



IPG 2023

INTERNATIONAL PIPELINE GEOTECHNICAL CONFERENCE

23 y 24 de Noviembre. Bogotá D.C. - Colombia

6ª CONFERENCIA INTERNACIONAL GEOTECNIA DE DUCTOS

**MODELO NUMÉRICO PARA LA INTERACCIÓN SUELO – TUBERÍA ENTERRADA
EN EL KP 138+176 DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS**



Organiza:



C-IPG
Comité Técnico IPG

+





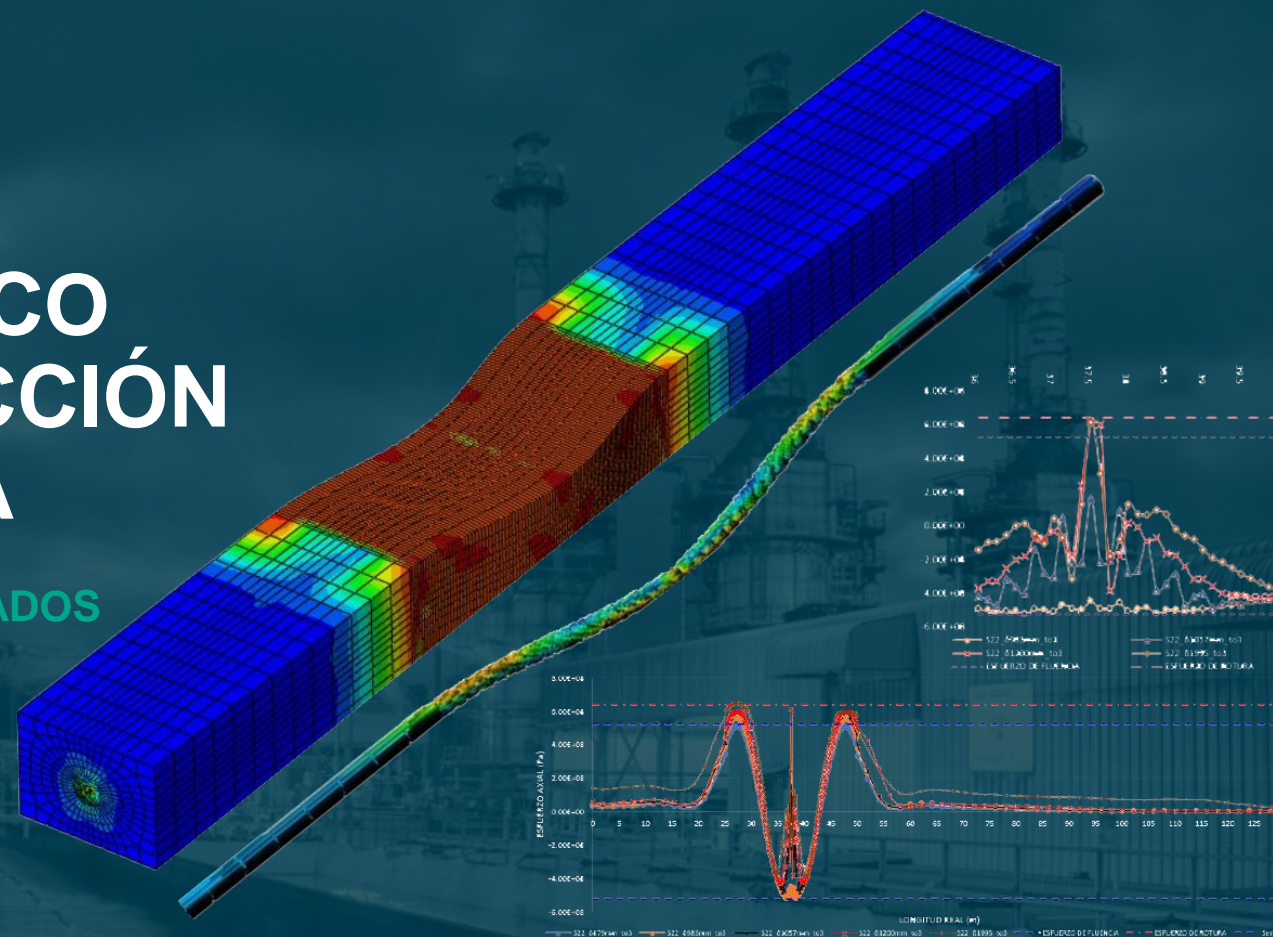
MODELO NUMÉRICO PARA LA INTERACCIÓN SUELO – TUBERÍA

ENTERRADA EN EL KP 138+176
DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS

René Tipán Acevedo¹, Carlos Mendoza
Rivera¹, Pablo Caiza Sánchez (Tutor)^{1,2}

¹ Universidad Central de Ecuador,
Facultad de Ingeniería en Geología,
Minas, Petróleos y Ambiental, Maestría
en Geotecnia, Av. Universitaria, Quito.

² Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE, Campus Sangolquí.

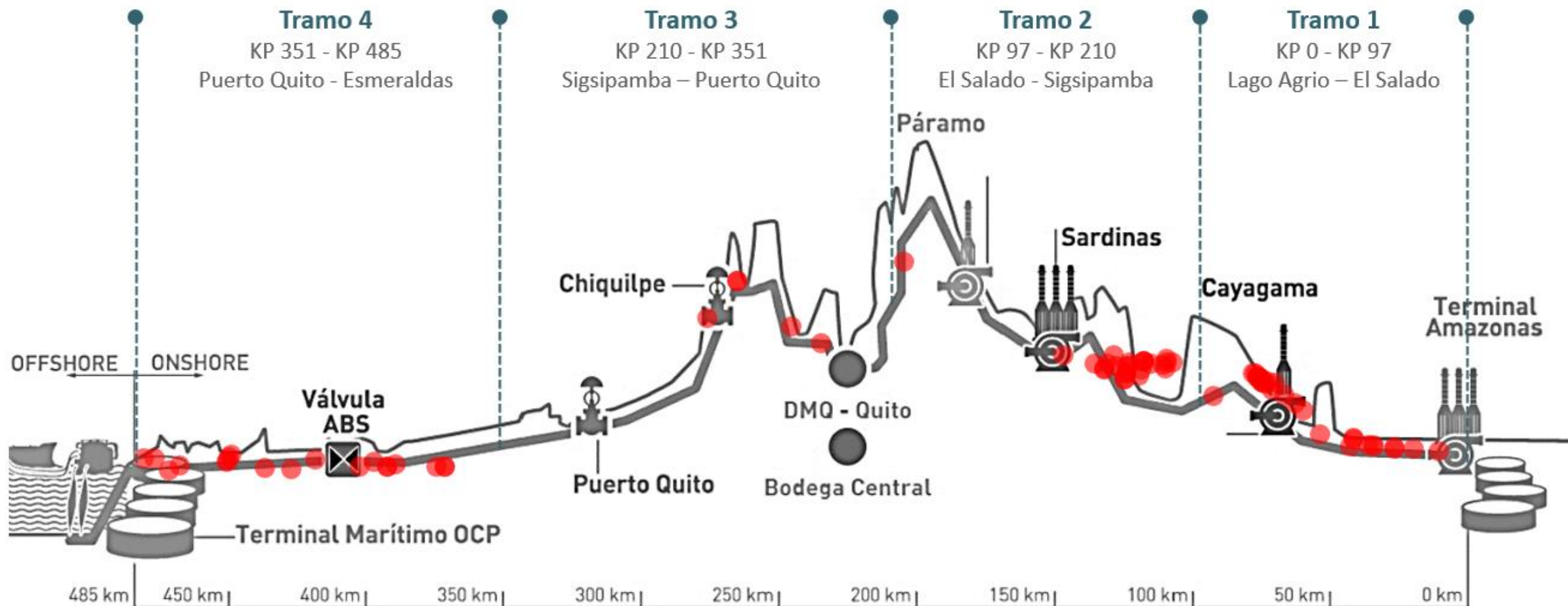


IPG 2023

INTERNATIONAL PIPELINE GEOTECHNICAL CONFERENCE

23 y 24 de Noviembre. Bogotá D.C. - Colombia

6ª CONFERENCIA INTERNACIONAL GEOTECNIA DE DUCTOS



Fuente: EAM 2021-2023

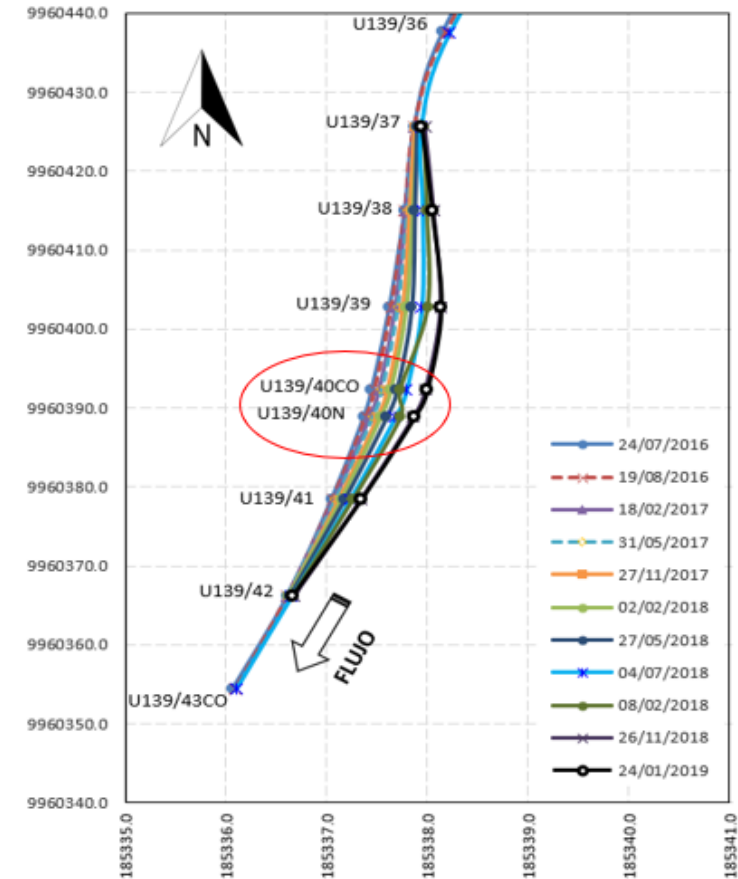
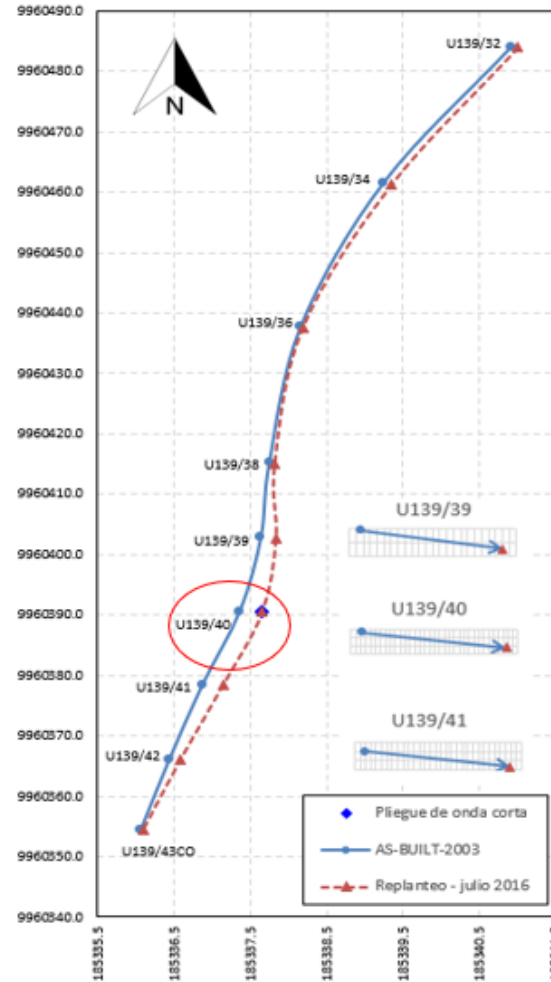


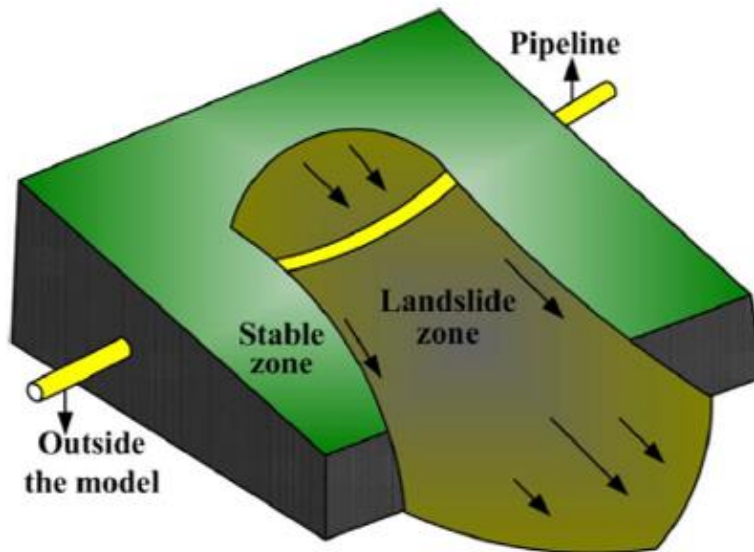
MONITOREO TOPOGRÁFICO

Desplazamiento máximo (δ) al momento de la falla (julio-2016):
34.50 cm (Tubería confinada con el suelo) – U139/40

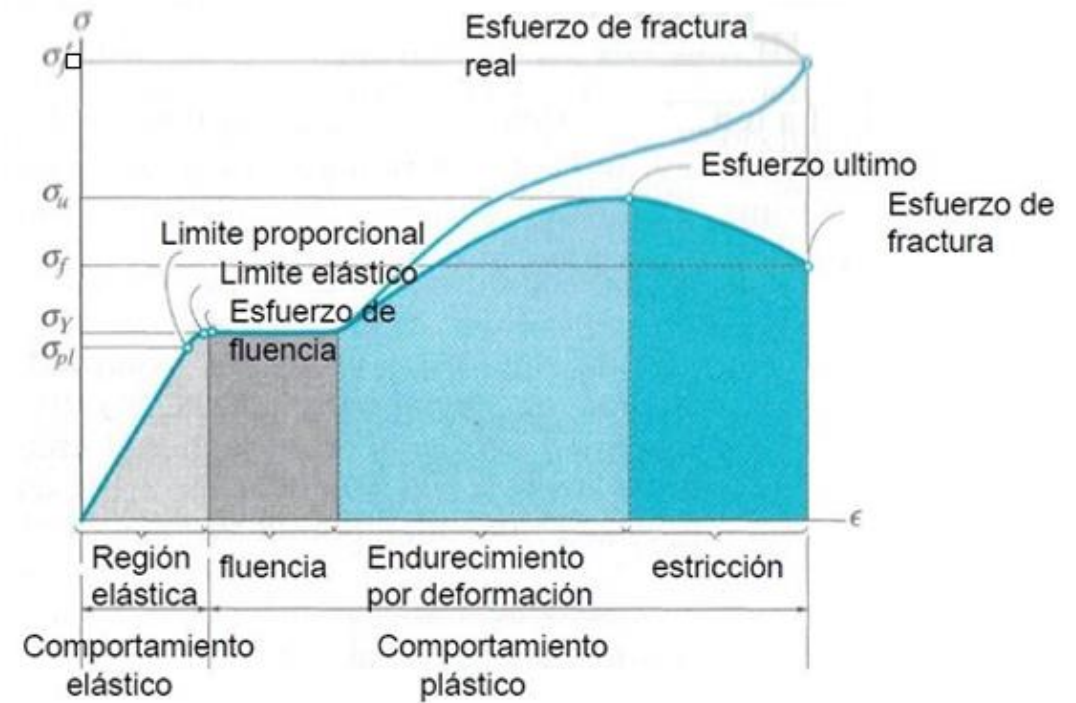
Desplazamiento máximo (δ) post reparación enero-2019:
55.70 cm (Tubería sin suelo de confinamiento) – U139/40CO

El (δ) medido en la tubería sin suelo circundante, es **36%** mayor que cuando la tubería se encontraba confinada, sin embargo, no se observó la aparición de una falla en su estructura.





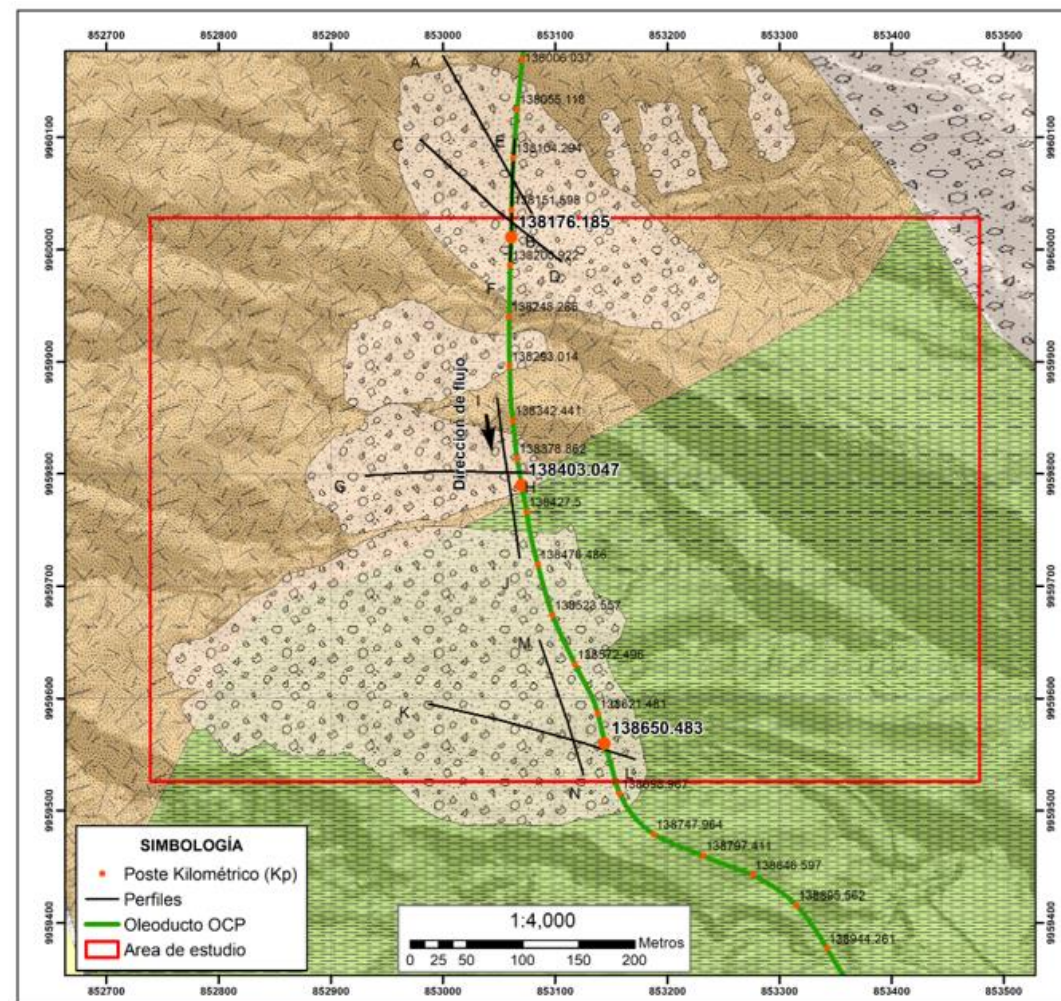
(Zhang et al., 2018)



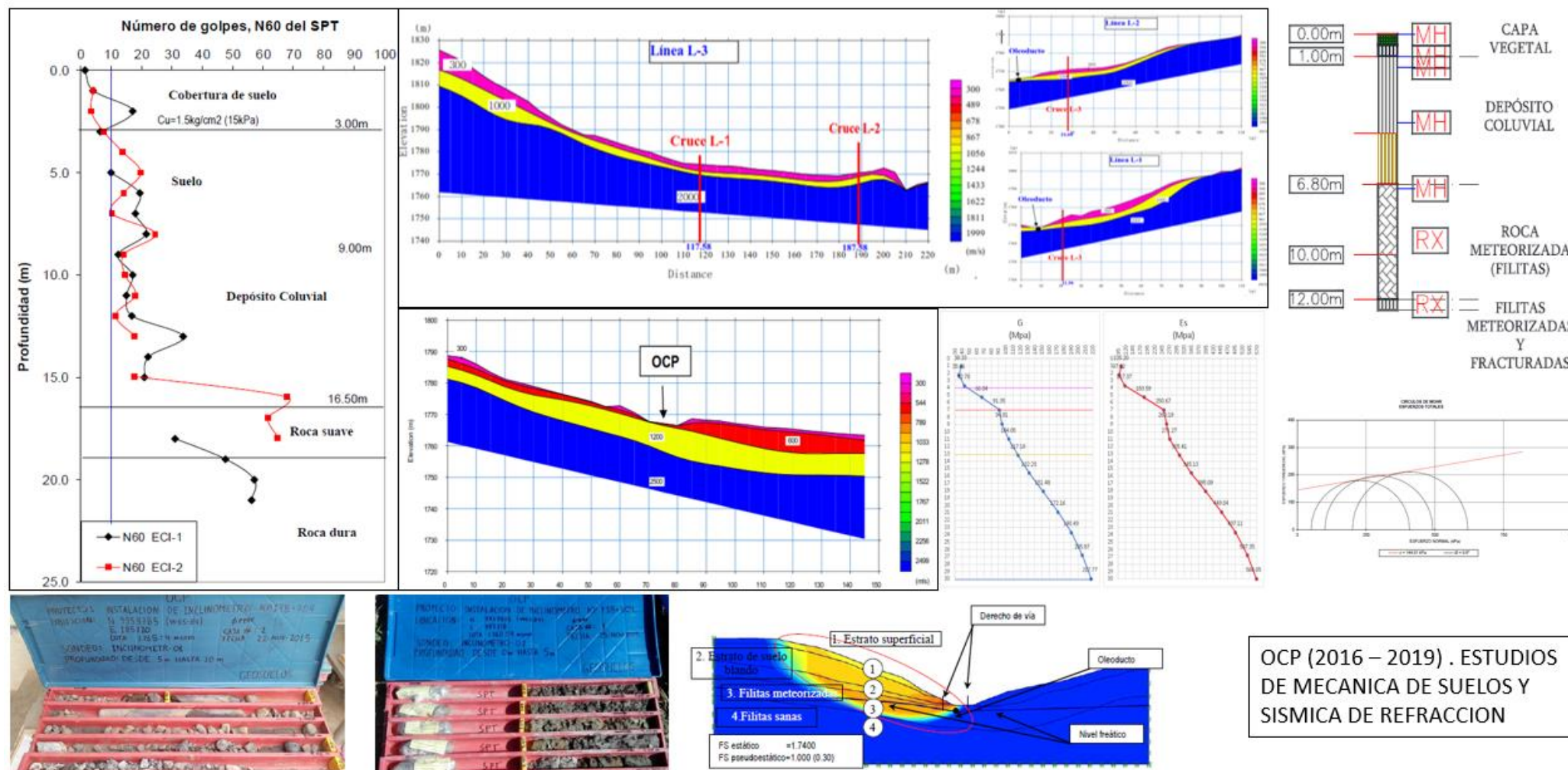
CONTACTO ENTRE LA FORMACIÓN NAPO Y LA FORMACIÓN TENA

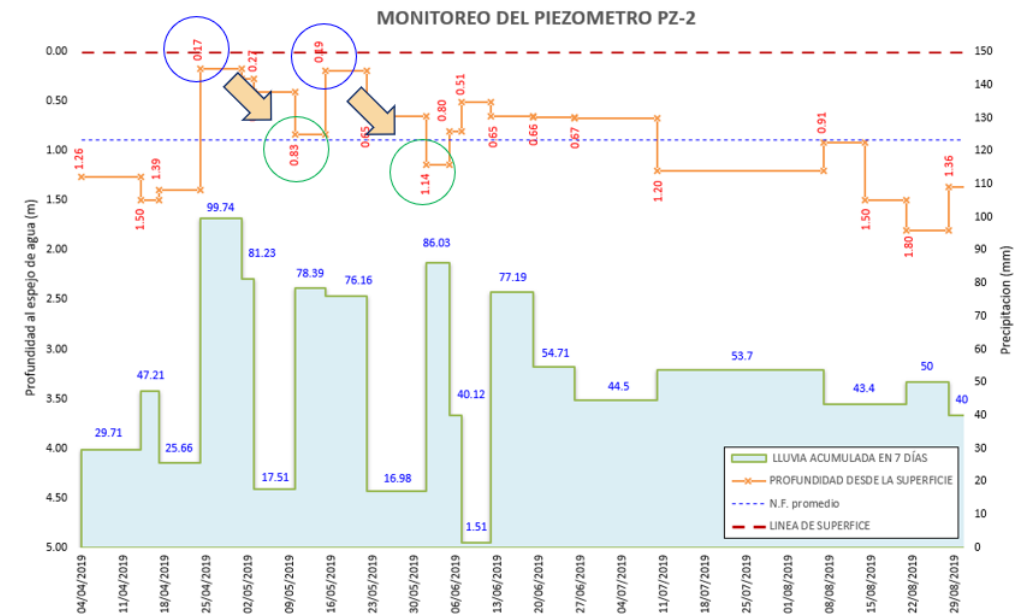
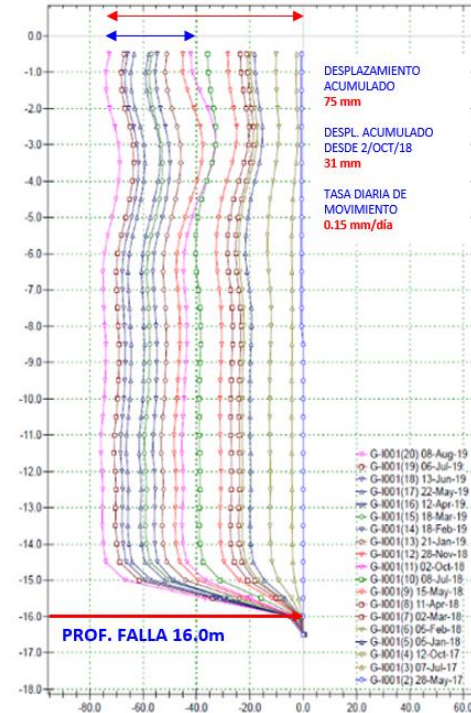
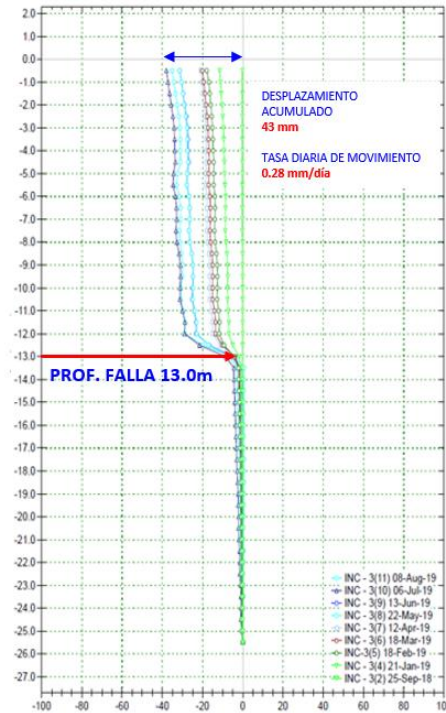
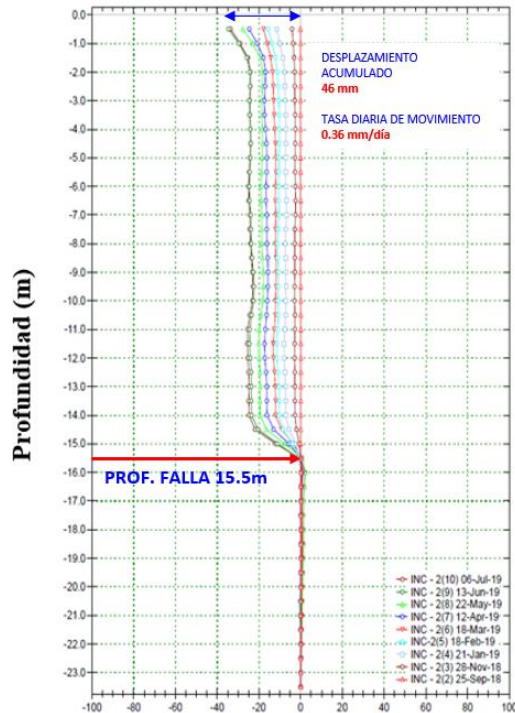


Mendoza C. OCP. 2017

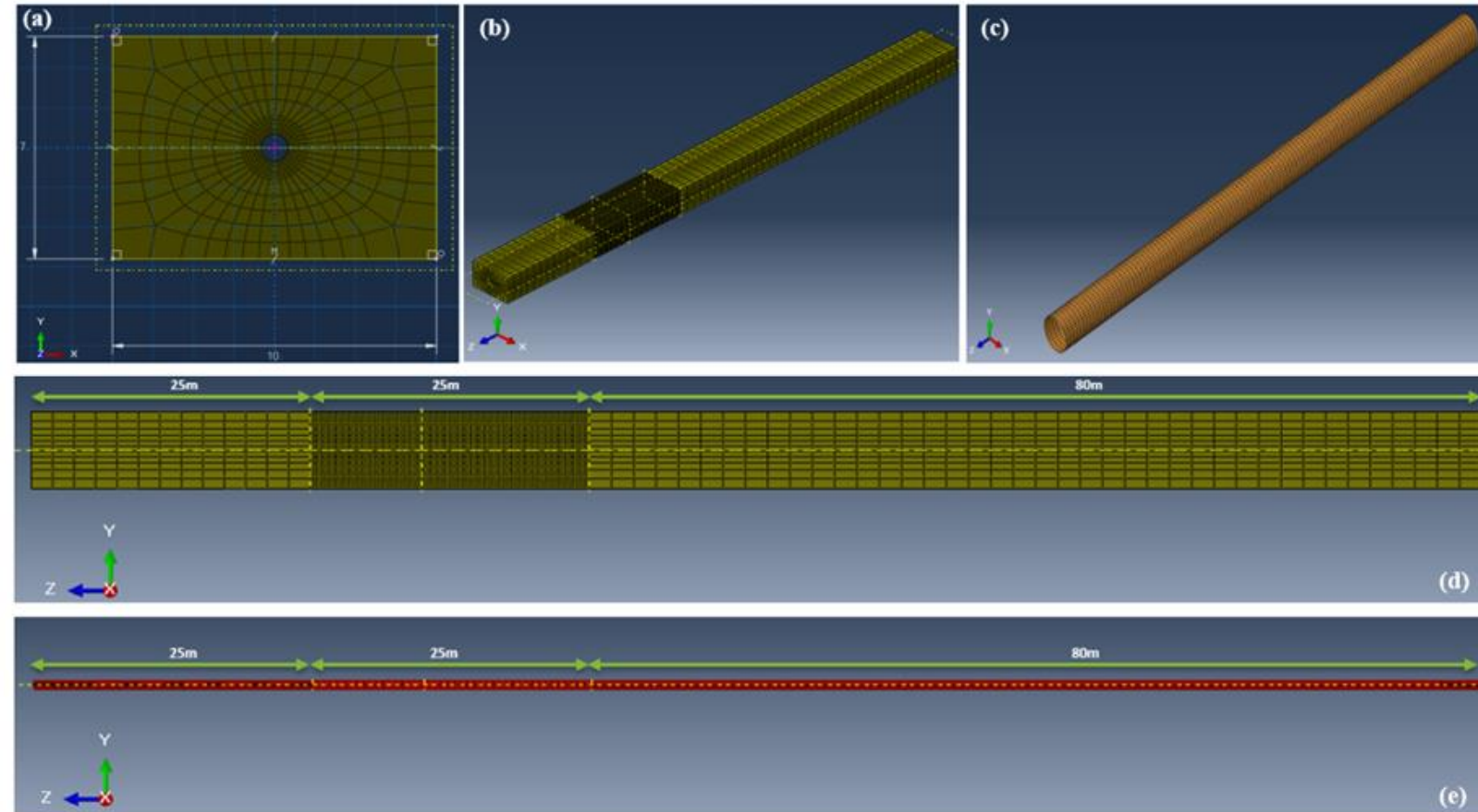


Contacto entre la formación Napo (café) y la formación Tena (verde). Ubicación de las abscisas de interés e identificación de los sitios inestables.



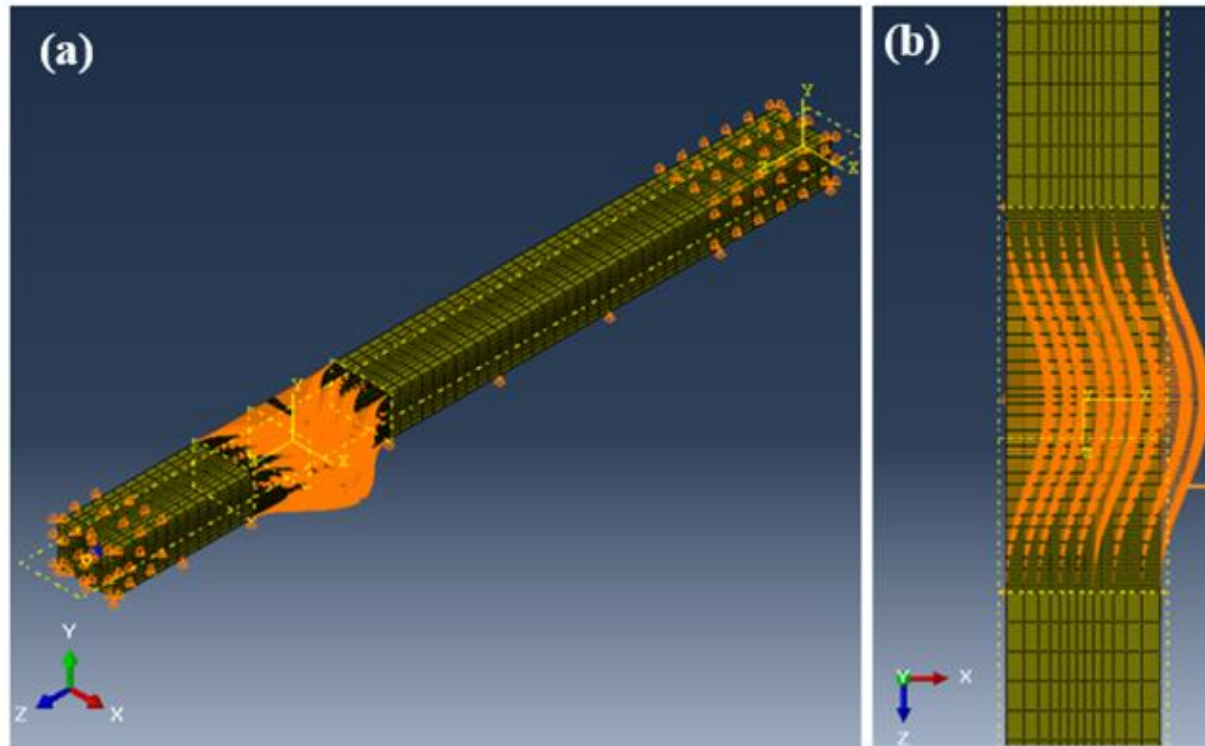


GEOMETRIA DEL MODELO



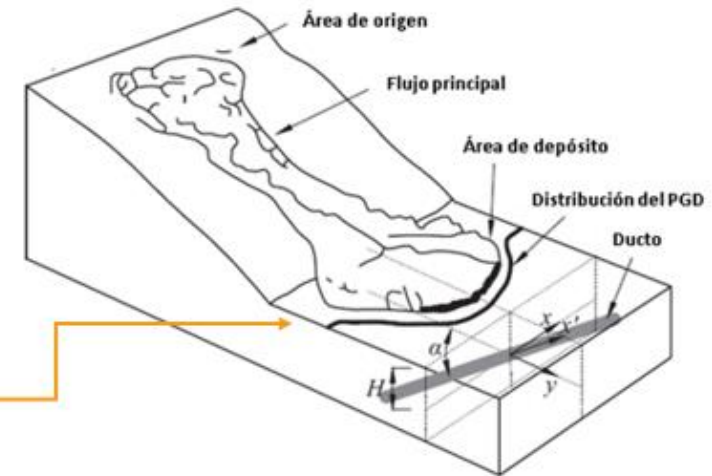
(a) Vista frontal del modelo del suelo. (b) Vista isométrica del modelo del suelo. (c) Vista isométrica del modelo de la tubería. (d) Vista lateral del modelo del suelo, se observa el mallado más fino en la zona que representa inestabilidad. (e) Vista lateral del modelo que representa la tubería.

CONDICIONES DE FRONTERA



(a) Condiciones de frontera en las aristas que representan el suelo.

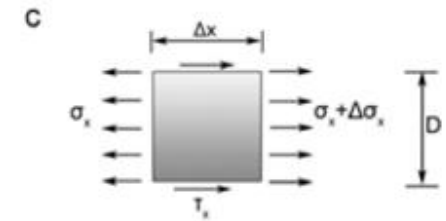
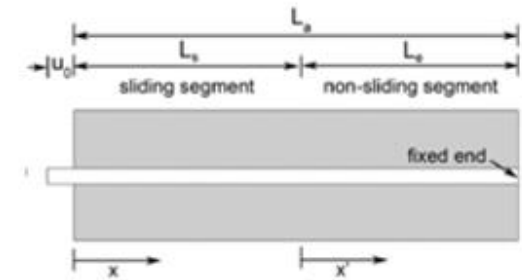
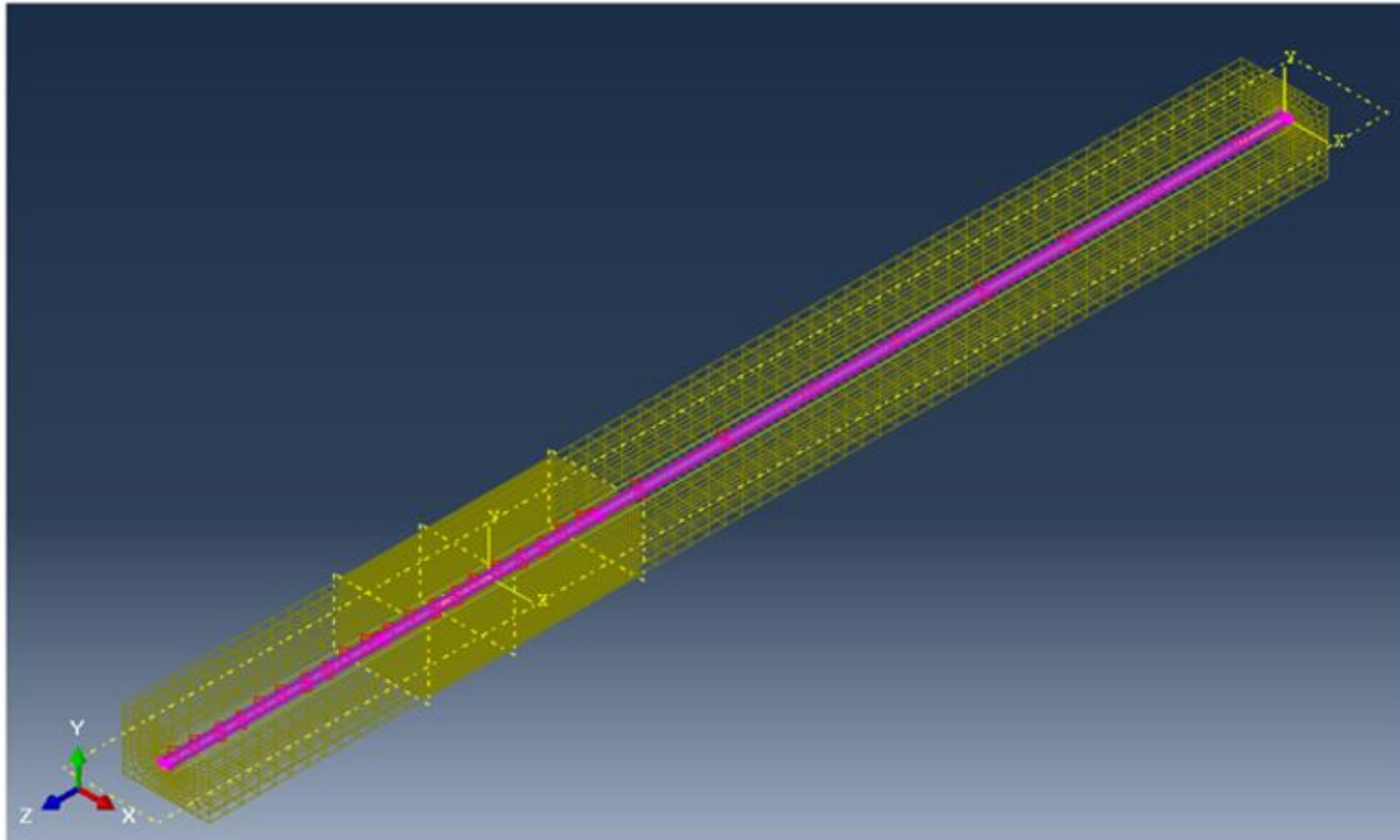
(b) Deformación en el suelo ocasionada por el deslizamiento.



$$y(x) = \delta \left(\cos \frac{\pi x}{W} \right)^n$$

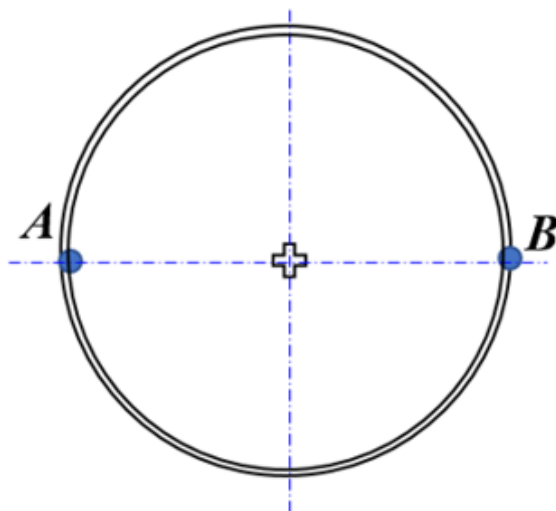
Ni, P., Mangalathu, S., & Yi, Y. (2018)

CONDICIONES DE FRONTERA



Vazouras, P., Dakoulas, P., & Karamanos, S. A. (2015).

EXTRACCIÓN DE RESULTADOS

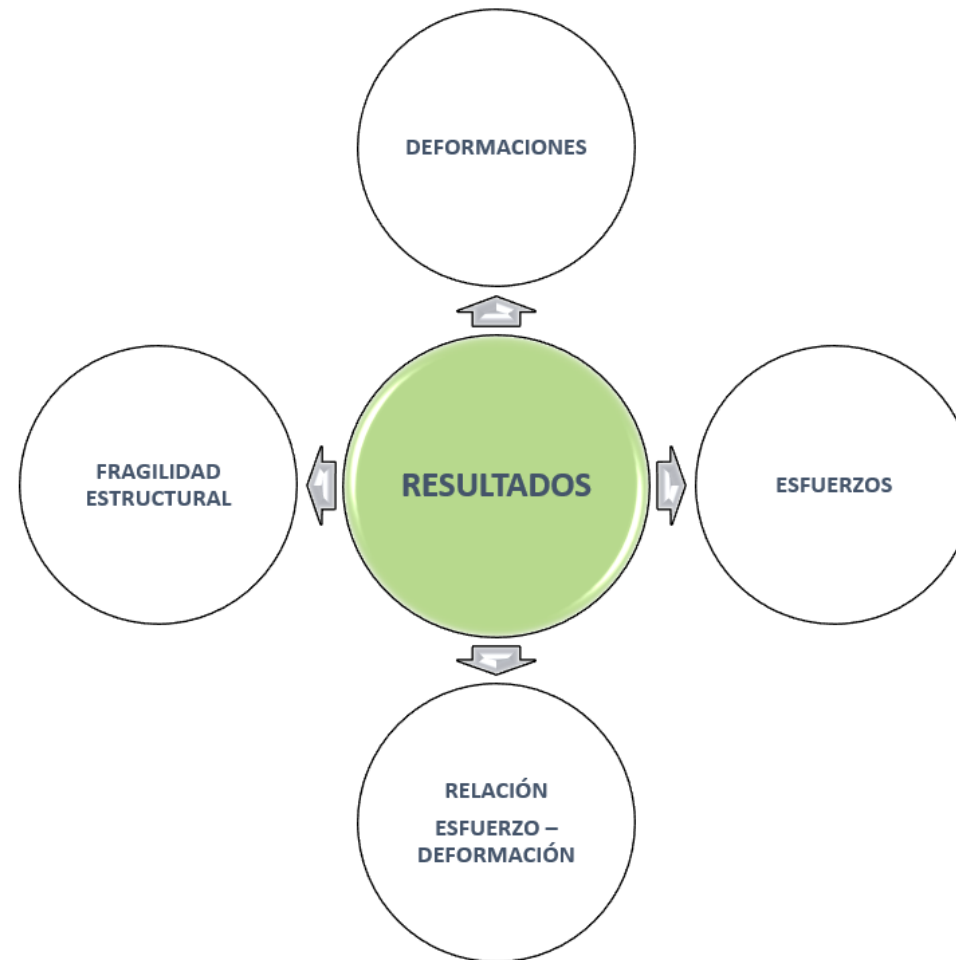


Generadores. Línea "A" – zona a compresión. Línea "B" – zona a tensión.

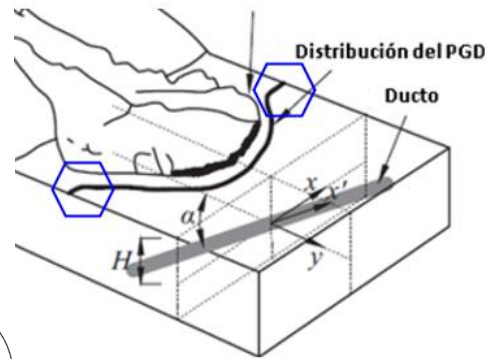
Los resultados se presentan en función de la longitud del modelo, para lo cual se crean dos líneas representativas sobre la tubería, que se denominan generadores.

Parámetros de entrada para calibración del modelo de elementos finitos.

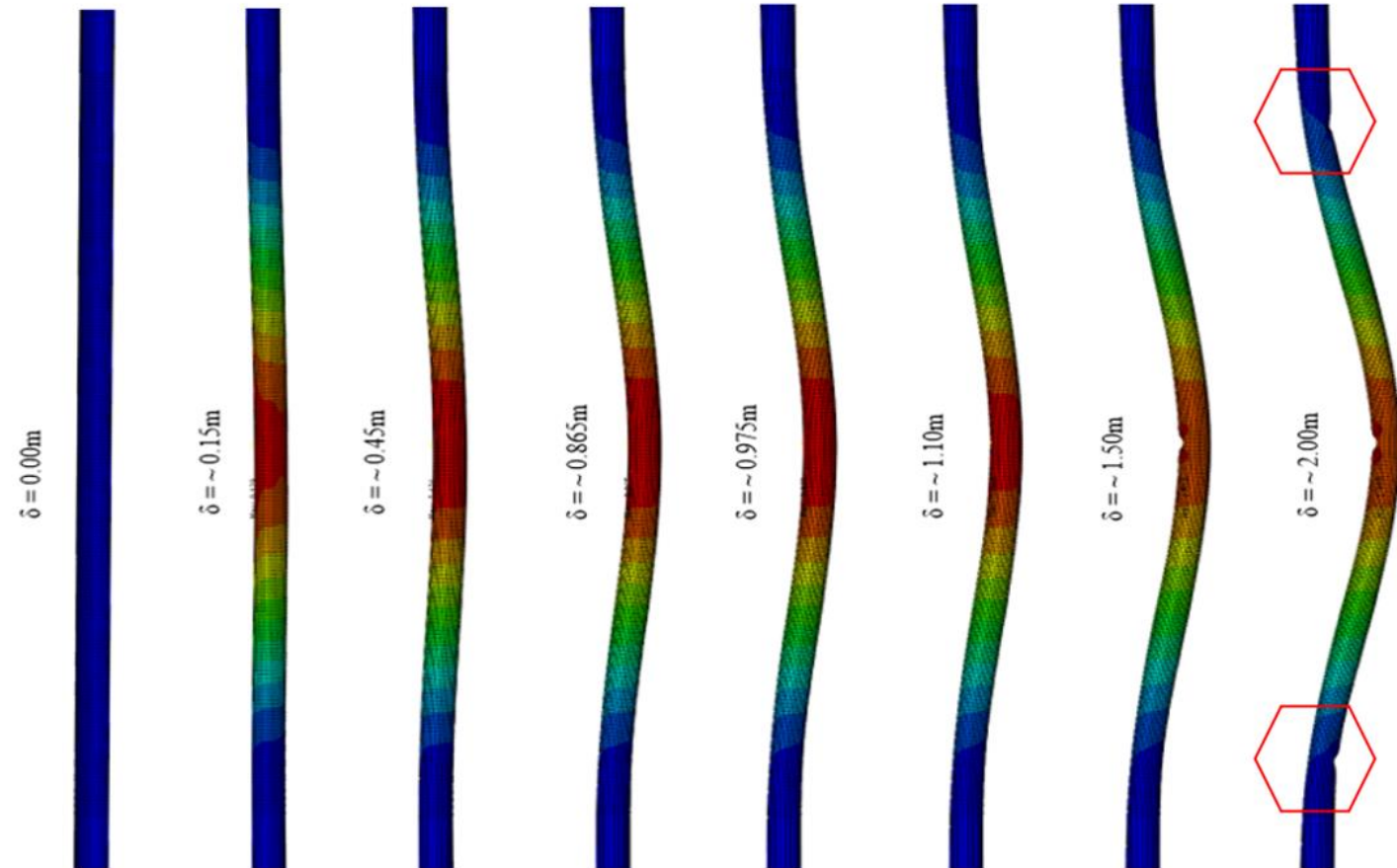
Ítem	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Tubería	Material		API 5L-X70	
	Diámetro externo	D	863.60	mm
	Espesor de pared	t	8.74	mm
	Densidad		7580.00	kg/m ³
	Módulo de Young	E ₁	210000.00	MPa
	Esfuerzo de fluencia	σ_1	525.00	MPa
	Deformación a la fluencia	ξ_1	0.50	%
	Esfuerzo de rotura	σ_2	640.00	MPa
	Deformación en la rotura	ξ_2	3.50	%
	Relación de Poisson	ν	0.29	
Suelo	Peso unitario	γ	14.00	KN/m ³
	Angulo de fricción	ϕ	4.00	°
	Cohesión (Resistencia la corte no drenado)	Cu	0.028	MPa
	Módulo de Young	E	17.50	MPa
Interface	Relación de Poisson	ν	0.37	
	Coefficiente de fricción	μ	0.60	
Cobertura	Profundidad de la tubería enterrada	H	3.50	m
PGD	Rango de desplazamiento permanente del terreno	δ	0.1 - 2.0	m
	Ancho de la zona inestable	W	25.00	m



DEFORMACIONES



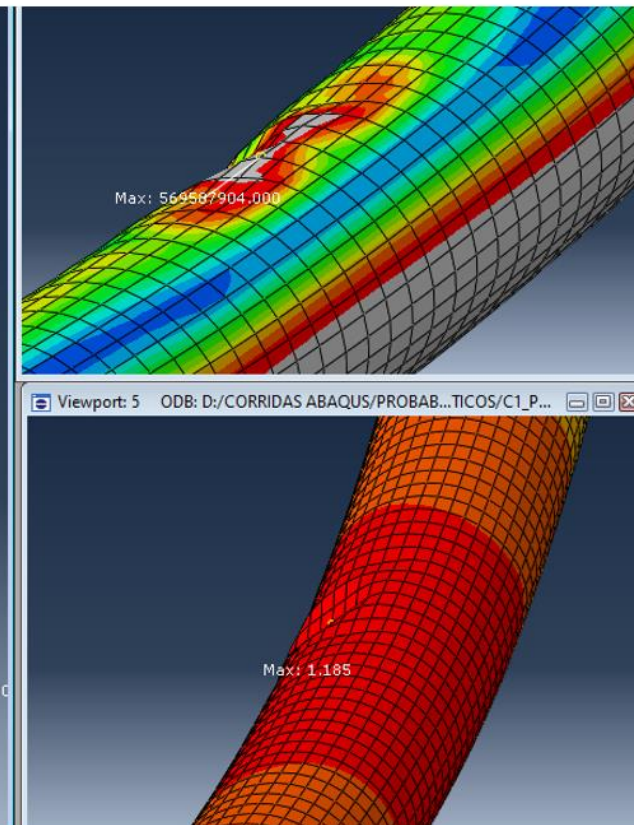
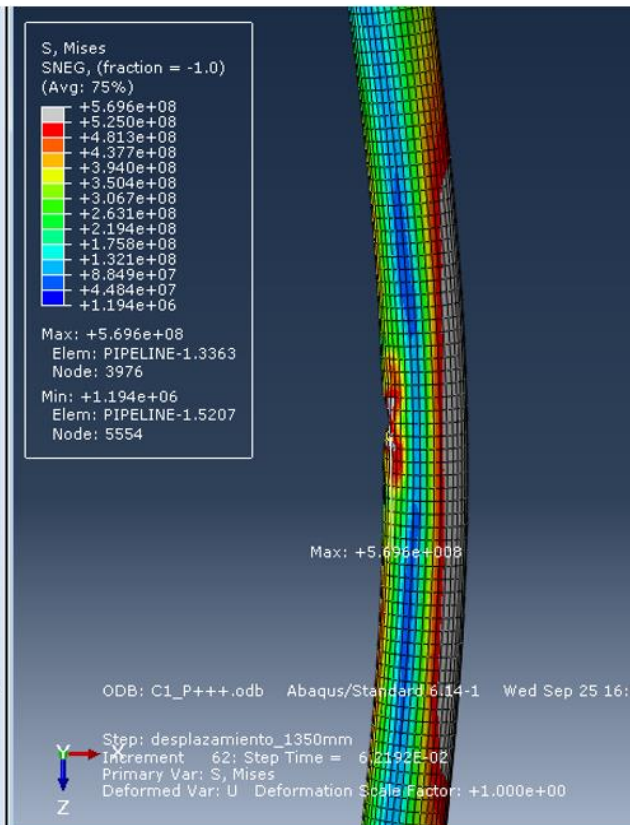
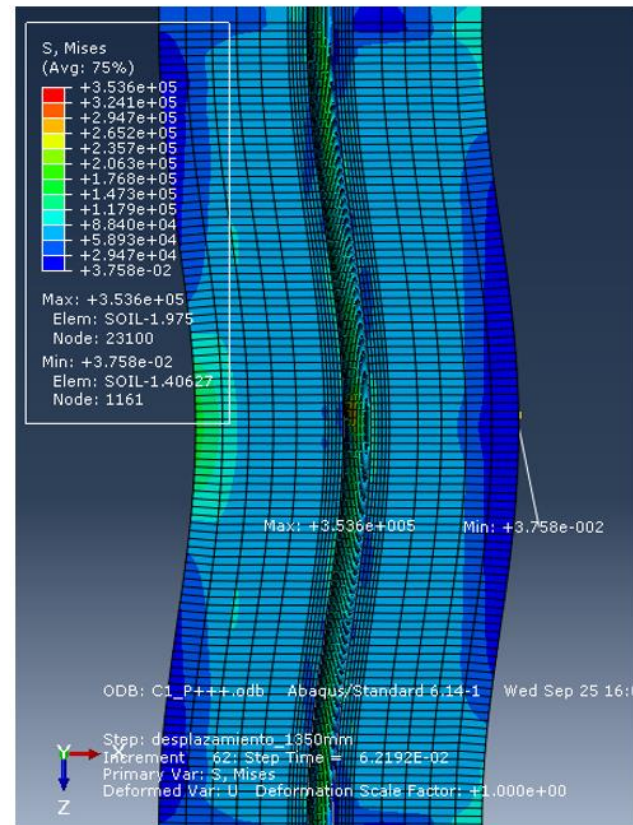
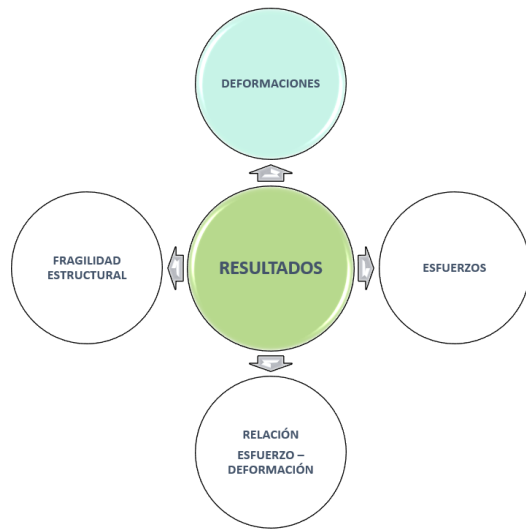
Sheng et al. (2017) en su estudio concluye que los valores máximos de esfuerzo y deformación se incrementa de forma gradual a medida que el movimiento del deslizamiento aumenta y además sus valores limites aparecen en las zonas que aparentan una junta entre la zona estable e inestable.



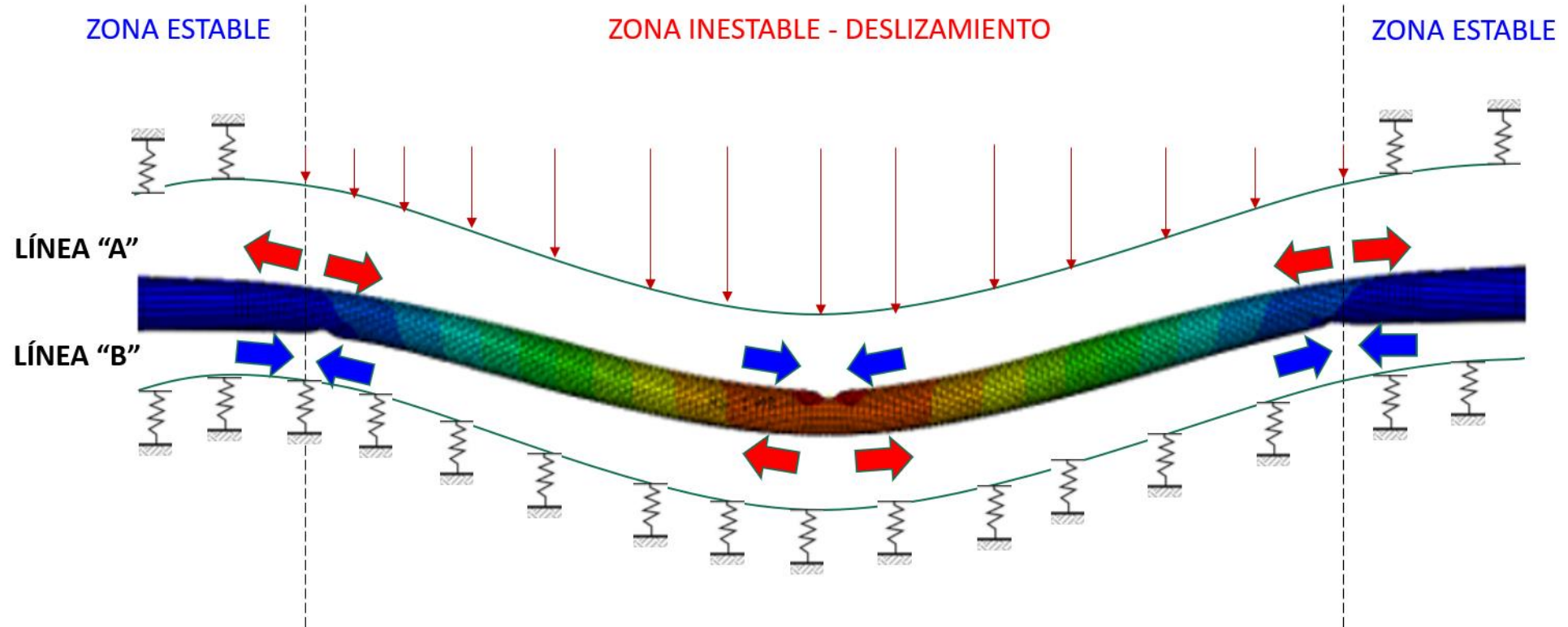
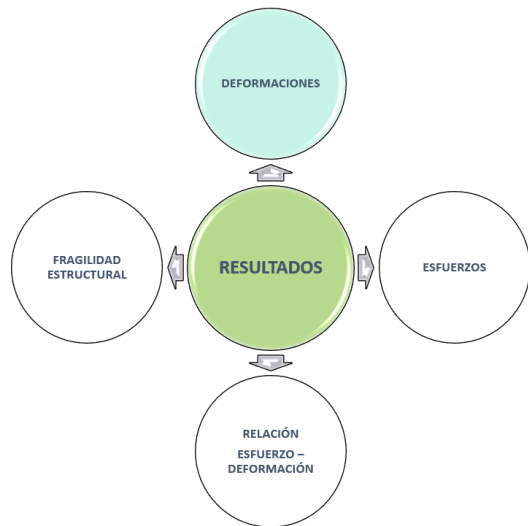
Desplazamiento permanente del terreno sobre la tubería, rango entre 0.0 y 2.0m.



DEFORMACIONES

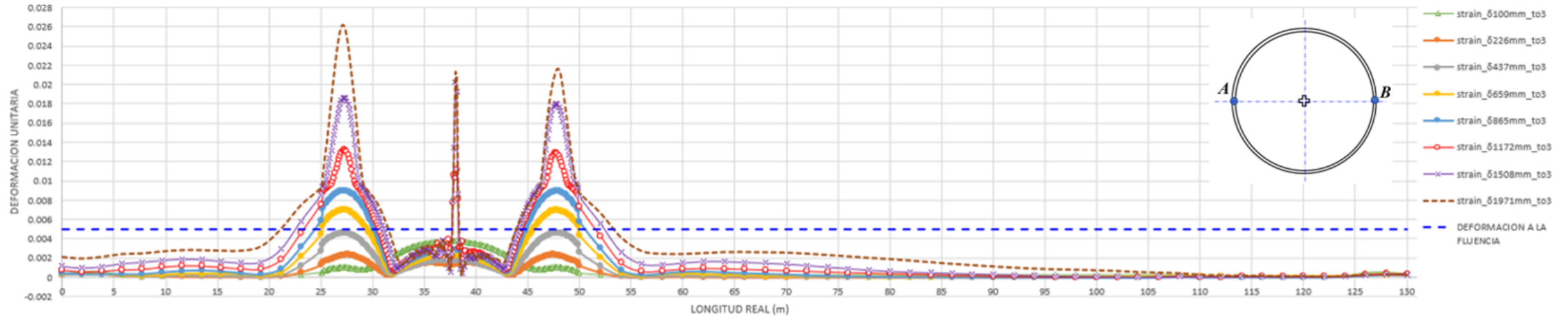


DEFORMACIONES

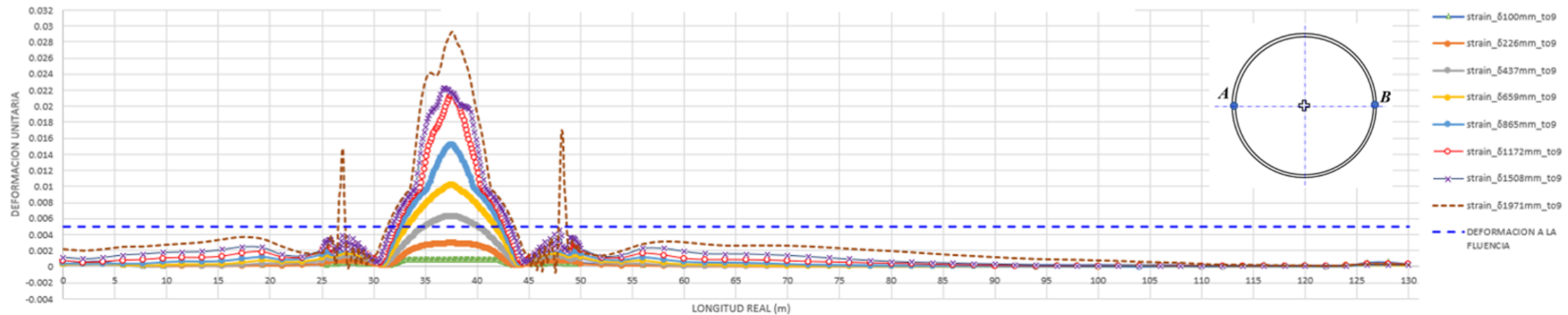


DEFORMACIONES

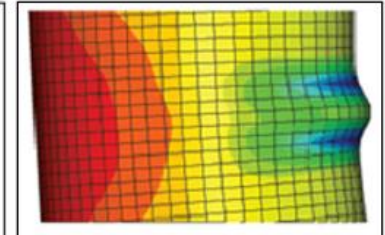
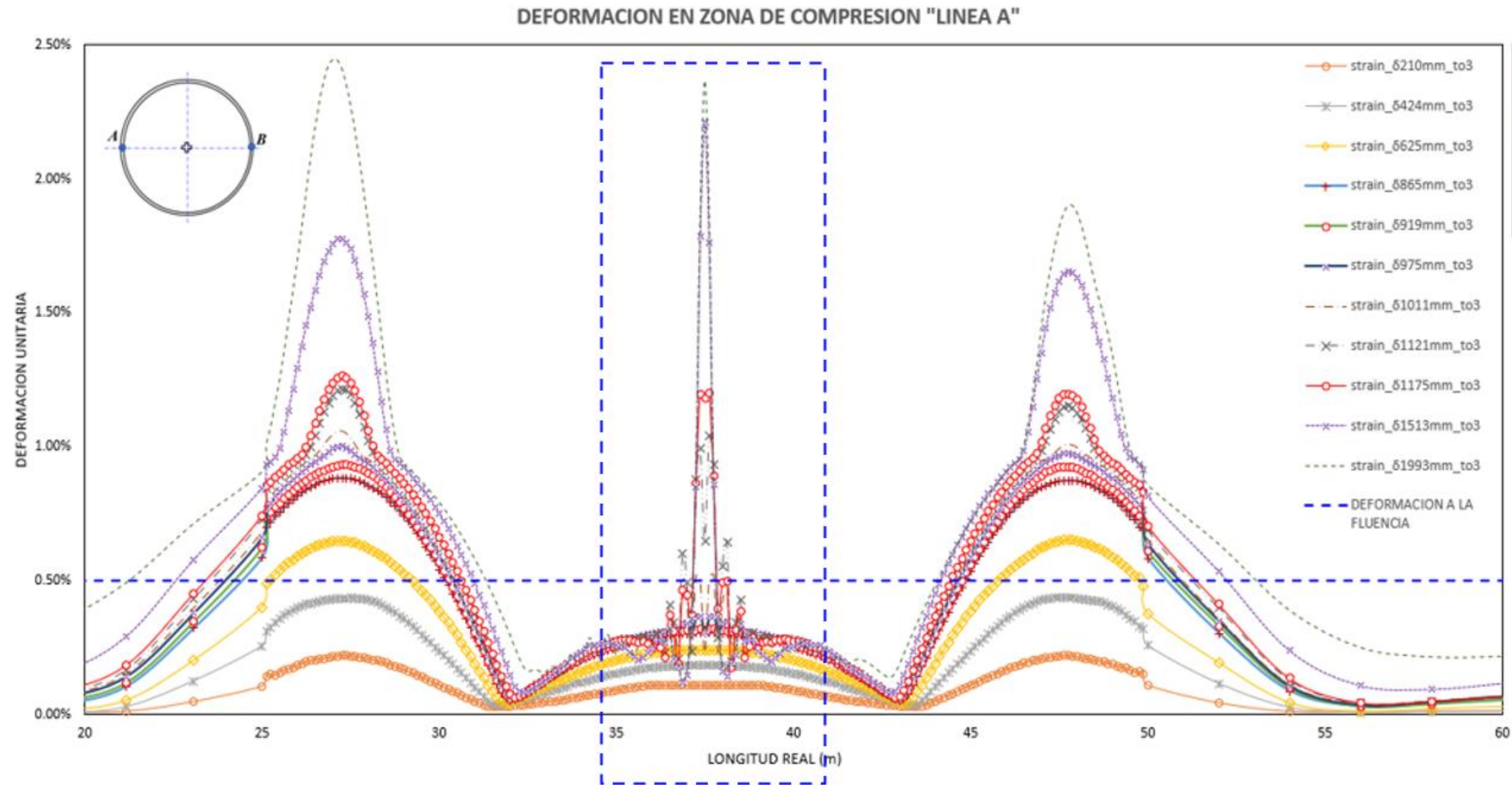
DEFORMACION vs LONGITUD REAL LINEA "A"



DEFORMACION vs LONGITUD REAL LINEA "B"

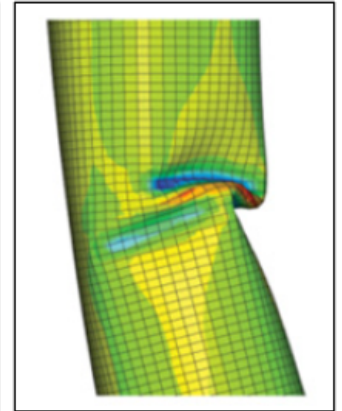
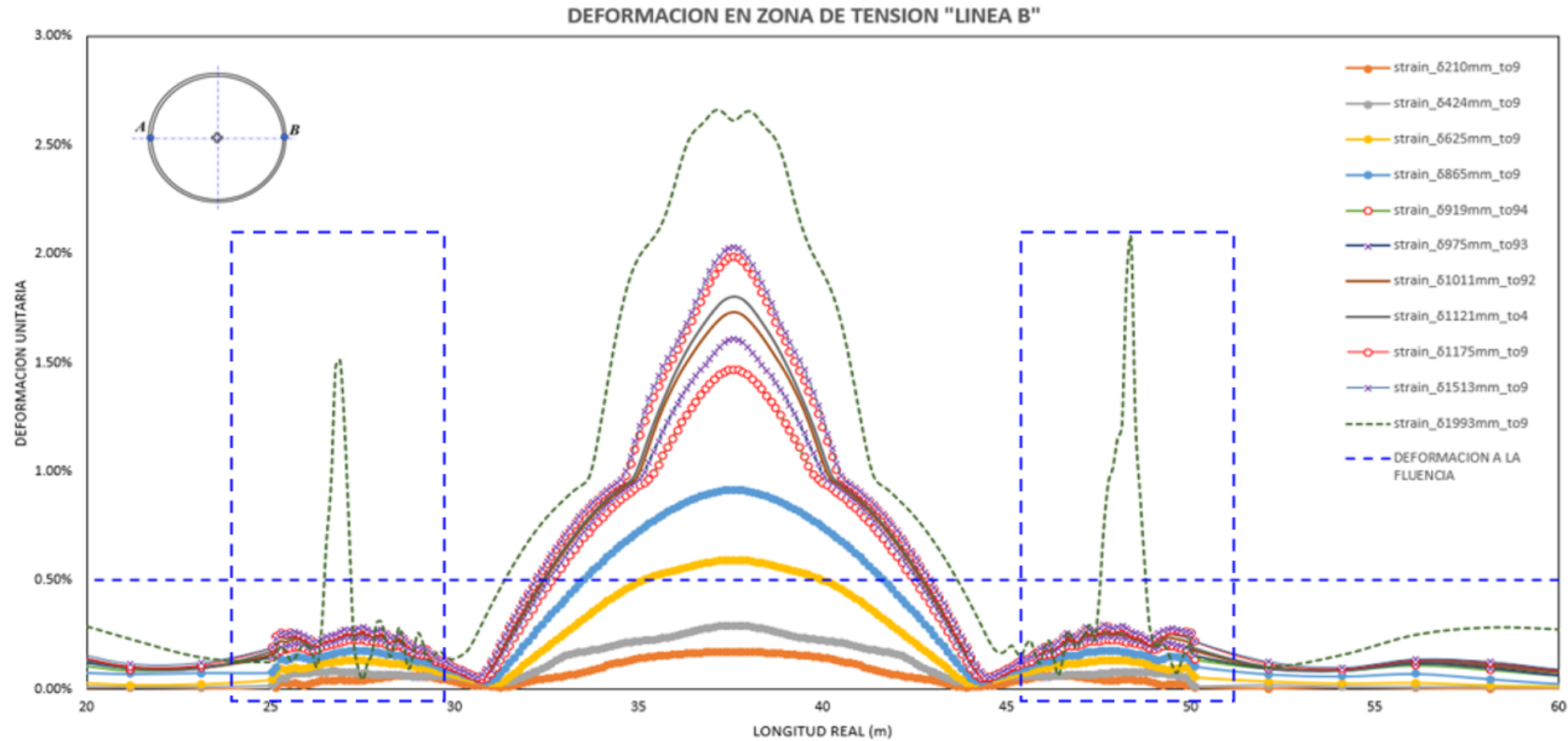


DEFORMACIONES



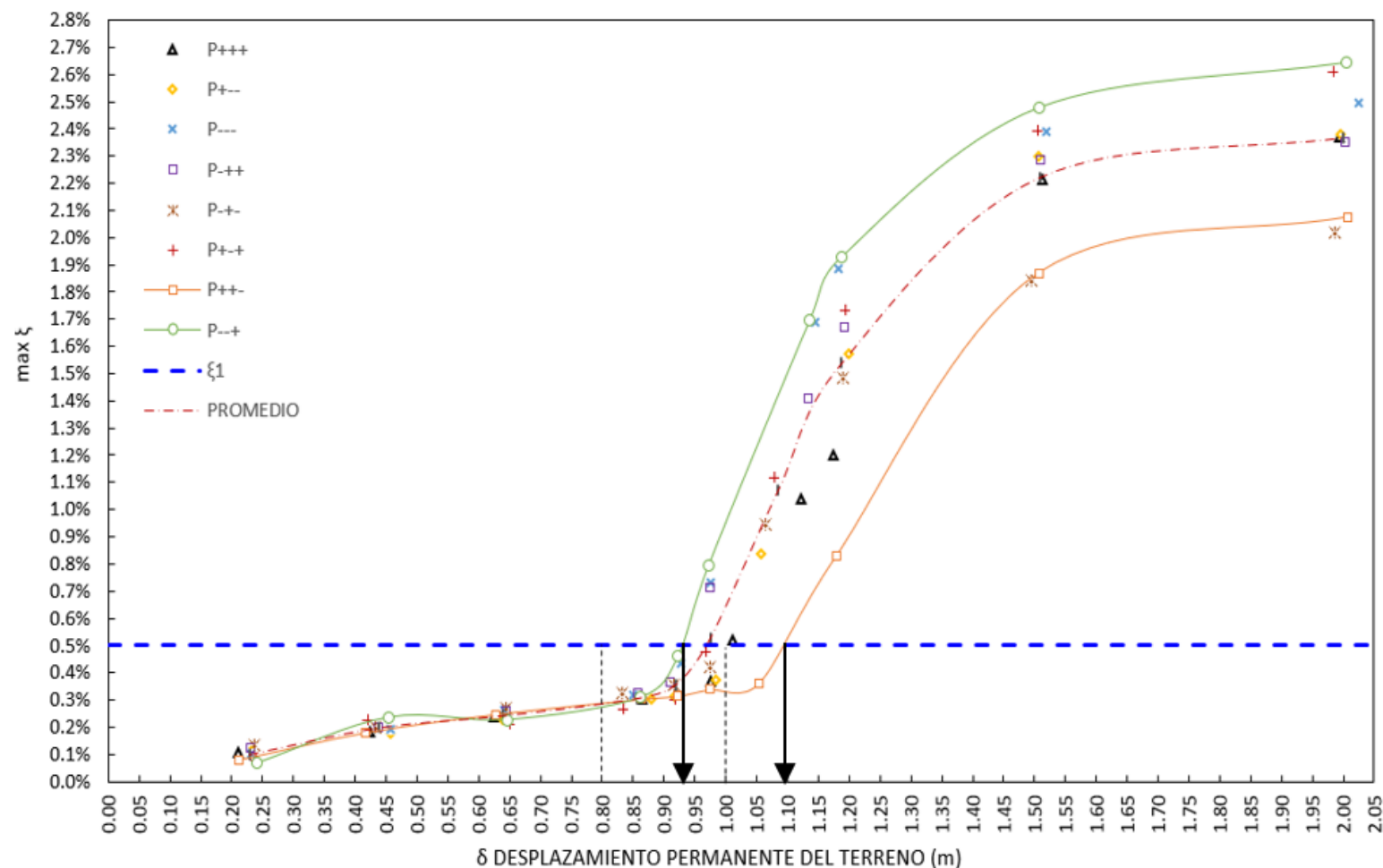
Vazouras et al., (2012)

DEFORMACIONES



Vazouras et al., (2012)

DEFORMACIONES



P+++ (suelo blando)

$\xi = 0.5\%$

$\delta = 1.10\text{m}$

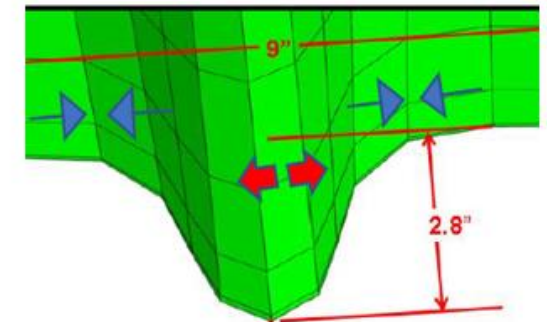
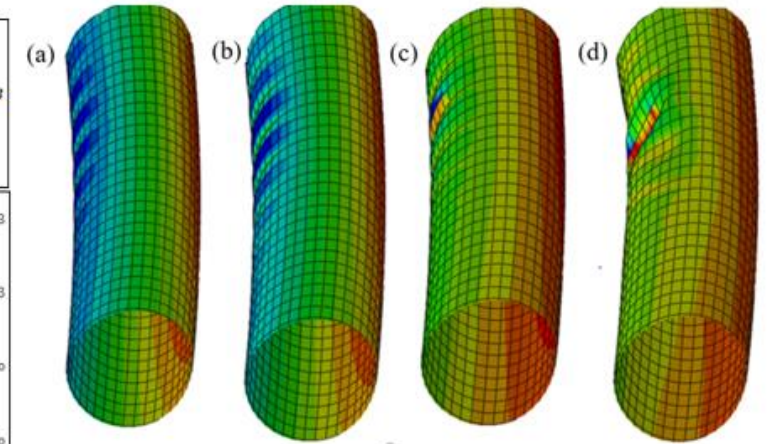
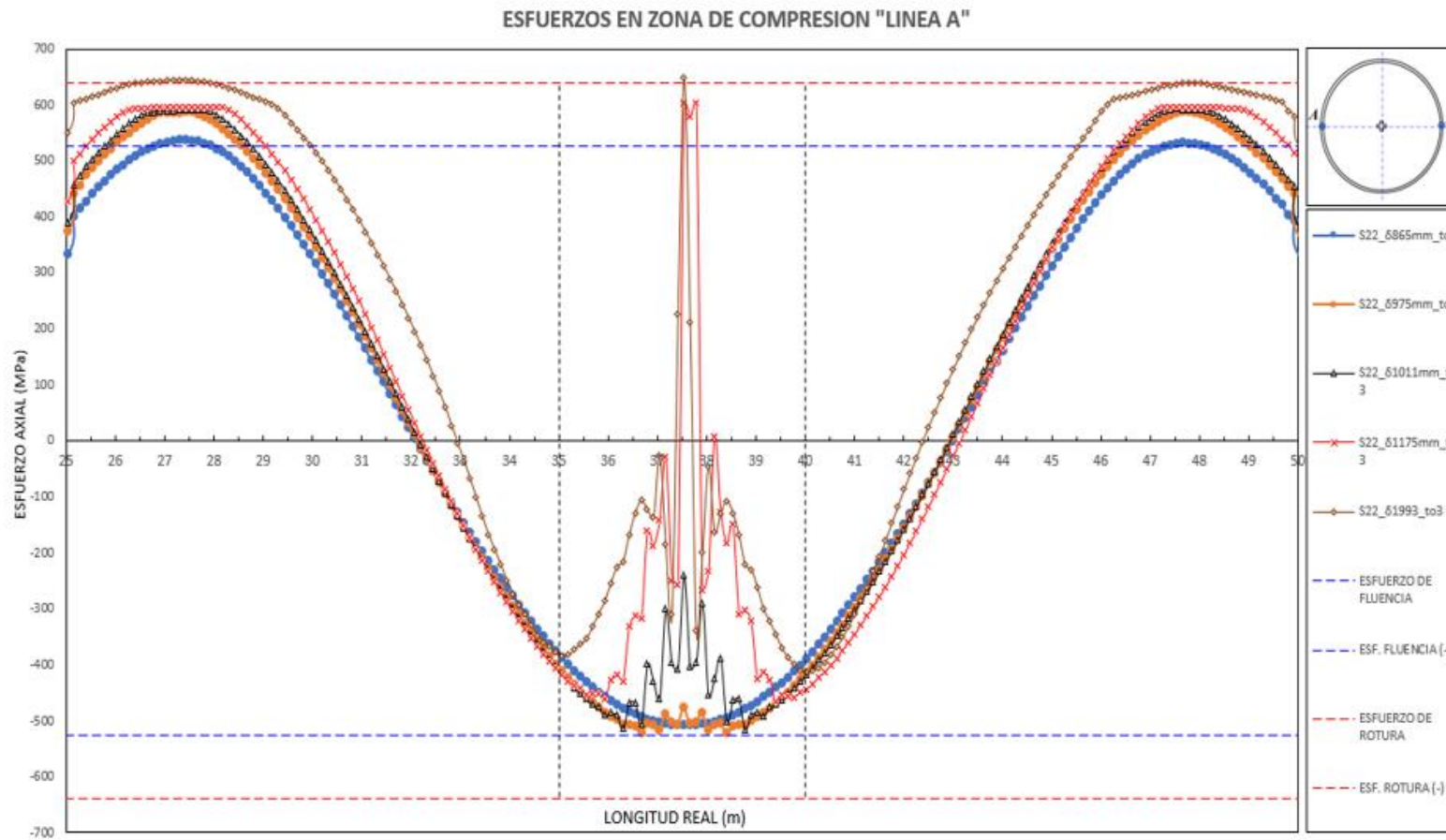
P--+ (suelo rígido)

$\xi = 0.5\%$

$\delta = 0.94\text{m}$

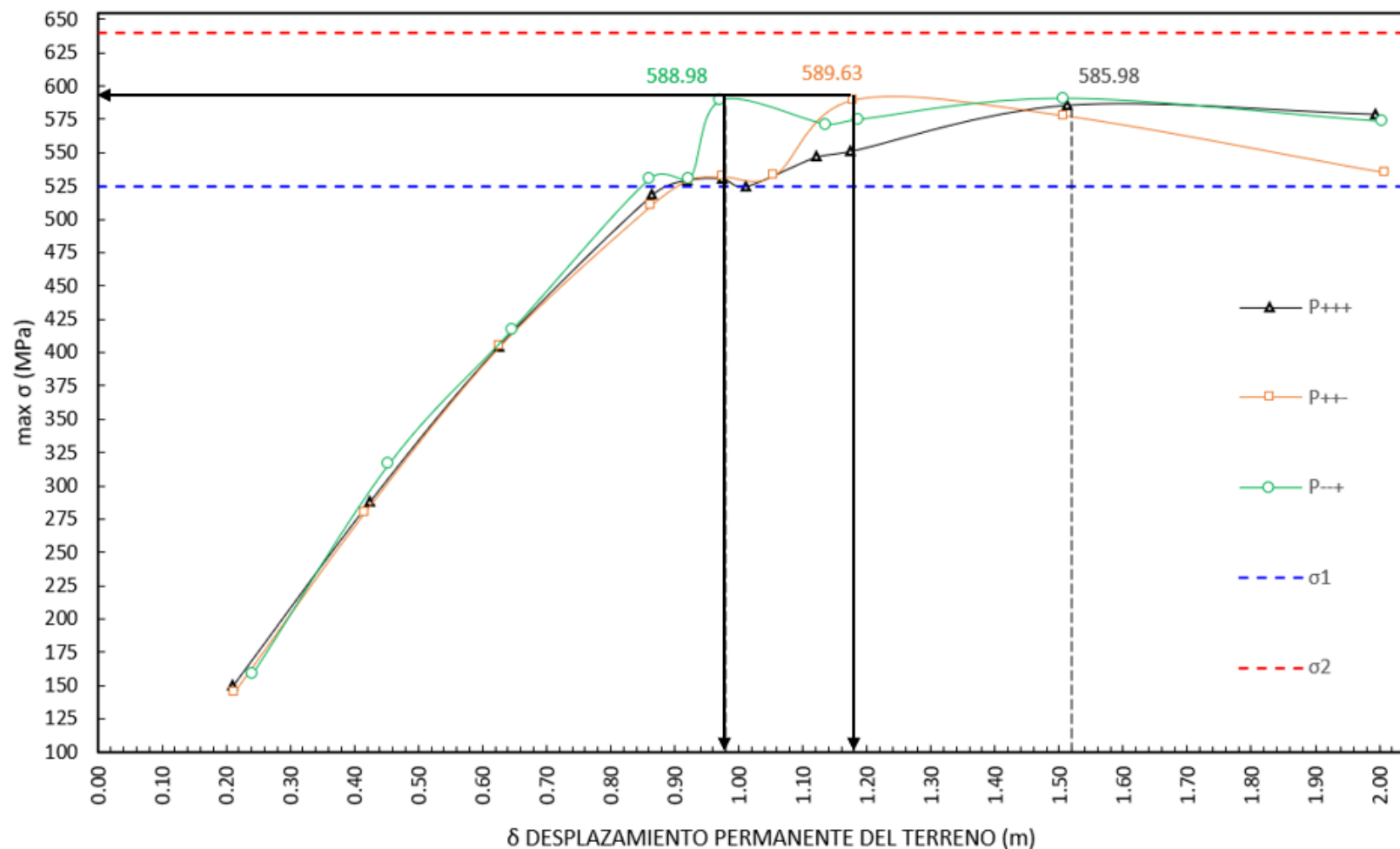
Se evidencia que cuando el suelo tienen menor rigidez, es necesario mayor desplazamiento (δ) para alcanzar la deformación por fluencia del acero, que en un suelo con mayor rigidez

ESFUERZOS



Thompson N., (2009)

ESFUERZOS



P++- (suelo blando)

 $\sigma = 589 \text{ MPa}$ $\delta = 1.18 \text{ m}$

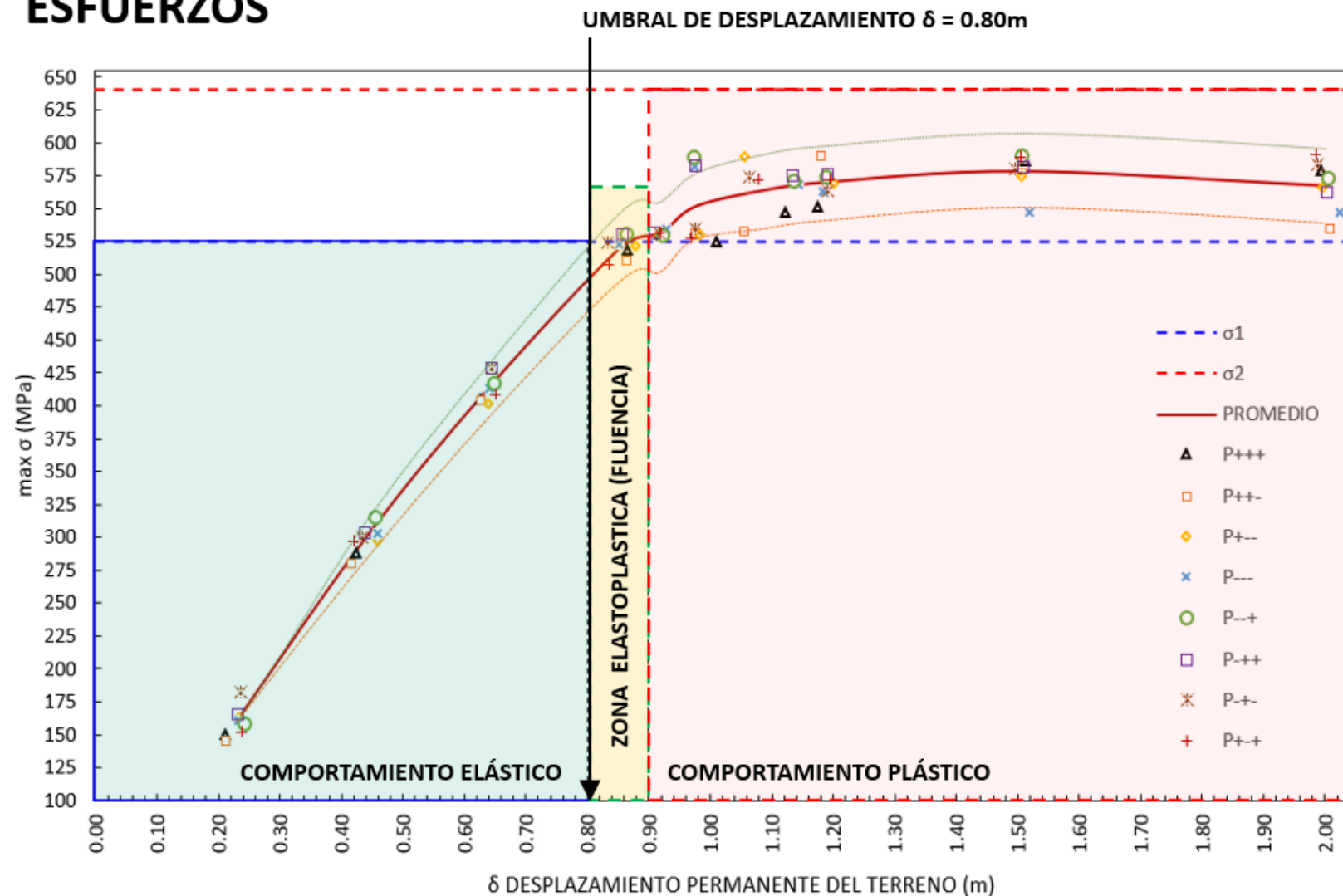
P--+ (suelo rígido)

 $\sigma = 589 \text{ MPa}$ $\delta = 0.98 \text{ m}$

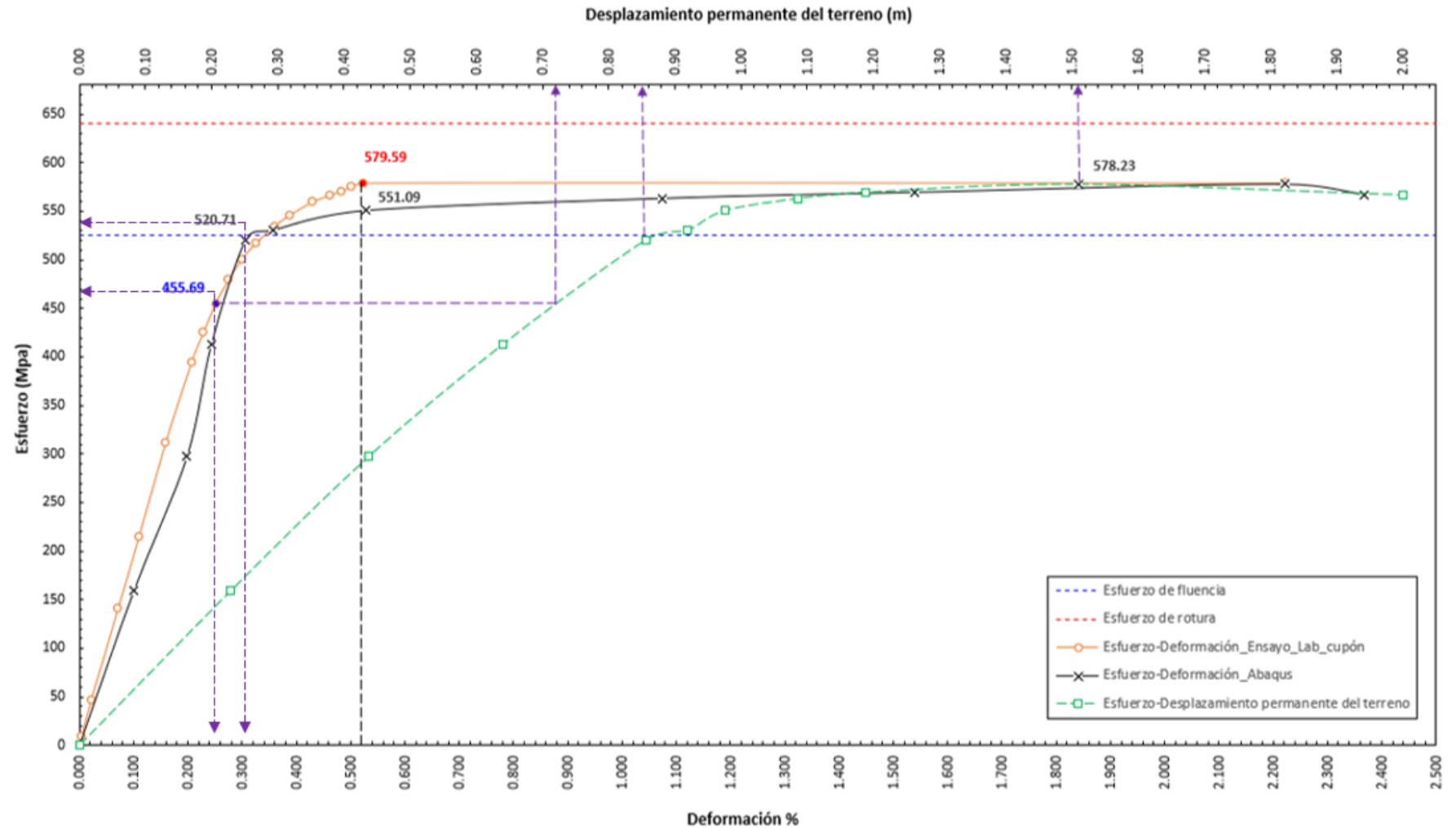
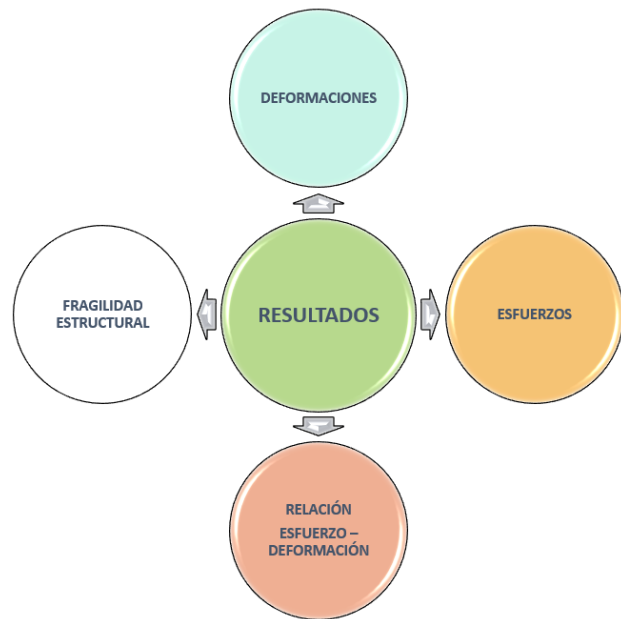
Se evidencia que un suelo rígido al tener menor capacidad de deformarse, ejerce mayor restricción sobre la tubería ocasionado que los esfuerzos se concentren.

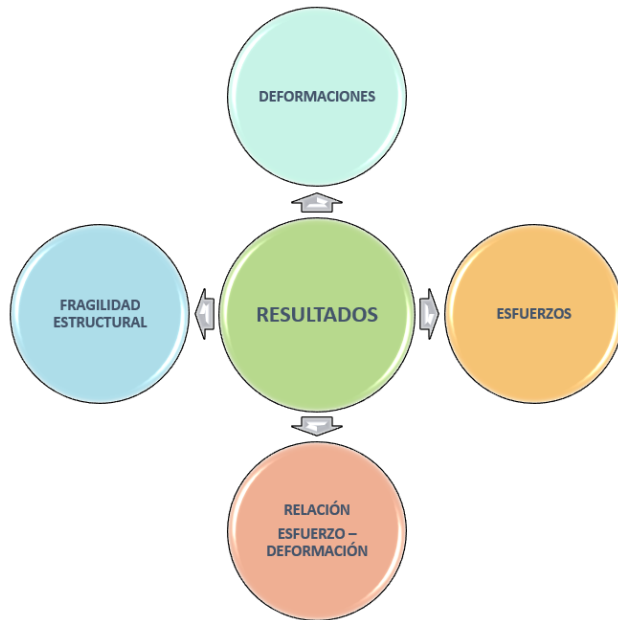


6ª CONFERENCIA INTERNACIONAL GEOTECNIA DE DUCTOS

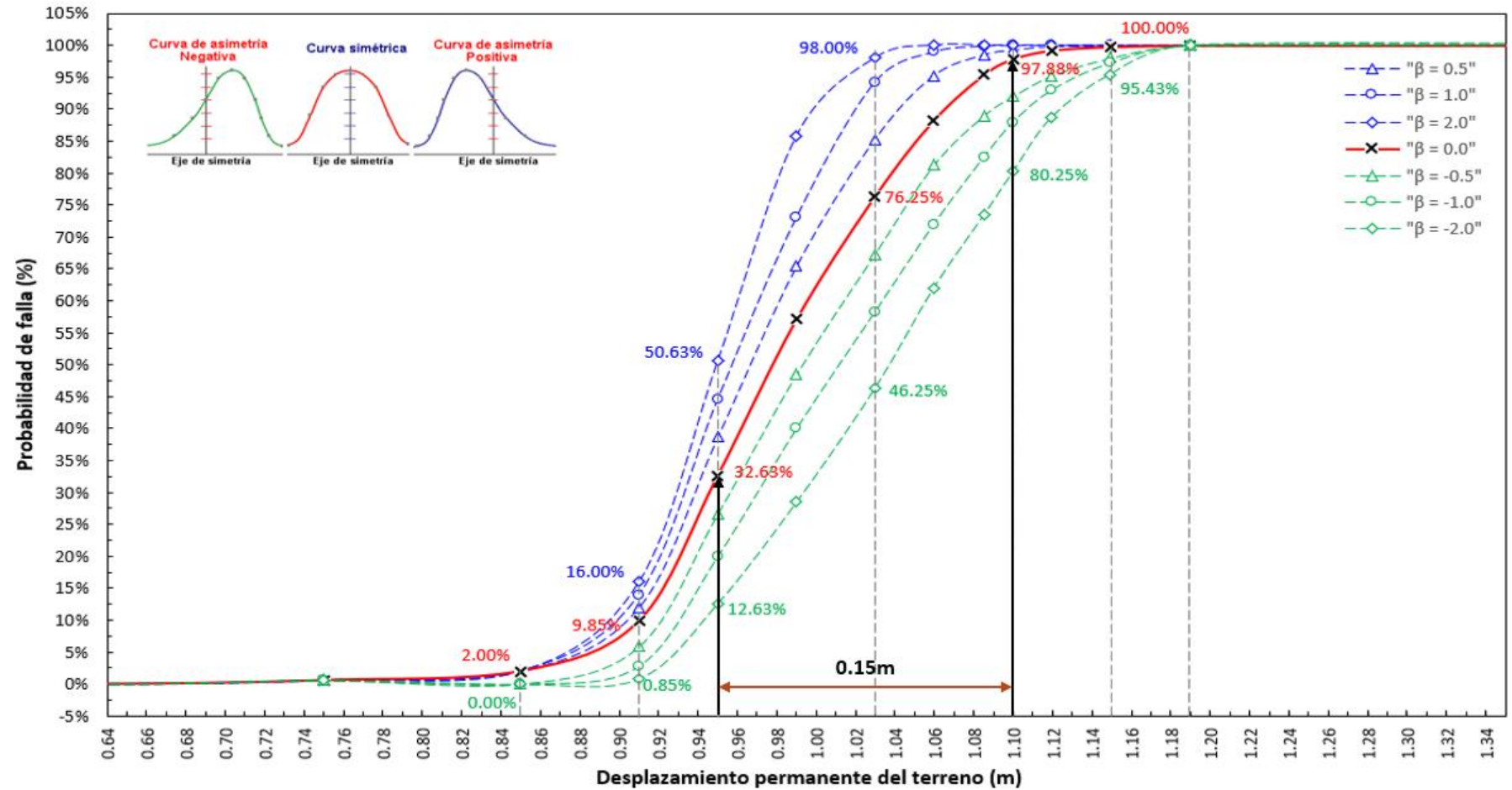


ESFUERZO - DEFORMACIÓN





FRAGILIDAD ESTRUCTURAL



El comportamiento estructural de la tubería tiene una fuerte dependencia con las propiedades mecánicas y de resistencia al corte del terreno circundante, **mostrando además que existe mayor deformación en la tubería en suelos con menor rigidez y poco resistentes al corte que en suelos con mejores características**

En la curva de fragilidad estructural se observa que con desplazamientos mayores a 0.80m, la probabilidad de falla de la tubería crece rápidamente en intervalos de (δ) entre 10 y 15 cm, **por lo tanto, a partir del umbral, pequeños desplazamientos son capaces de generar esfuerzos y deformaciones en la tubería que lleven a exceder sus límites de fluencia e incluso formar arrugas a causa del pandeo local.**

Un desplazamiento (δ) de 0.80m en la zona central del deslizamiento es adecuado como umbral, ya que, a partir de este, tanto las deformaciones como los esfuerzos superan el rango elástico, sin embargo, las zonas de transición entre suelo estable e inestable deben tener la misma importancia en los análisis ya que estas actúan como concentradores de esfuerzos.

PREGUNTAS





**PREMIO
NACIONAL
DE LA CALIDAD
2022**



Los Mejores
Lugares para
Trabajar
**Great Place
to Work
ECUADOR
2023**



PREMIO SSOTER
MEDALLA DE ORO
Seguridad y Salud
en el Trabajo



PREMIO PREVER 2022
A la Innovación y
Diseño para aumentar
la Seguridad y Salud



**ECUADOR CARBONO CERO
REDUCCIÓN**
Certificación de Reducción
de la Huella de Carbono
otorgada por el MAATE



RECONOCIMIENTO ODS
a las Buenas Prácticas
de Desarrollo Sostenible
de Pacto Global Ecuador

CERTIFICACIONES



ISO 9001:2015
Sistema de Gestión
de Calidad

ISO 14001:2015
Sistema de Gestión
Ambiental

ISO 45001:2018
Sistema de Gestión
de Seguridad y Salud
Ocupacional

ISO 50001:2018
Eficiencia
Energética



**ZONA
CARDIO SEGURA**
Personal certificado por
el sistema ACESpoint
en manejo de DEA

www.ocpecuador.com

Síguenos
en redes.



GRACIAS