



ENTENDIMIENTO Y DEFINICIÓN DE VECTORES DE CARGA EN ZONAS DE AMENAZA GEOTÉCNICA IMPERCEPTIBLES CON BASE EN MAPEO INERCIAL MULTIANUAL Y MONITOREOS DE SUPERFICIE

Oscar Jahir Gualdrón
CENIT Transporte y
Logística de Hidrocarburos
Bogotá, Colombia

Daniel Mauricio Moncada
CENIT Transporte y
Logística de Hidrocarburos
Bogotá, Colombia

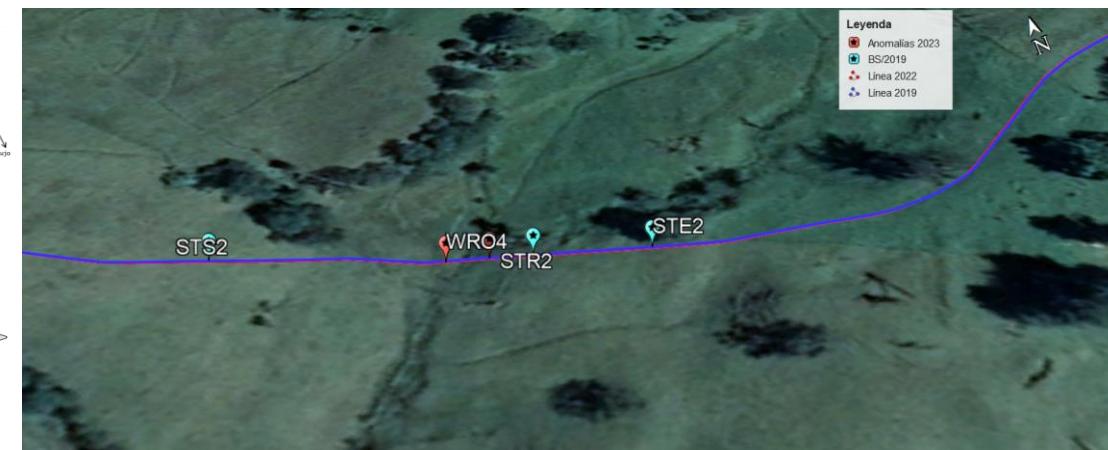
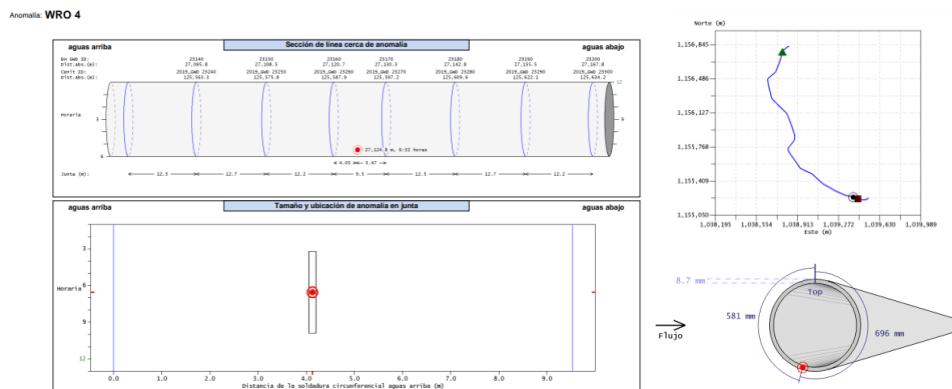
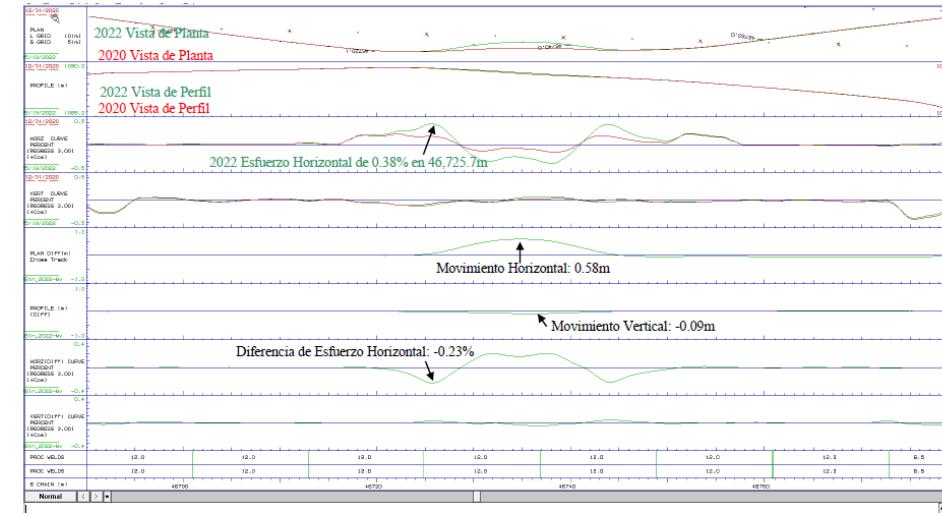
**Camilo Elicer
Torres**
PENS PEN
Bogotá, Colombia

Paula Andrea Rodriguez
PENS PEN
Bogotá, Colombia



PROBLEMA

**Reporte
Proveedor en
zona sin
hallazgo o
seguimiento
geotécnico
detallado en
campo**

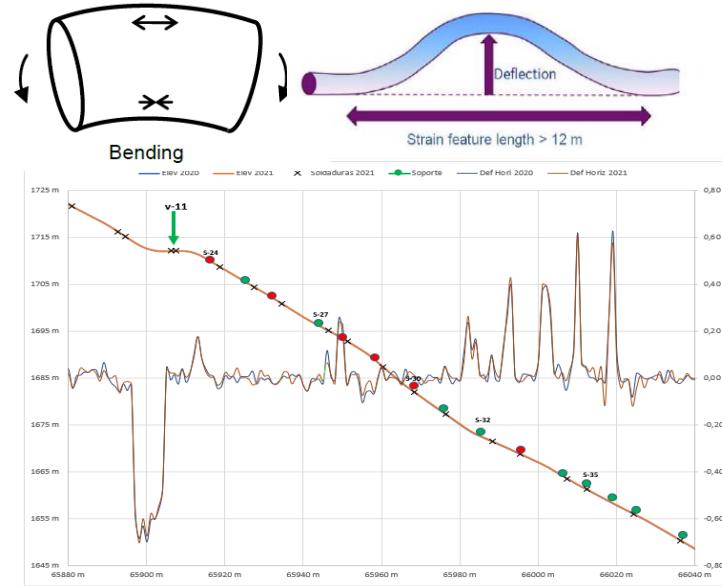




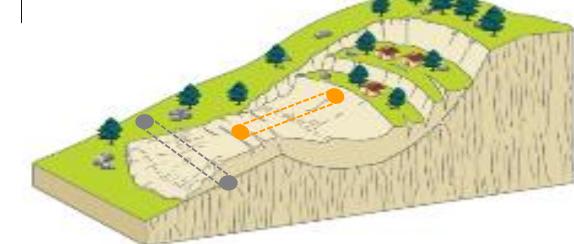
Criterios Base



Mapeo Inercial

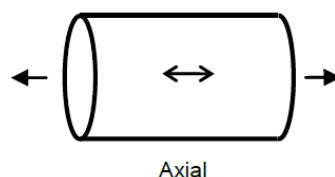


Alineación Suelo Tubo



Importancia y Efectos sobre tubo

Limitaciones: No se pueden cuantificar directamente tensiones/deformaciones axiales.



Hoop

Axial





Determinación de vectores de carga

El análisis de datos de ILI revela movimientos de tuberías y anomalías internas



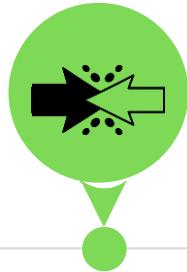
Permite la formación de **hipótesis** sobre las condiciones de carga del suelo.



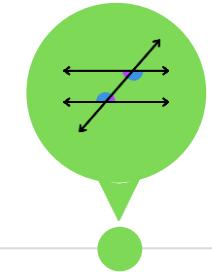
Visita de campo para **validar** hipótesis de análisis ILI



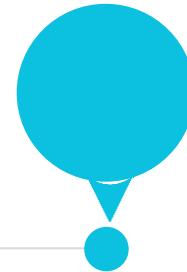
El **movimiento axial** produce anomalías de compresión.



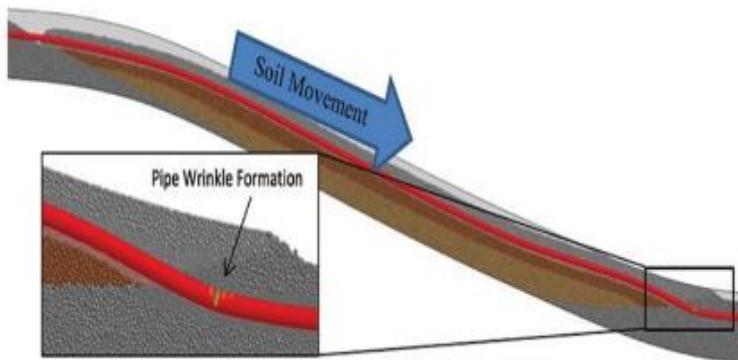
La carga Transversal induce la flexión debido al **movimiento transversal** del suelo.



Plan de Mitigación
Seguimiento geotécnico o atención directa.



Determinación de vectores de carga (AXIAL)



Carga Axial (hipótesis)
Movimiento del terreno en dirección axial al alineamiento de la tubería y generación anomalía por compresión.

Determinación de vectores de carga (transversal)



Carga transversal (hipótesis). Movimiento del terreno en dirección transversal al alineamiento de la tubería, condición a flexión.



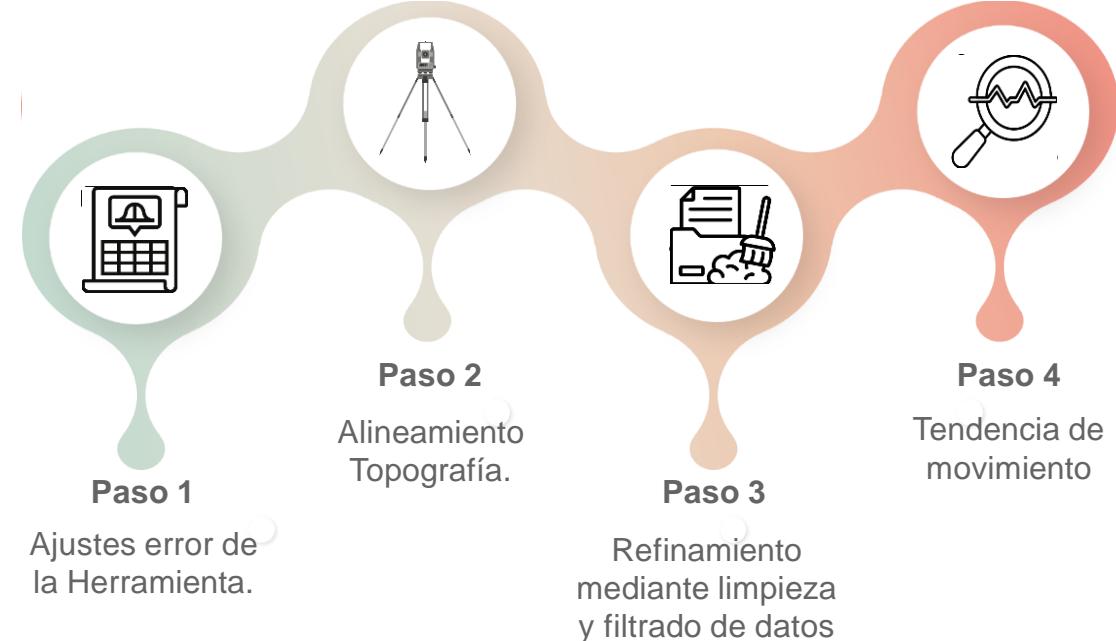
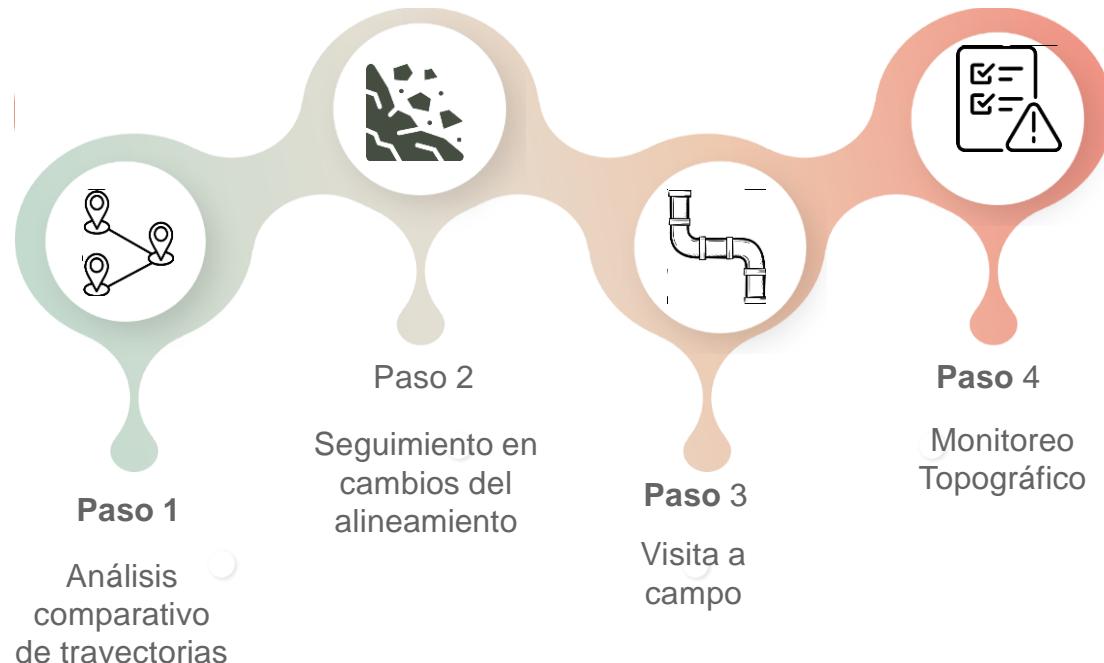
Análisis de Alineamiento ILI / Topografía



- Análisis de Movimiento Reportado ILI

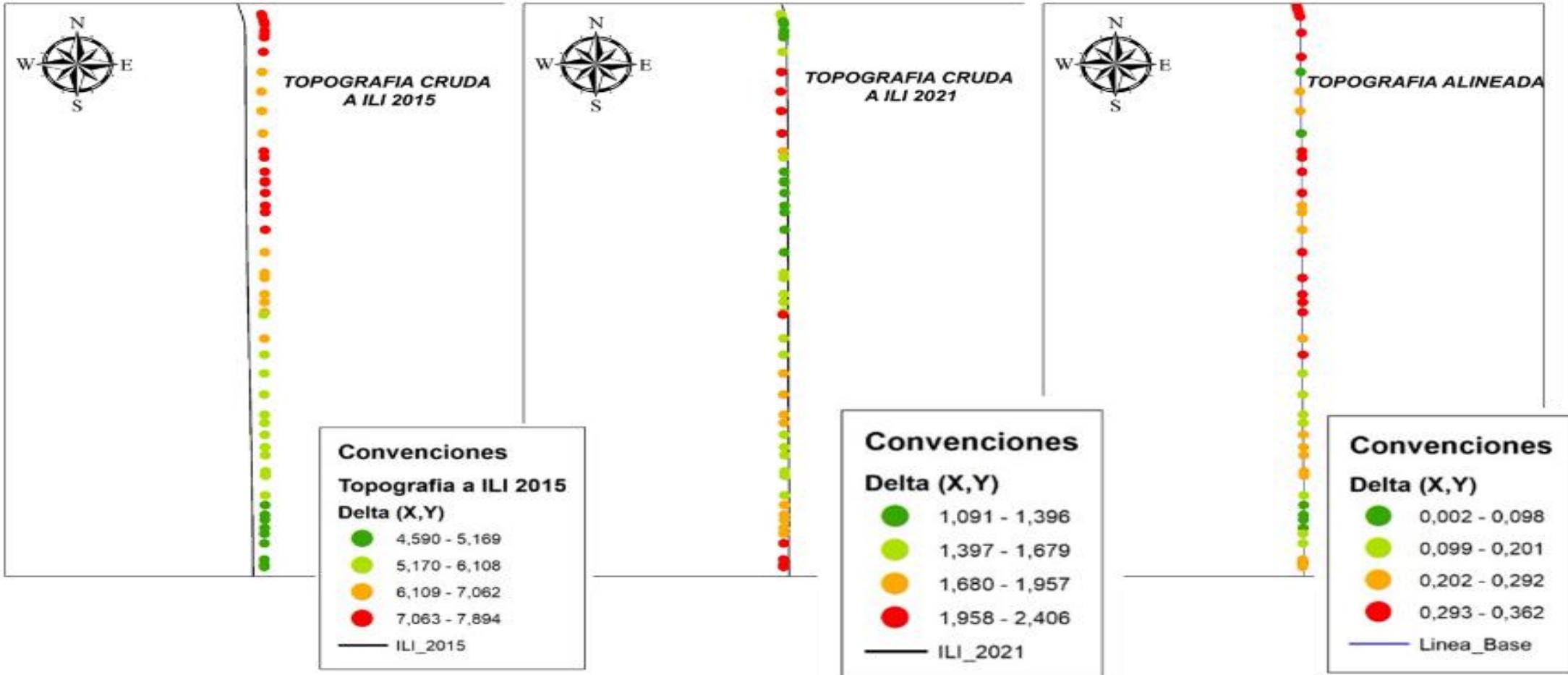


- Análisis Seguimiento Topográfico





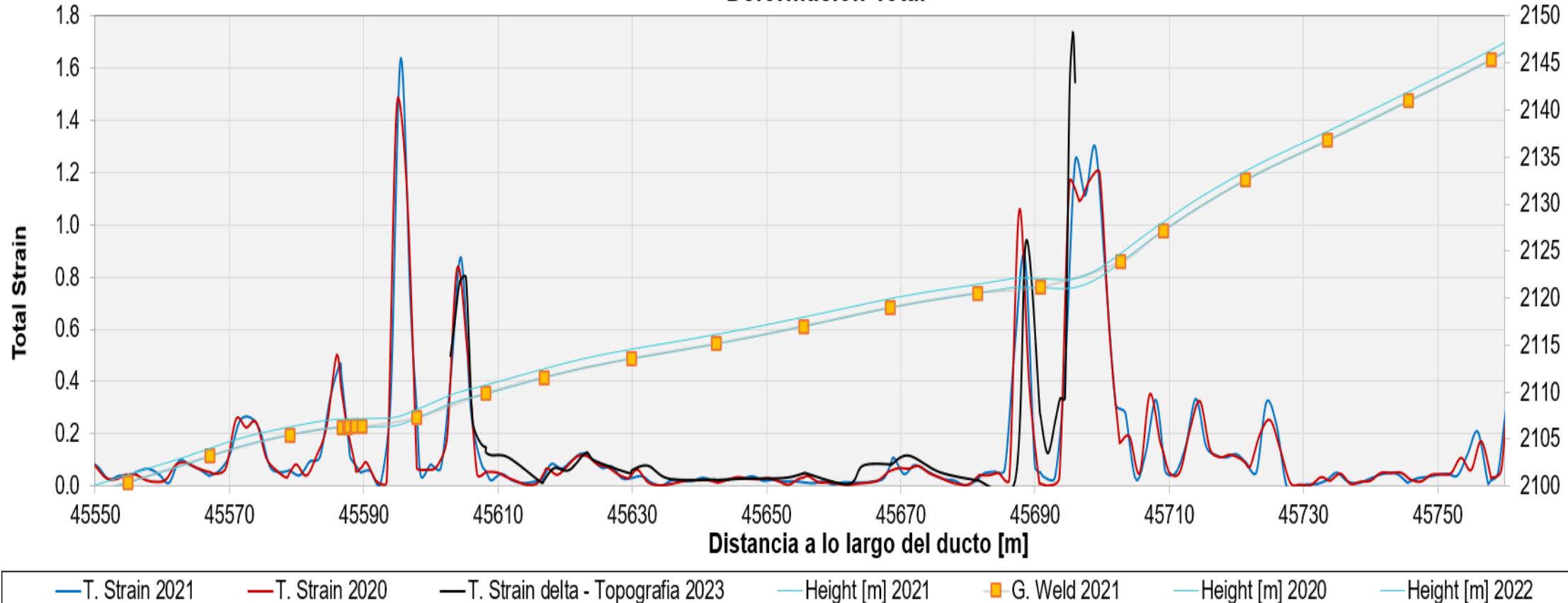
Análisis de Alineamiento ILI de diferentes Vendor y/o seguimiento topográfico





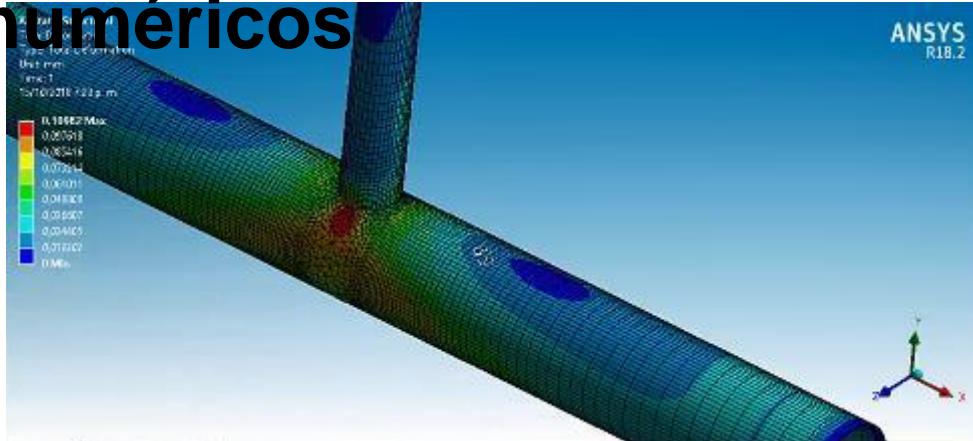
Análisis del perfil de deformaciones y seguimiento a la evolución de las zonas

Deformación Total





Análisis de carga y modelado numérico Modelación métodos numéricos



01

02

03

Los modelos
numéricos ilustran
la interacción
suelo-tubería
durante el
movimiento

FEA empleada
para determinar
tensiones y
deformaciones
residuales
actuales

Facilita el análisis
evolutivo de
tensiones y
desplazamientos
de tuberías.

Integración de resultados de análisis



01

02

03

La integración de
análisis en capas
y las referencias
cruzadas ofrecen
una descripción
general completa
del estado de la
tubería.

Las áreas de
priorización se
identifican en
función de los
hallazgos del
evento.

La alineación geográfica
en ArcGIS refina la
alineación de las
soldaduras de ILI por parte
de varios proveedores,
mejorando la comprensión
de los sectores de peligros
geográficos.

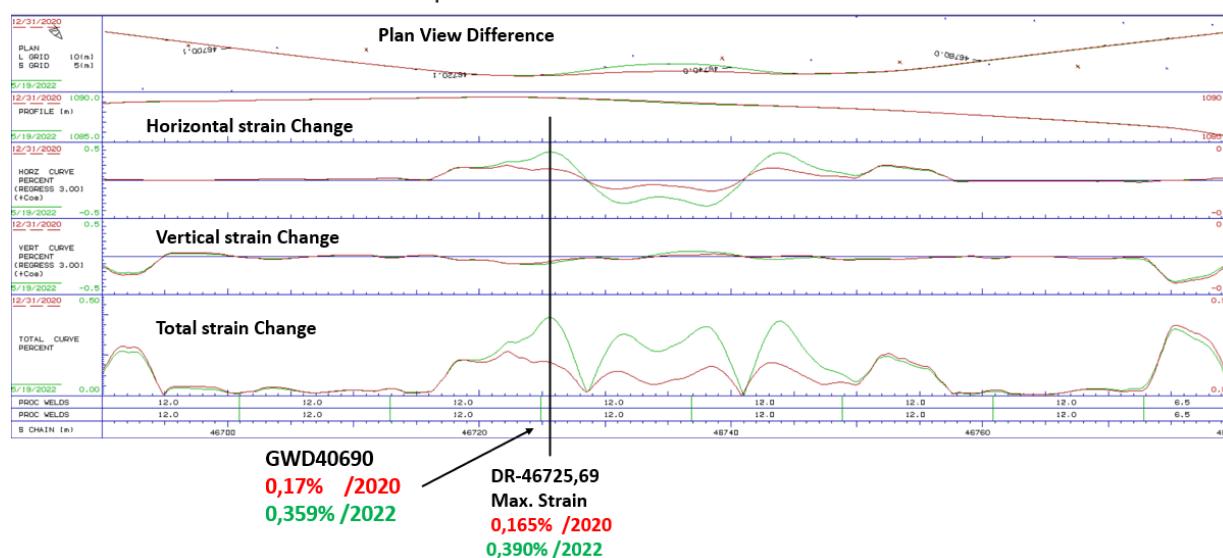


Caso 1: Análisis de deformación por flexión

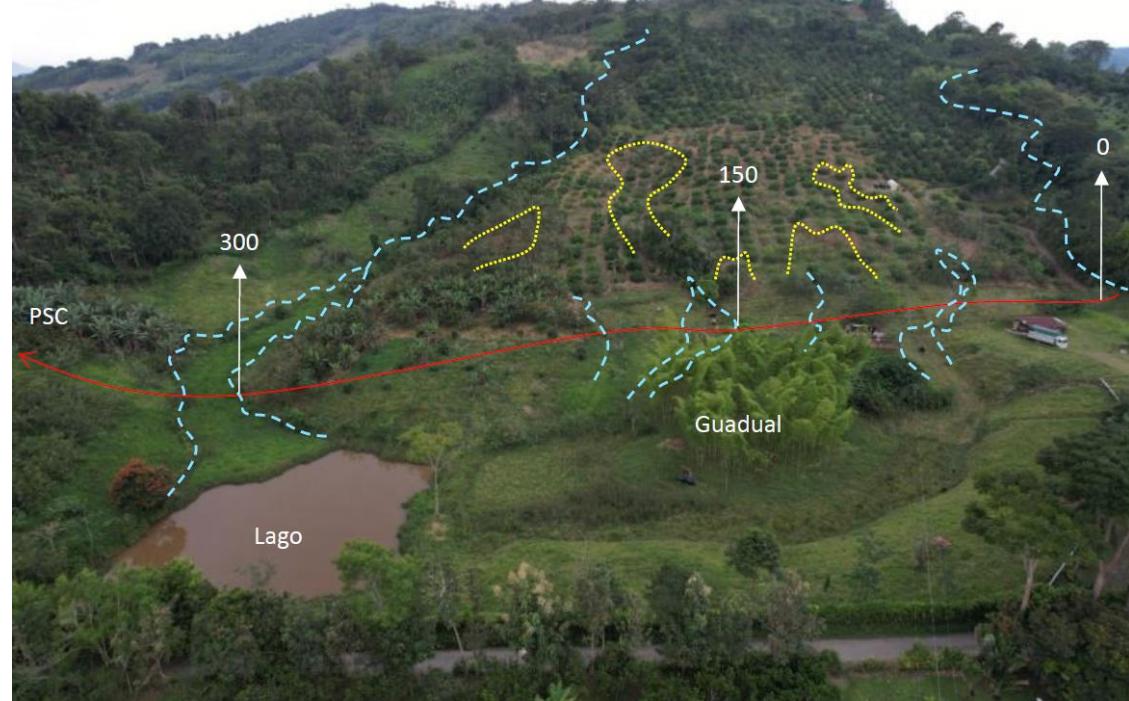
Antecedentes

- ✓ Ausencia de hallazgos geotécnicos en el DDV.
- ✓ No se reportaron anomalías adicionales en la última ejecución.

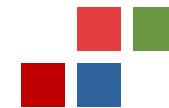
Comparison of runs: **ILI 2022 – ILI 2020**



El cambio de deformación en la soldadura pasa de **0,170%** al **0,359%**.



- El ILI reporta una zona de 50 m
- De acuerdo con el análisis multidisciplinario y definición de vectores se inspeccionan 300m de tubería, apoyado en la hipótesis de carga con signos de inestabilidad geotécnica.



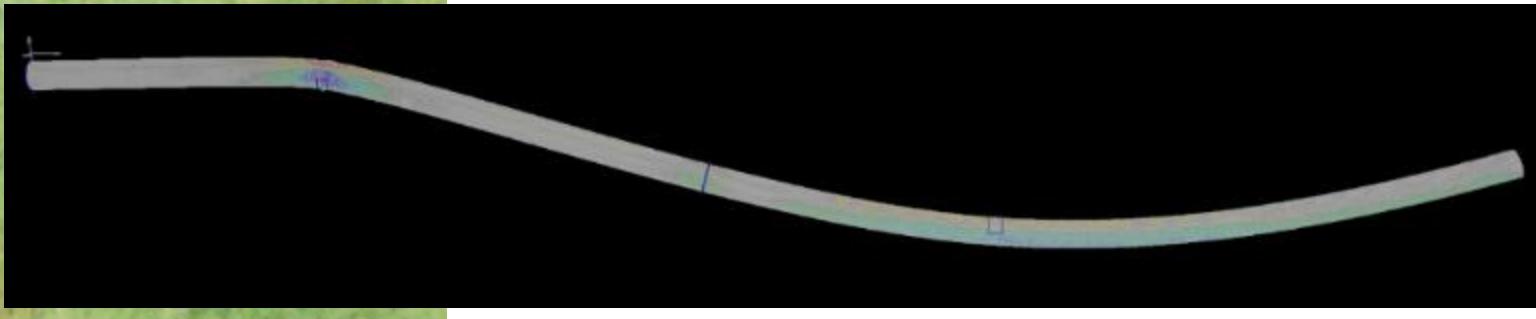
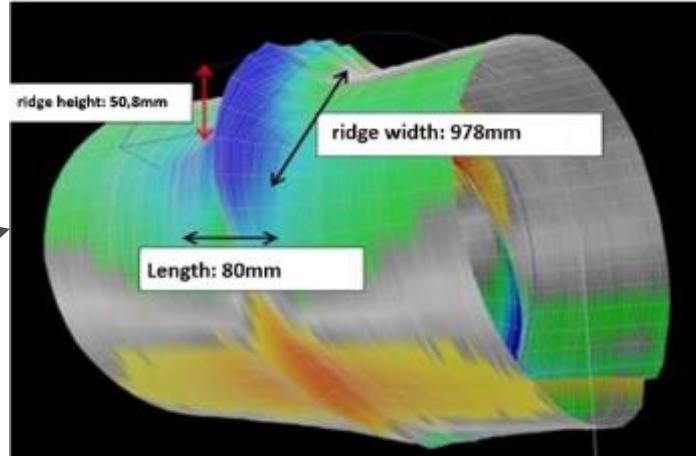
Análisis de deformación axial: Caso 2

Análisis de los perfiles de tensión y alineación de tramos de ILI, para comprender y abordar anomalías de tipo arrugas en secciones de tuberías.



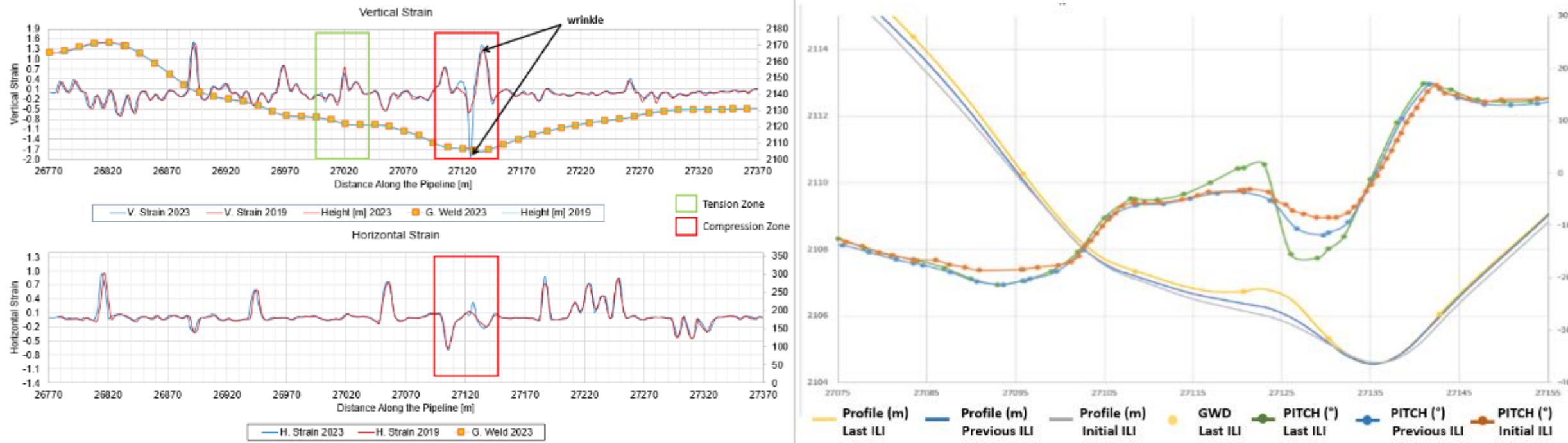


Anomalías Detectadas en ILI – Evaluación ASME



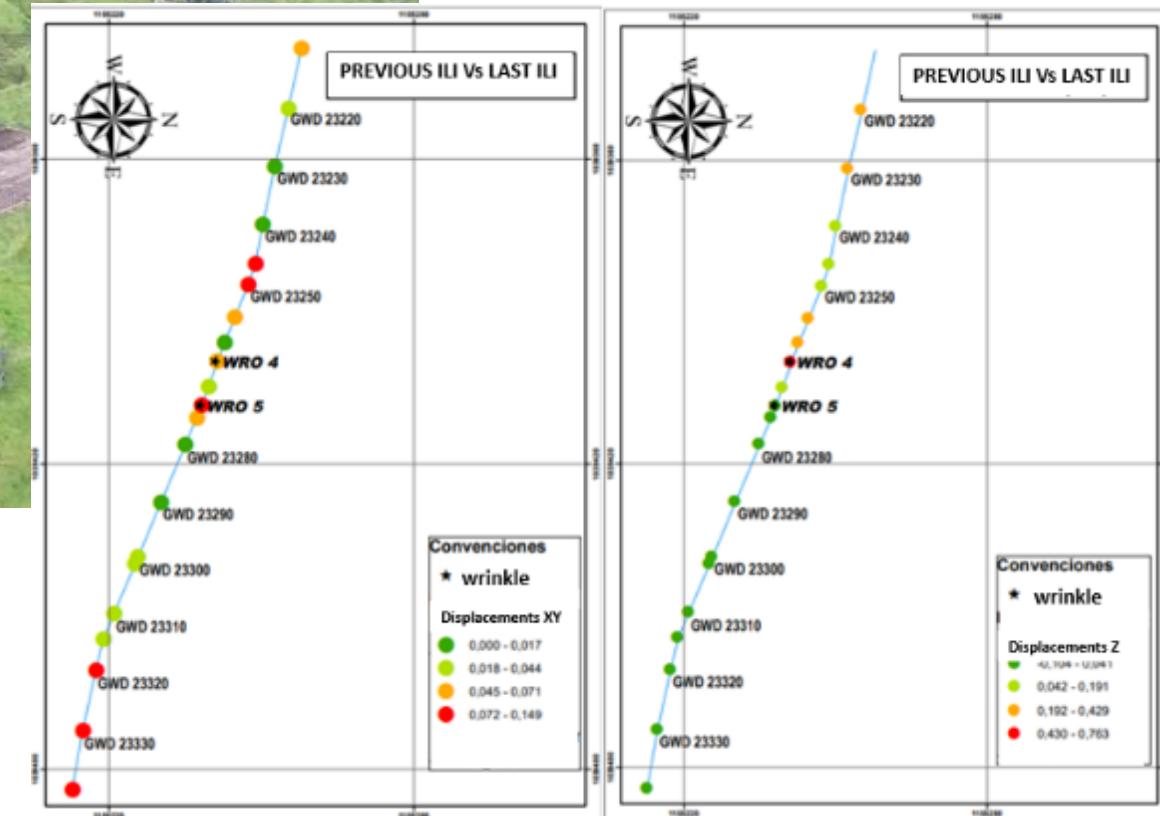


Comparación perfiles deformación y alineamientos





Mitigación amenaza basada en hallazgos





Conclusiones Destacadas

- ✓ **Importancia de los vectores de carga:** Un análisis exhaustivo condujo a la identificación de vectores de carga, lo que mejoró la comprensión del comportamiento del sistema suelo-tubería. Esta comprensión es crucial para determinar la integridad estructural de las tuberías basándose en inspecciones de mapeo inercial.
- ✓ **Identificación de nuevas amenazas:** La generación de hipótesis de carga ayudó a identificar nuevos sectores afectados por cargas externas no detectadas previamente. Estas áreas a menudo pasan desapercibidas debido a condiciones geomorfológicas desafiantes o tasas de desplazamiento mínimas.
- ✓ **Estrategias de mitigación informadas:** Los vectores de carga establecidos, combinados con información en capas, identificaron efectos de desplazamiento en las tuberías. Este conocimiento impulsa la idoneidad para el análisis del servicio y las simulaciones FEA, lo que lleva a recomendaciones relevantes de mitigación o atención.
- ✓ **Respuestas estratégicas:** Dependiendo del contexto del sector, comprender la interacción tubería-suelo y la resistencia al estrés permite acciones como monitoreo local, barreras de suelo reforzadas, estrategias de liberación de estrés e incluso decisiones como detener el flujo de fluido o cambiar secciones de tubería.
- ✓ **Continuidad operativa:** Estudios de casos exitosos donde los vectores de carga explicaron las condiciones del tubo/suelo permitieron la gestión efectiva de las tuberías. Esto aseguró tanto la integridad de los ductos como el funcionamiento ininterrumpido de CENIT Transporte y Logística de Hidrocarburos.



Preguntas