando Velocidad de Onda de Corte

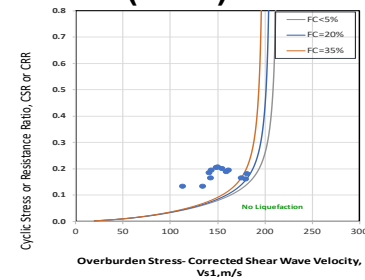
TAM-20-MS-001



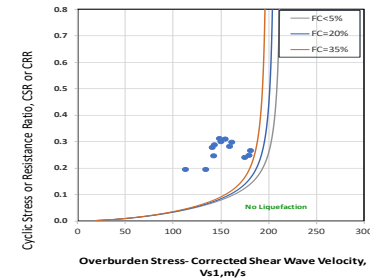
Relación del esfuerzo cortante cíclico (CSR)



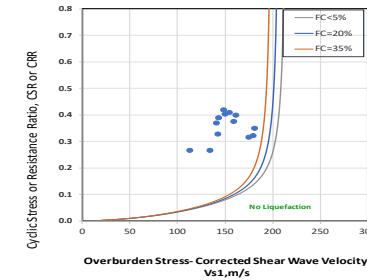
0.1g



0.2g



0.3g

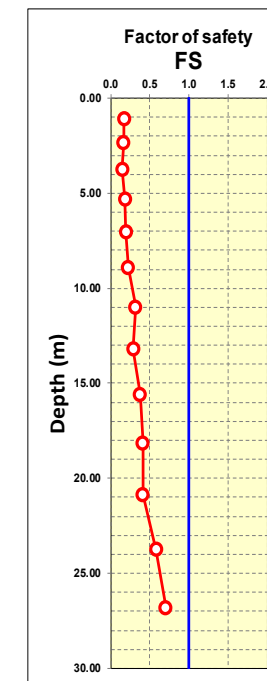
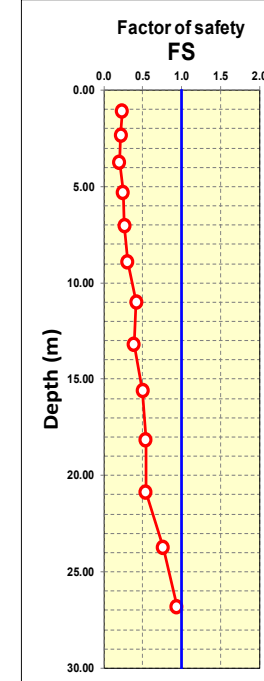
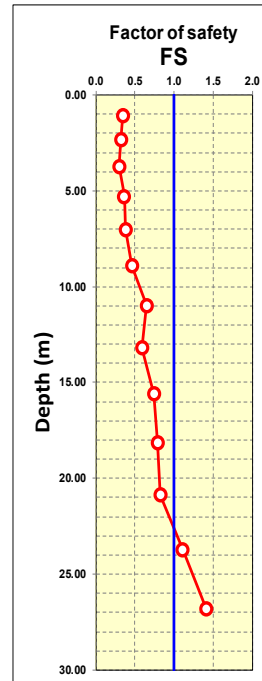
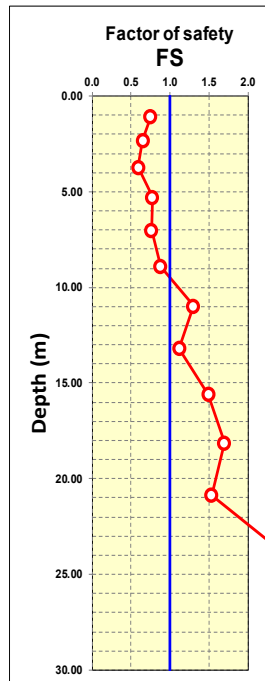


0.4g

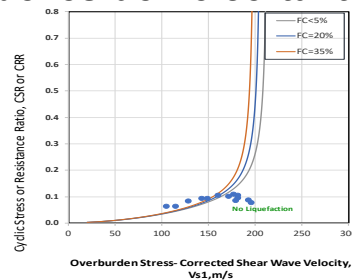
RESULTADOS - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (MÉTODO Vs)

Factores de Seguridad usando Velocidad de Onda de Corte

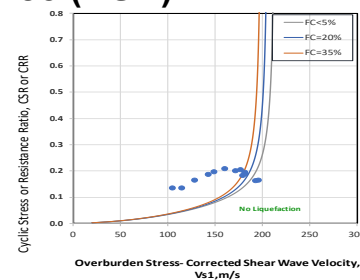
TAM-20-MS-002



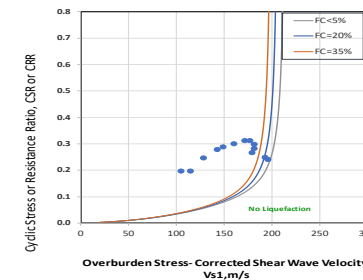
Relación del esfuerzo cortante cíclico (CSR)



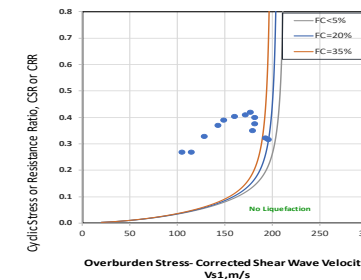
0.1g



0.2g



0.3g

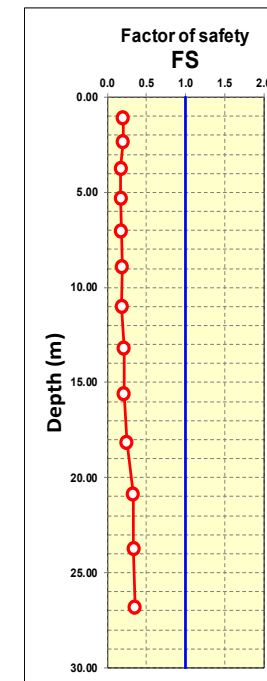
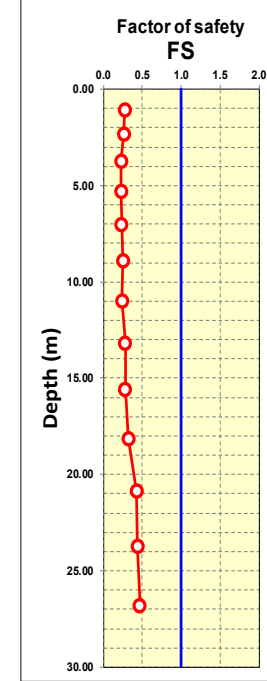
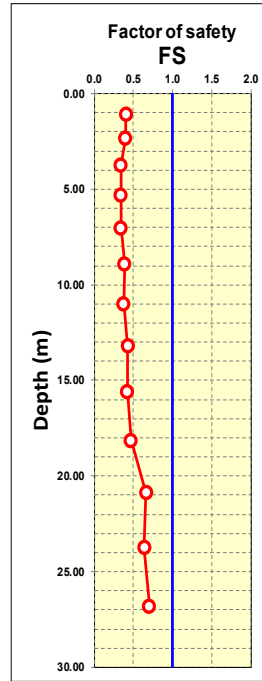
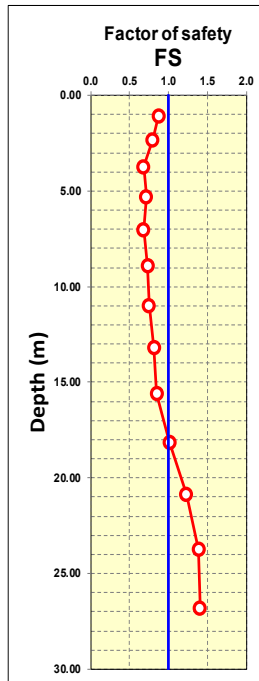


0.4g

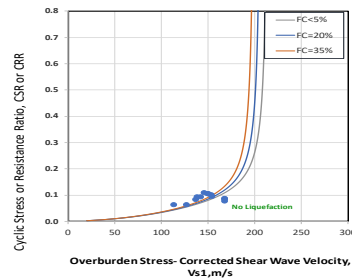
RESULTADOS - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (MÉTODO V_s)

Factores de Seguridad usando Velocidad de Onda de Corte

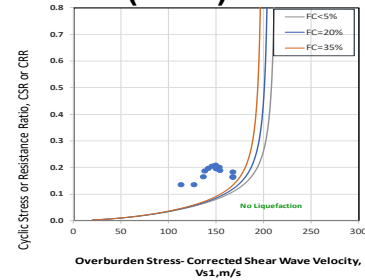
TAM-25-MS-001



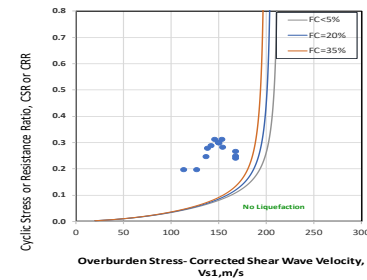
Relación del esfuerzo cortante cíclico (CSR)



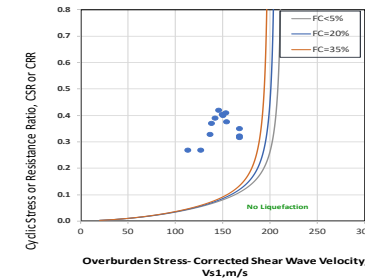
0.1g



0.2g



0.3g

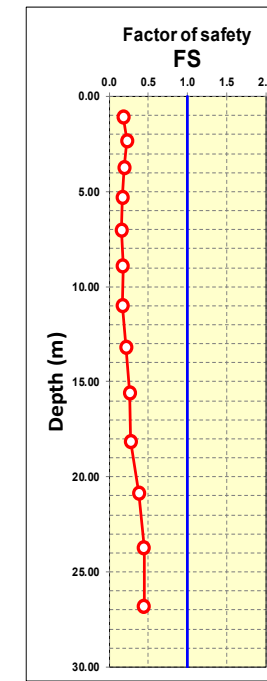
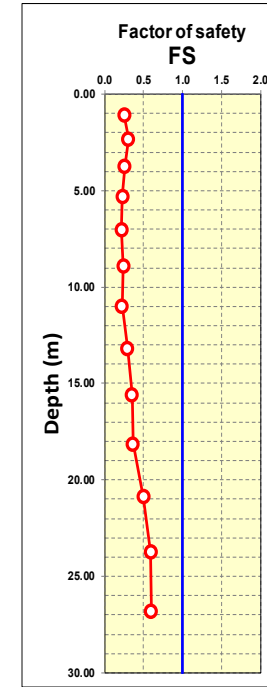
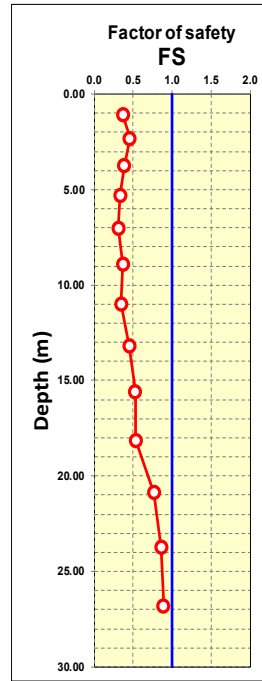
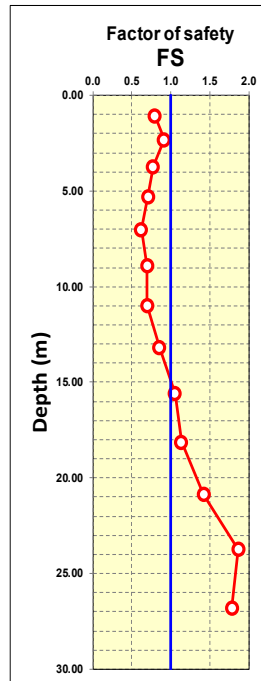


0.4g

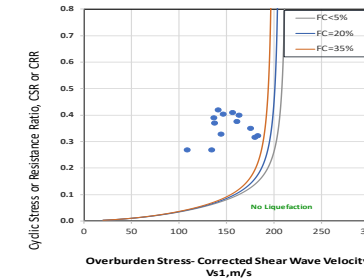
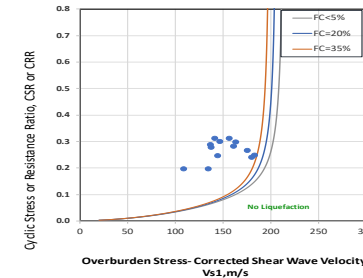
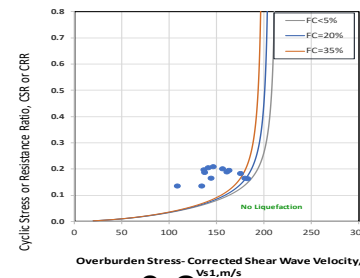
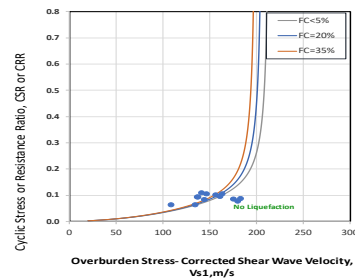
RESULTADOS - ANÁLISIS DE LICUACIÓN (MÉTODO Vs)

Factores de Seguridad usando Velocidad de Onda de Corte

TAM-25-MS-002



Relación del esfuerzo cortante cíclico (CSR)



DISCUSIÓN - COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS

SPT vs. Vs: Coincidencias y Diferencias

Coincidencias Principales:

- **Ambos identifican la zona superficial (0-5 m) como la más crítica.**
- **Ambos confirman alta susceptibilidad para $PGA \geq 0.2g$.**
- **Identifican capas críticas entre 2.3 y 10 m de profundidad.**

Diferencias Clave:

- **El método Vs es generalmente más conservador.**
- **Vs proporciona un perfil continuo; SPT da datos puntuales.**
- **Vs es no destructivo y es rápido; SPT es invasivo y directo.**

CONCLUSIONES

1. Los suelos de Tamarate presentan alta susceptibilidad a la licuación, especialmente en los primeros 5 metros de profundidad.
2. Existe buena concordancia entre los métodos SPT y Vs en la identificación de las zonas críticas por licuación.
3. El método basado en Vs resulta más conservador en la estimación del Factor de Seguridad ante licuación.
4. Se recomienda el uso complementario de ambas metodologías (SPT y Vs) para obtener evaluaciones más robustas y confiables, minimizando la incertidumbre epistémica.

REFERENCIAS

- Alva J., Ortiz C., Rengifo H. y Riveros G. (2022), Evaluation of Liquefaction Potential Through Geophysical Tests, Case: Earthquake in Lagunas, Perú, 2019, MedGU, November.
- Alva J. Ortiz C., Valverde J., Soto J., Montero J. y Vilchez E. (2019), “Informe Final Sismo de Lagunas, Alto Amazonas Loreto del 26 de Mayo del 2019”, Red Acelerográfica CIP-UNI.
- Anbazhagan P. et al (2016), “Correlation of densities with shear wave velocities and SPT-N values, J. Geophys. Eng.13, pp 320-341.
- Andrus R. D. y Stokoe K. H. (2000), “Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 126 (11), 1015-1026.
- Andrus R. D., Stokoe K. H. y Juang C. H. (2004) “Guide for Shear-Wave-Base Liquefaction Potential Evaluation”, Earthquake Spectra, Vol 20, pag. 285-308.
- Boulanger R. W. y Idriss I. M. (2014), “CPT and SPT Based Liquefaction Triggering Procedures Report UCD/CGN-14/01, Center for Geotechnical Modeling Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis.

REFERENCIAS

- Juang C.H., Juang T. y Andrus R.D. (2002). “Assessing probability based methods for liquefaction evaluation”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE 128(7), 580-589.
- Liao S.S. y Whitman R.V. (1986), “ Overburden Correction Factor for SPT in Sand”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 112 (3), 373-377.
- Lopez M., Rengifo J. y Vallejos L. (2024), “Evaluación del Potencial de Licuefacción del Suelo a partir de mediciones de microtemblores. Un estudio del caso del Terremoto de Lagunas en 2019”, 17th Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVII PCSMGE) and 2nd Latin American Regional Conference of the International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG), La Serena, Chile, 2024.
- Rengifo J. (2023), “Evaluación del Potencial de Licuación de Suelos mediante Ensayos Geofísicos en Tamarate-Loreto debido al Sismo de Lagunas (2019)”. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Seed H.B. y Idriss I.M. (1971), “ Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential”, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE 97 (9), 1249-1273.

REFERENCIAS

- **Stokoe K.H., Roesset, J, M. Bierschwale, J. G. y Aouad M. (1988), “Liquefaction Potential of Sands from Shear Wave Velocity”, Ninth World Conference on Conference on Earthquake Engineering, Tokyo-Kyoto, Japan.**
- **Tavera H. (2019), “Sismo de Lagunas del 26 de Mayo del 2019 (M 8.0) Aspectos Sismológicos, Instituto Geofísico del Perú.**
- **Vallejos L. (2026), “Análisis Comparativo entre Ensayos SPT y Métodos Geofísicos (MASW y Microtremores) para la Estimación del Potencial de Licuación en Suelos Arenosos-Tamarate, Loreto” Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.**
- **Youd T. L. y Idriss I.M. (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, ASCE October.**
- **Yunmin Ch., Han K. y Ren-peng Ch. (2005) Correlation of Shear Wave Velocity with Liquefaction Resistance based on Laboratory Tests, Soil Dynamics and Earthquake Engineering.**