



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 Gualdron
CENIT Transporte y
Logística de Hidrocarburos
Bogotá, Colombia

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

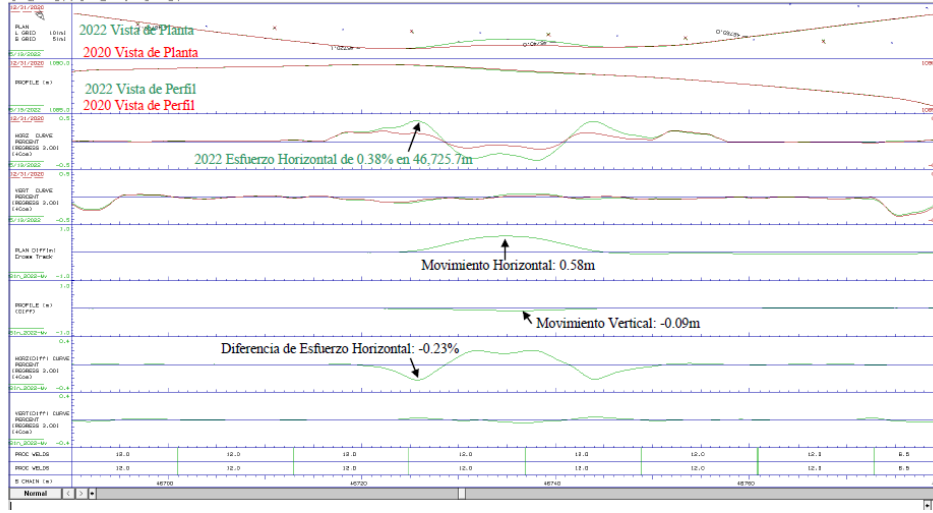
**Camilo Eliecer
Torres**
PENSPEN
Bogotá, Colombia

Paula Andrea Rodriguez
PENSPEN
Bogotá, Colombia

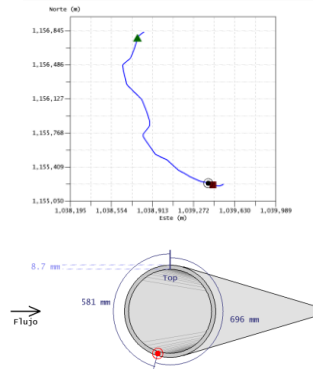
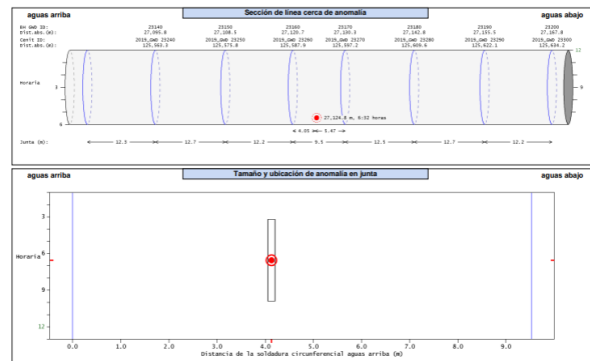


PROBLEMA

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



Anomalia: WRO 4

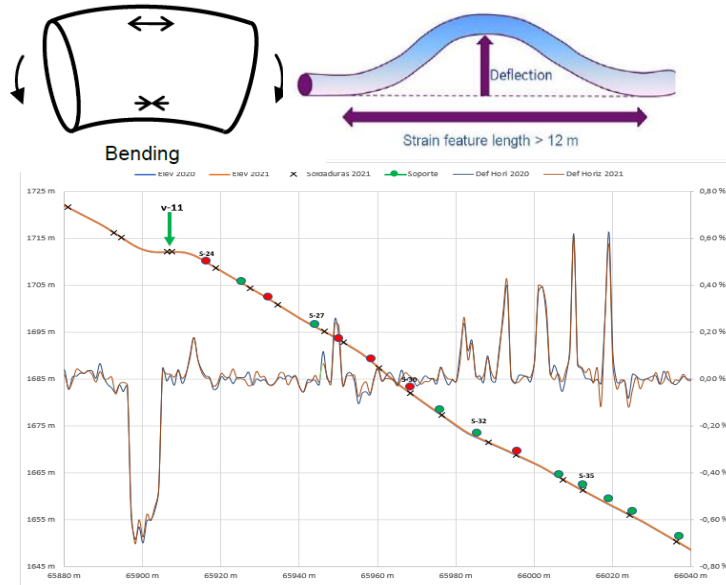




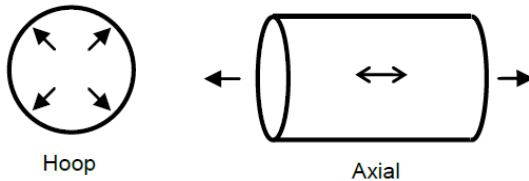
Criterios Base



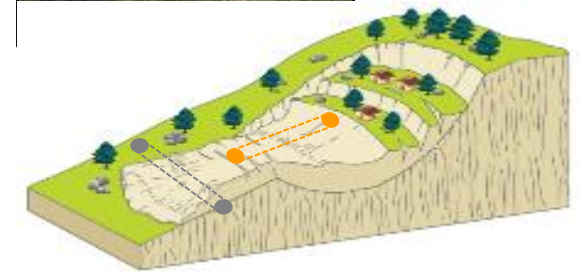
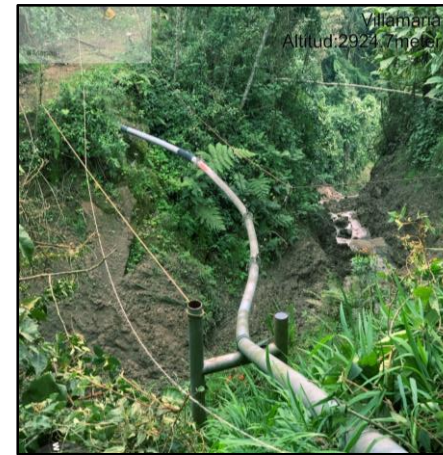
Mapecto Inercial



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



Alineación Suelo Tubo



Importancia y Efectos sobre tubo





Determinación de vectores de carga

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



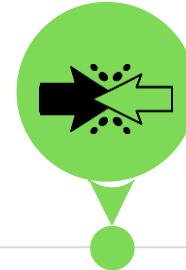
Permite la formación de **hipótesis** sobre las condiciones de carga del suelo.



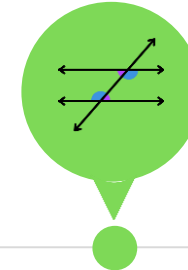
Visita de campo para **validar** hipótesis de análisis ILI



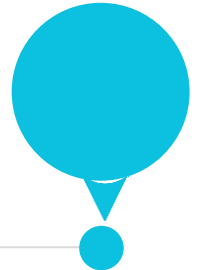
El **movimiento axial** produce anomalías de compresión.



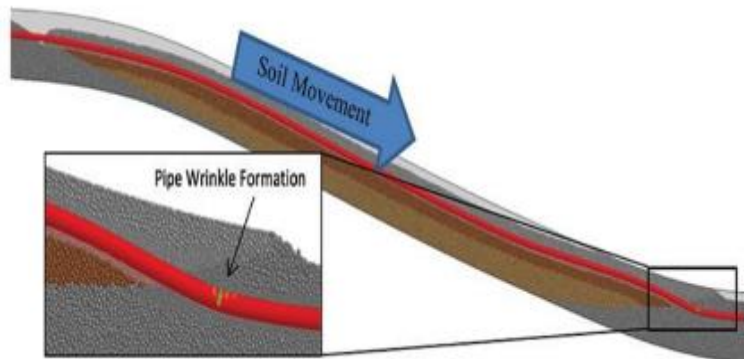
La carga Transversal induce la flexión debido al **movimiento transversal** del suelo.



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.



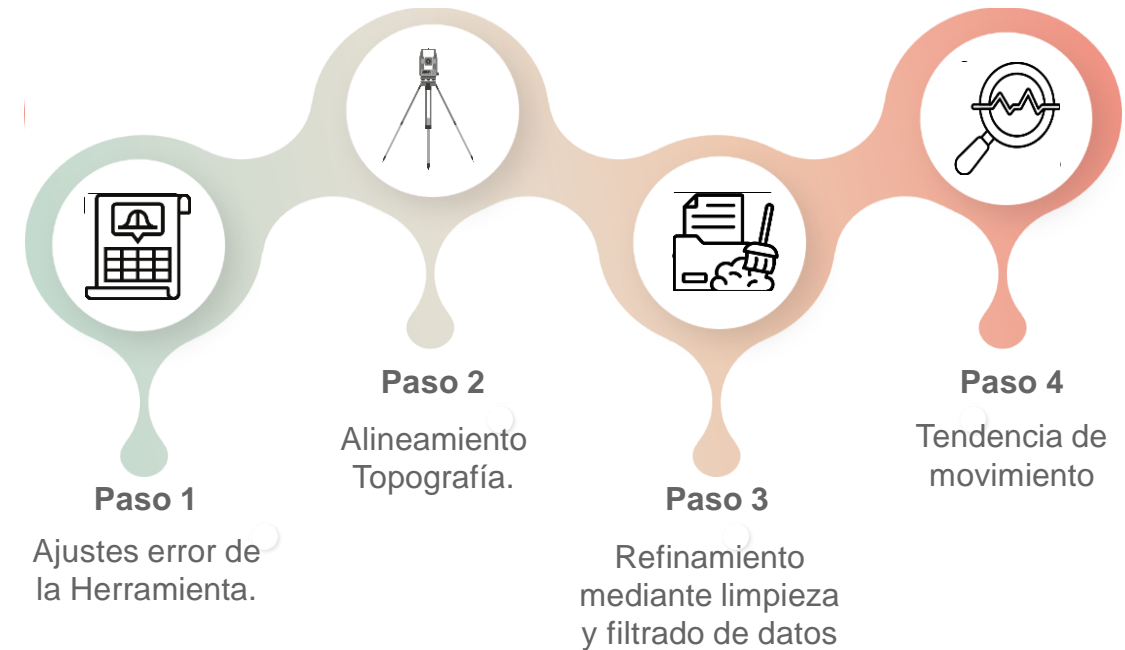
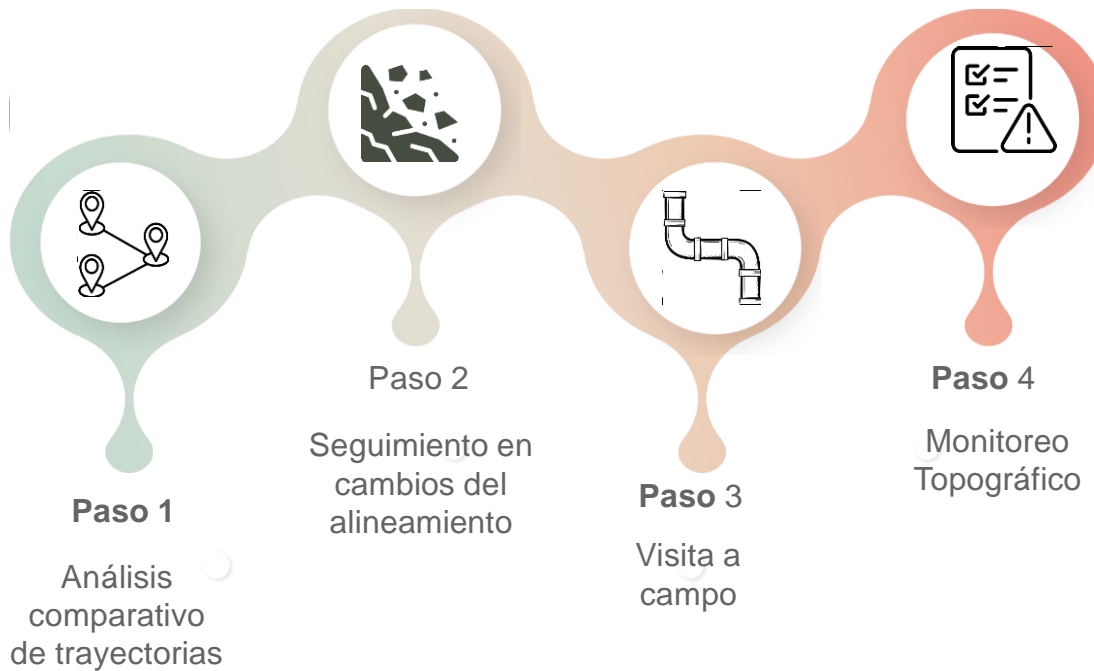
Análisis de Alineamiento ILI / Topografía



- Análisis de Movimiento Reportado ILI

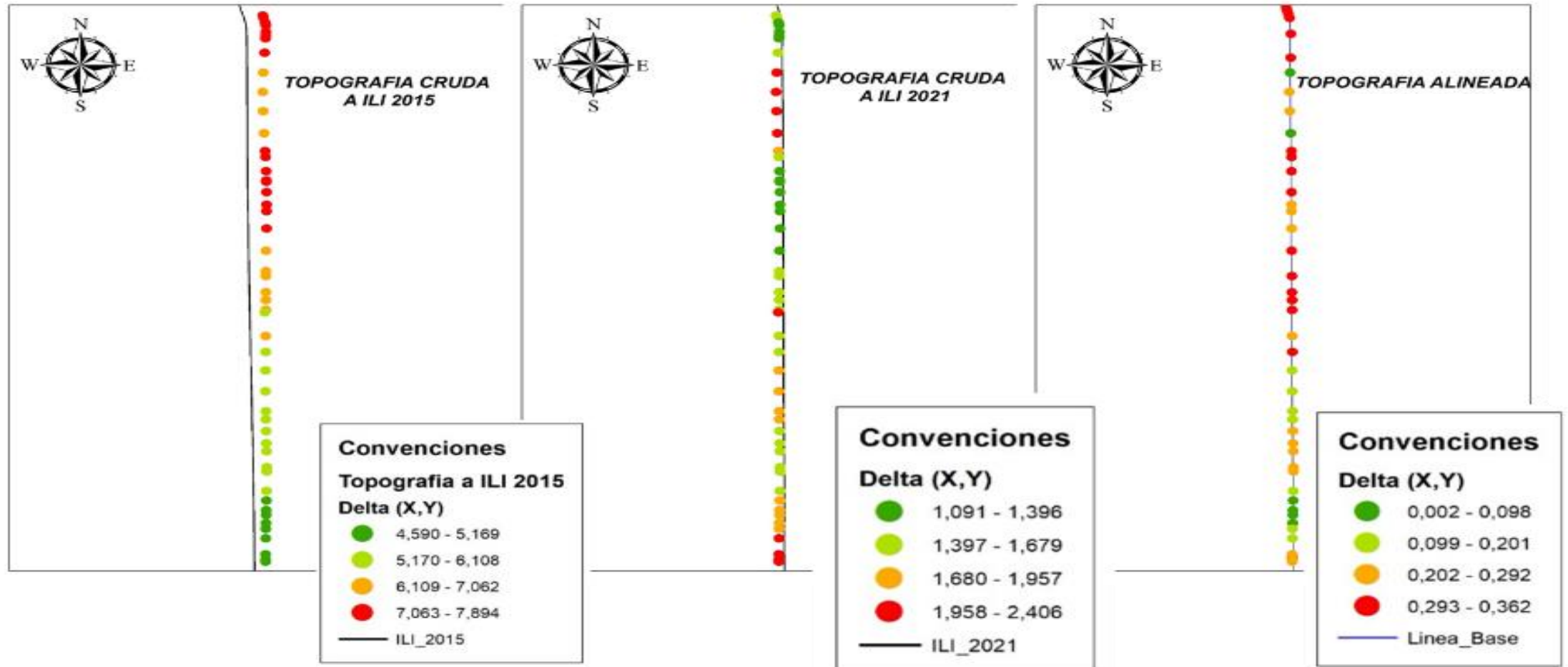


- Análisis Seguimiento Topográfico





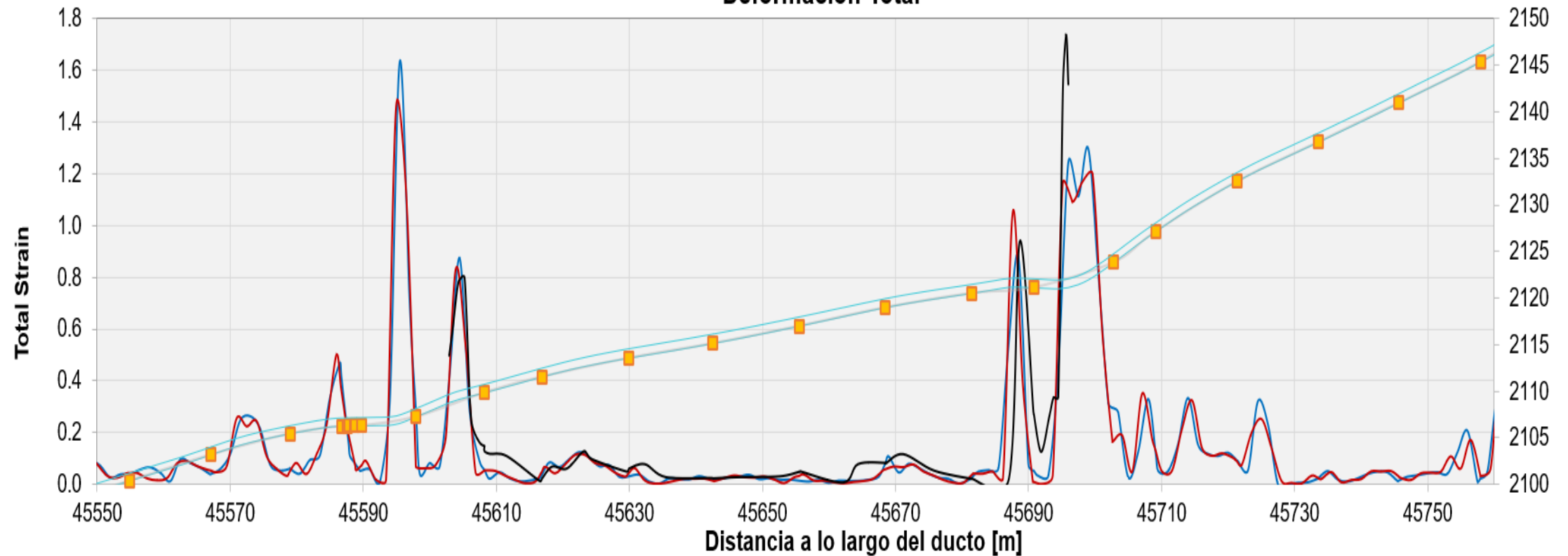
Análisis de Alineamiento ILI de diferentes Vendor y/o seguimiento topográfico





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

Deformación Total



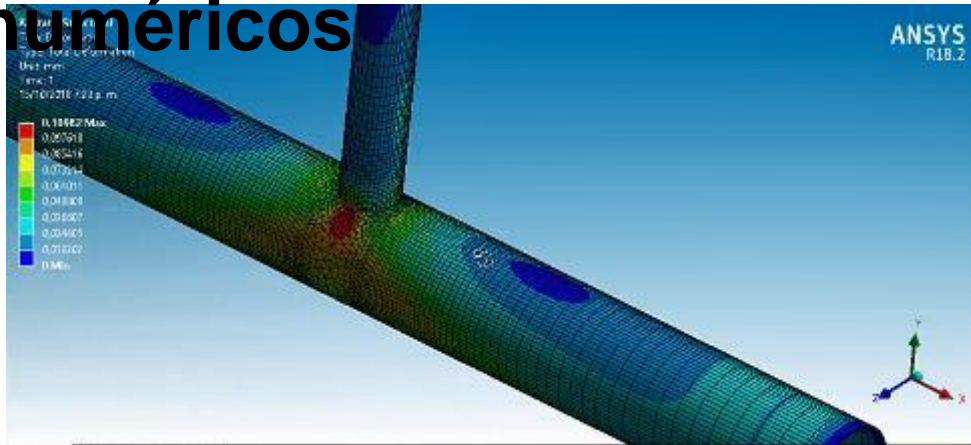
— T. Strain 2021 — T. Strain 2020 — T. Strain delta - Topografía 2023 — Height [m] 2021 — G. Weld 2021 — Height [m] 2020 — Height [m] 2022



Análisis de carga y modelado numérico

Modelación métodos numéricos

Integración de resultados de análisis



01

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

02

FEA empleada para determinar tensiones y deformaciones residuales actuales

03

Facilita el análisis evolutivo de tensiones y desplazamientos de tuberías.

01

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

02

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

03

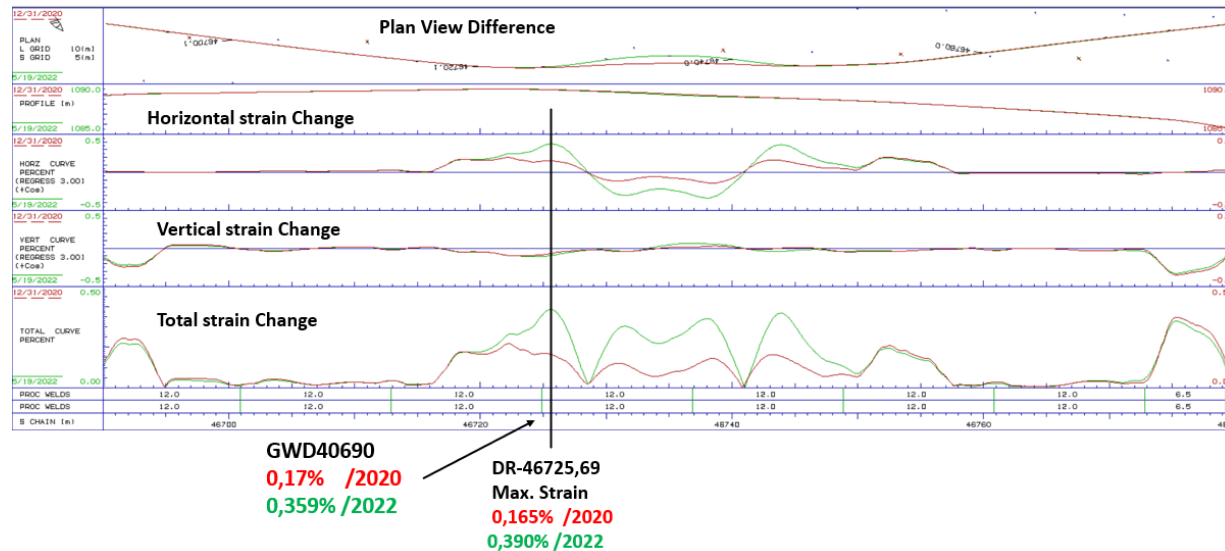
La alineación geográfica en ArcGIS refina la alineación de las soldaduras de ILI por parte de varios proveedores, mejorando la comprensión de los sectores de peligros geográficos.

Caso 1: Análisis de deformación por flexión

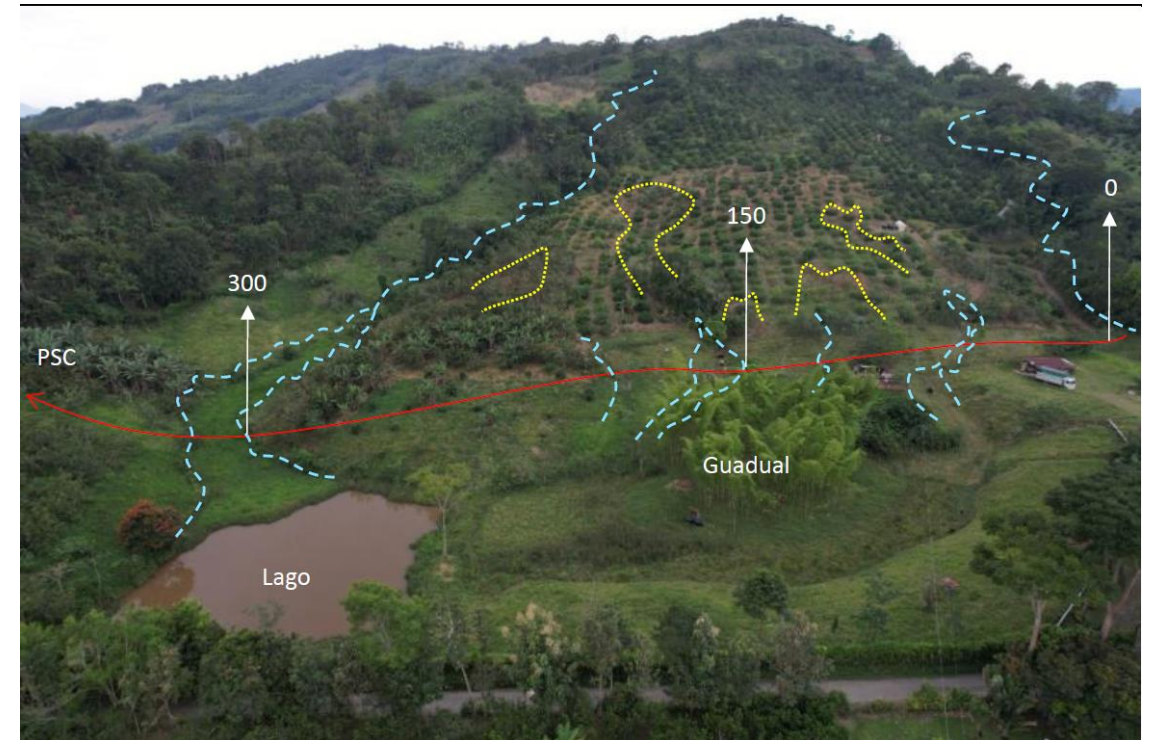
Antecedentes

- ✓ 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.



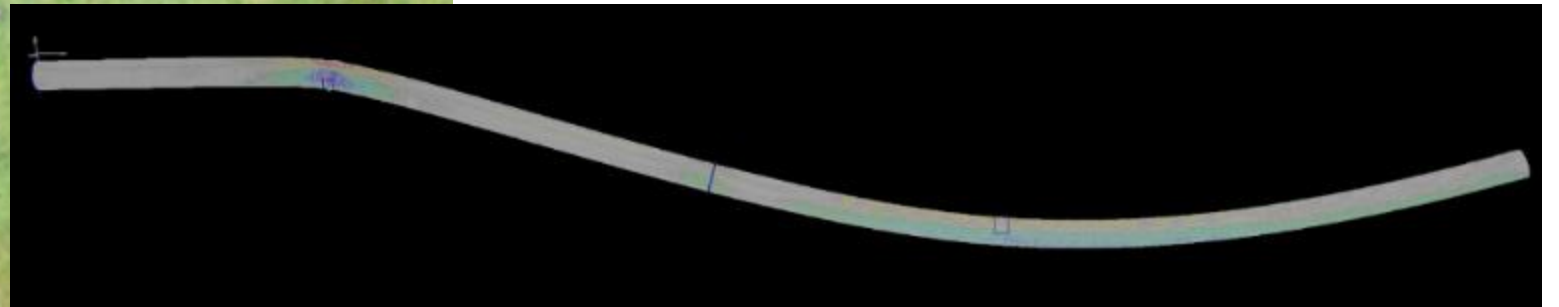
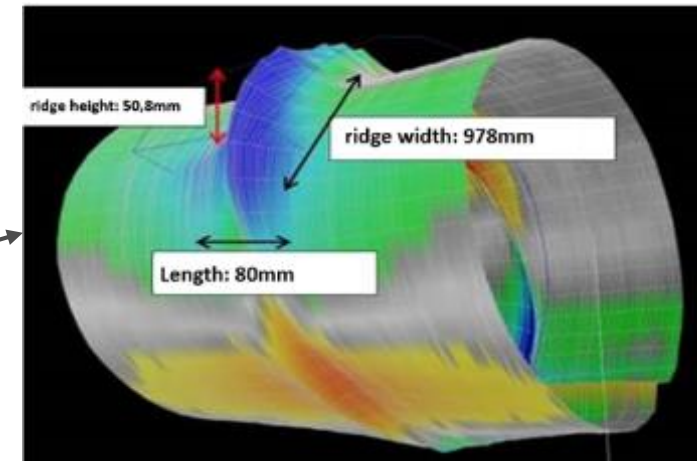
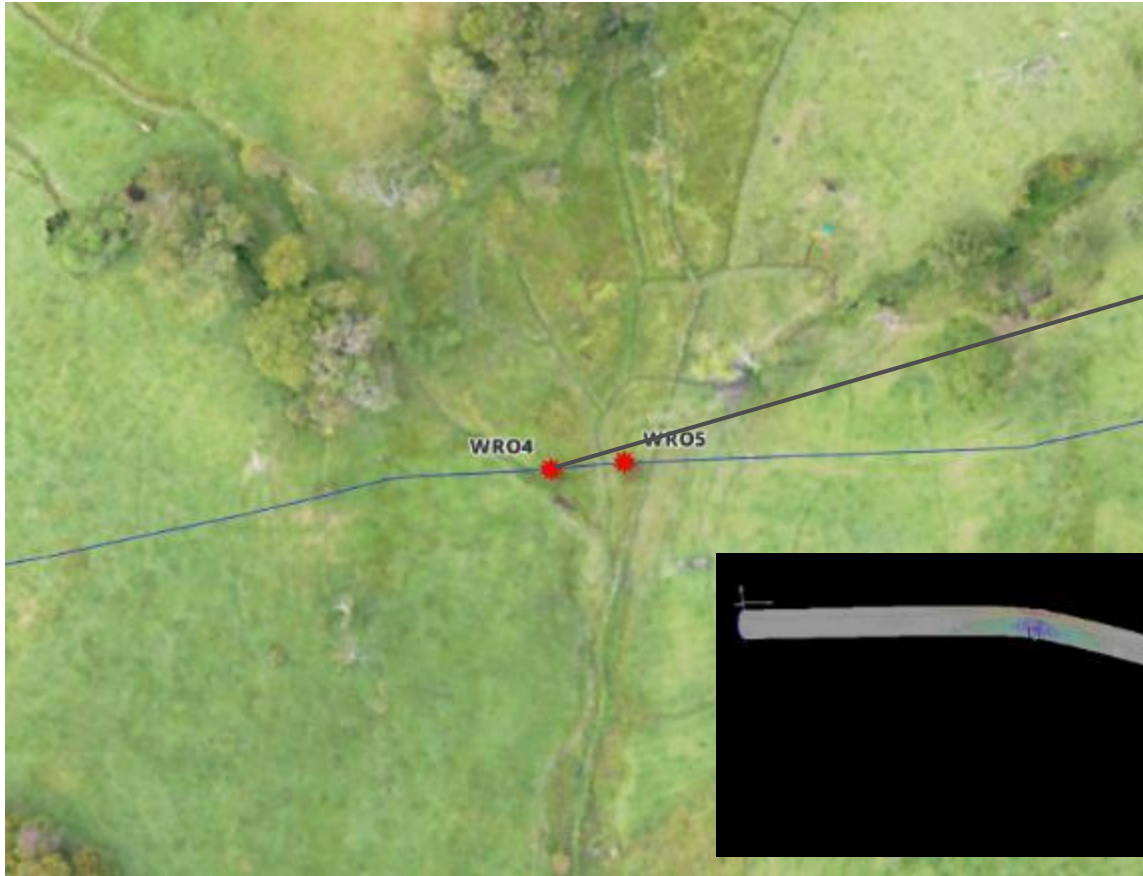
Análisis de deformación axial: Caso 2

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



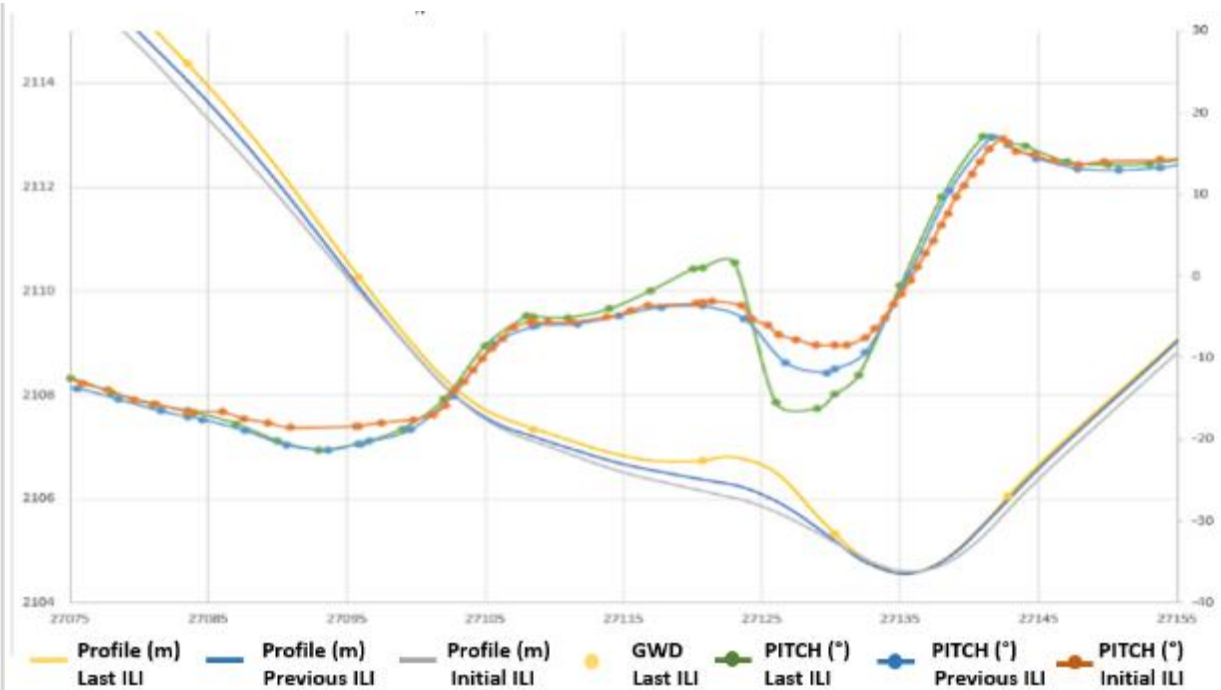
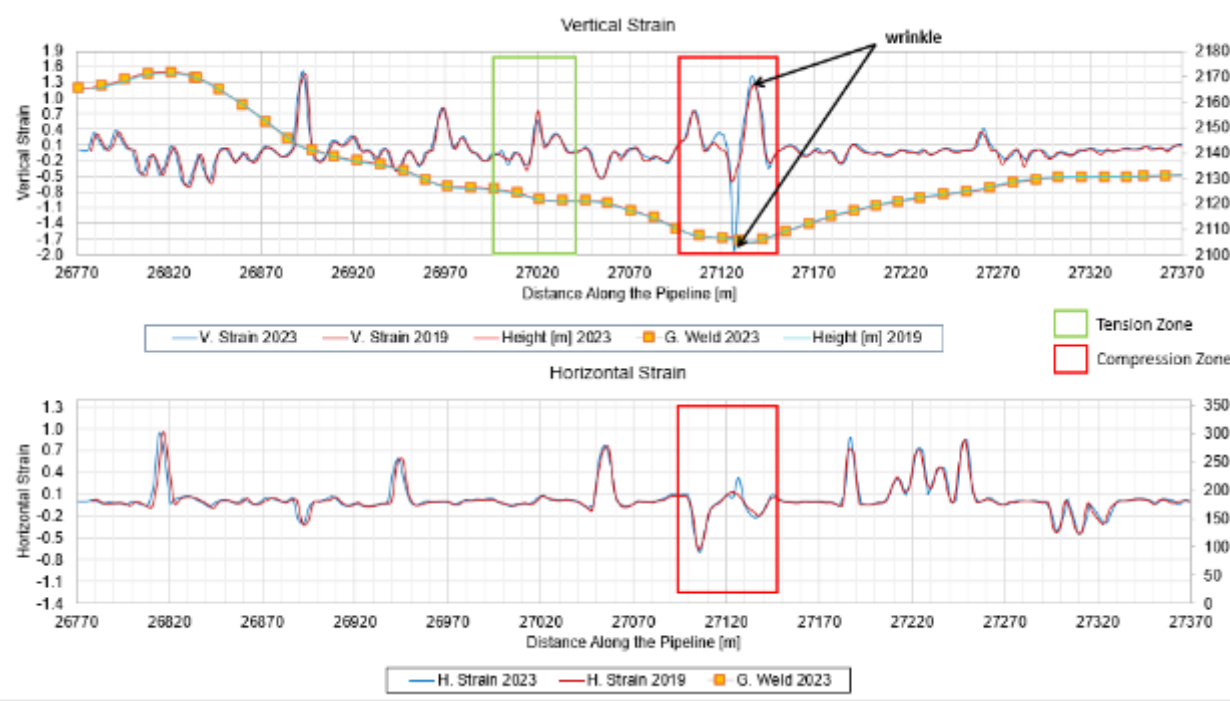


Anomalías Detectadas en ILI – Evaluación ASME



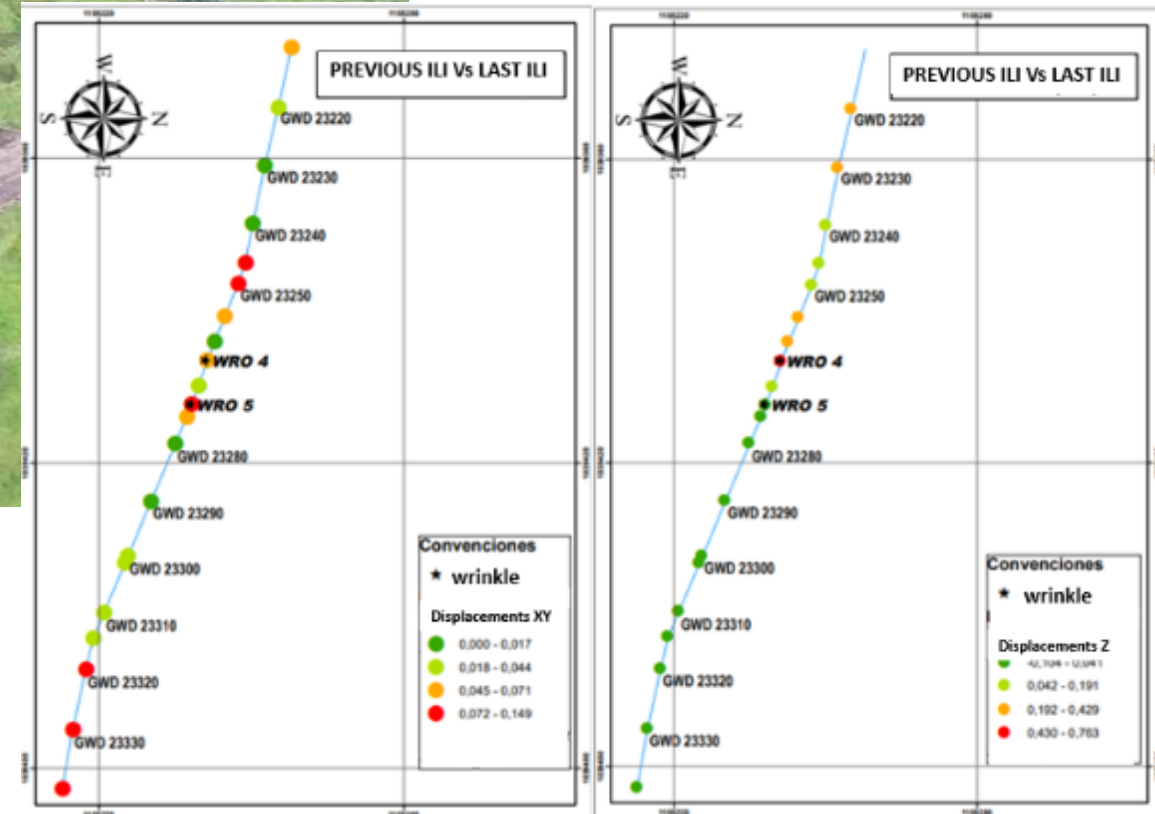


Comparación perfiles deformación y alineamientos





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.



IPG 2023

INTERNATIONAL PIPELINE GEOTECHNICAL CONFERENCE

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

Con el apoyo de:



Organiza:

C-IPG
Comité Técnico IPG

+



Preguntas

6ª CONFERENCIA INTERNACIONAL GEOTECNIA DE DUCTOS