



**EMPRESA PÚBLICAS DE MEDELLÍN:
Primus Line, red flexible de alta presión,
solución para garantizar suministro de
agua potable a 47.000 usuarios
atravesando zona crítica por movimiento
en masa en Copacabana, Antioquia.**

***Ing. Civil Andrés Camilo Cardona Zapata
Ing. Geóloga Gloria Isabel Ramírez Bolívar***

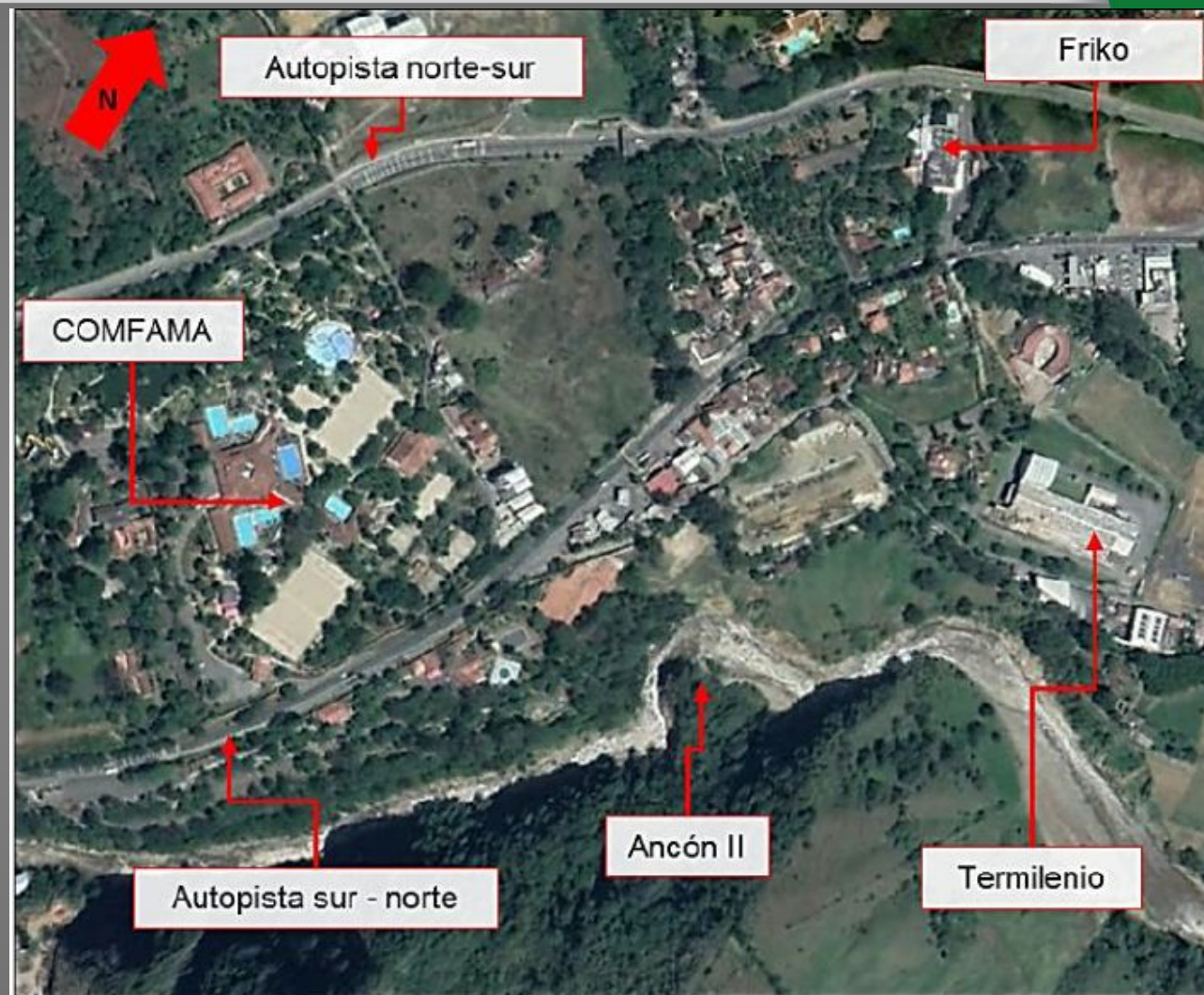
***Unidad Desarrollo de
Intervenciones de Inversión***

5 de mayo de 2023

Localización General



La conducción Copacabana – Girardota, abastece de agua potable a cerca de cuarenta y siete mil (47.000) viviendas desde los tanque de agua potable Girardota, El Totumo y San Esteban.



Sector de interés para la proyección de la Conducción San Esteban – El Noral, en el municipio de Copacabana. Fuente propia.

Afectaciones viviendas aledañas



Desde finales del año 2018, se presentaron las primeras señales que alertaban sobre la existencia de un proceso de inestabilidad que estaba afectando un amplio sector ubicado en la margen izquierda del Rio Medellín.



Afectación vías Comfama

Para el año 2019 se tenían afectaciones en predios del parque recreativo COMFAMA y afectaciones en viviendas del sector.



Afectación vías Comfama

Para el año 2019 se tenían afectaciones en infraestructura EPM (acueducto y red matriz de gas), poliducto de la empresa CENIT (Empresa de infraestructura de Ecopetrol)



3

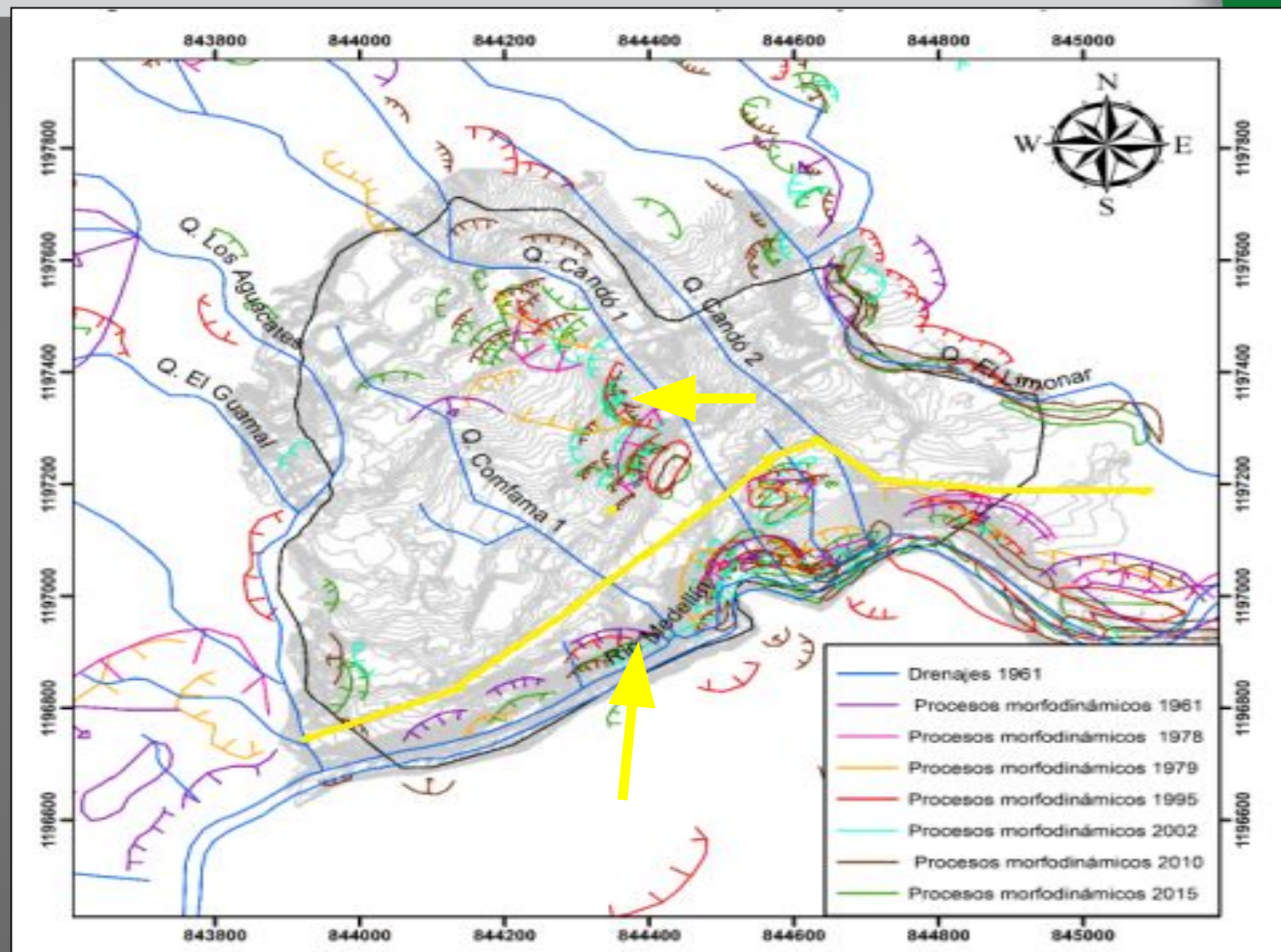
Análisis geotécnico



Procesos geodinámicos



Análisis multitemporal: Para el año 2019, el municipio de Copacabana adelantó los estudios para identificar la problemática, área comprometida, profundidad del evento y especial la causa de este. En este caso los estudios realizados identificaron una amplia zona con antecedentes de inestabilidad puntual.



Demarcación de los procesos geodinámicos que afectaron y afectan la zona y ubicación de la conducción con su zona de mayor problema. Tomado de Estudio problemática Ancón II Inteinsa 2019.

Superficies de falla

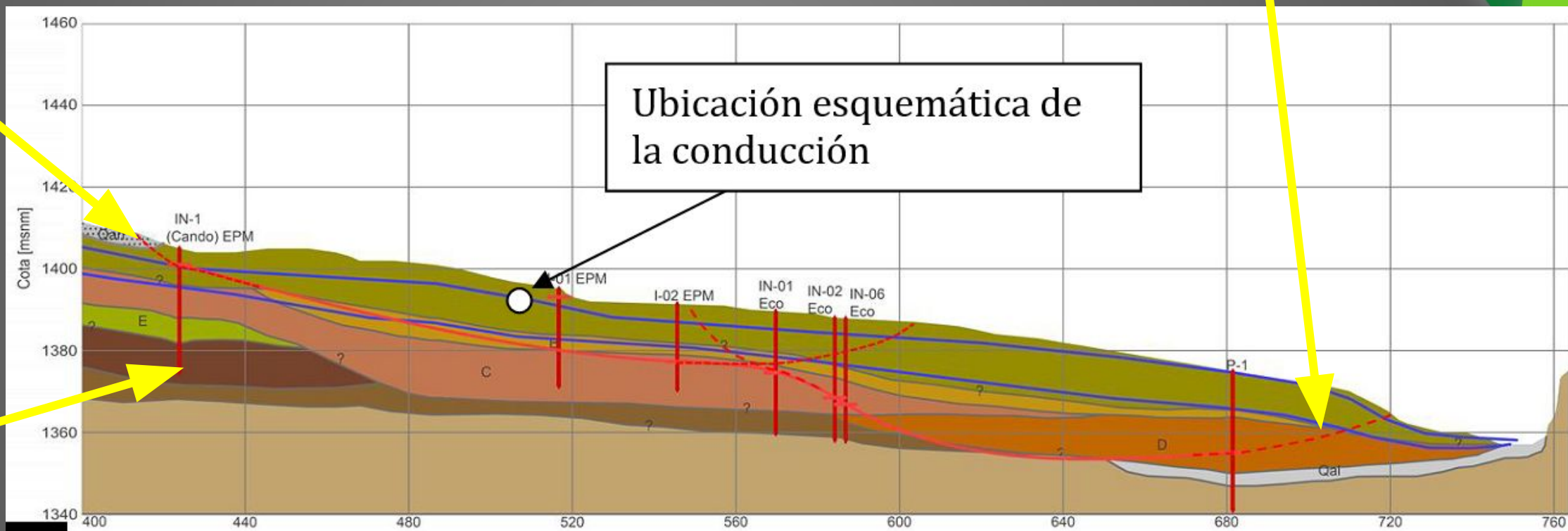


Se identificaron 2 superficies de falla, la primera más cercana al río Medellín la cual es la más profunda y una segunda la cual se extiende hasta la autopista Norte y fue interpretada en este estudio con cierre en la quebrada Candó.

Primera superficie de falla

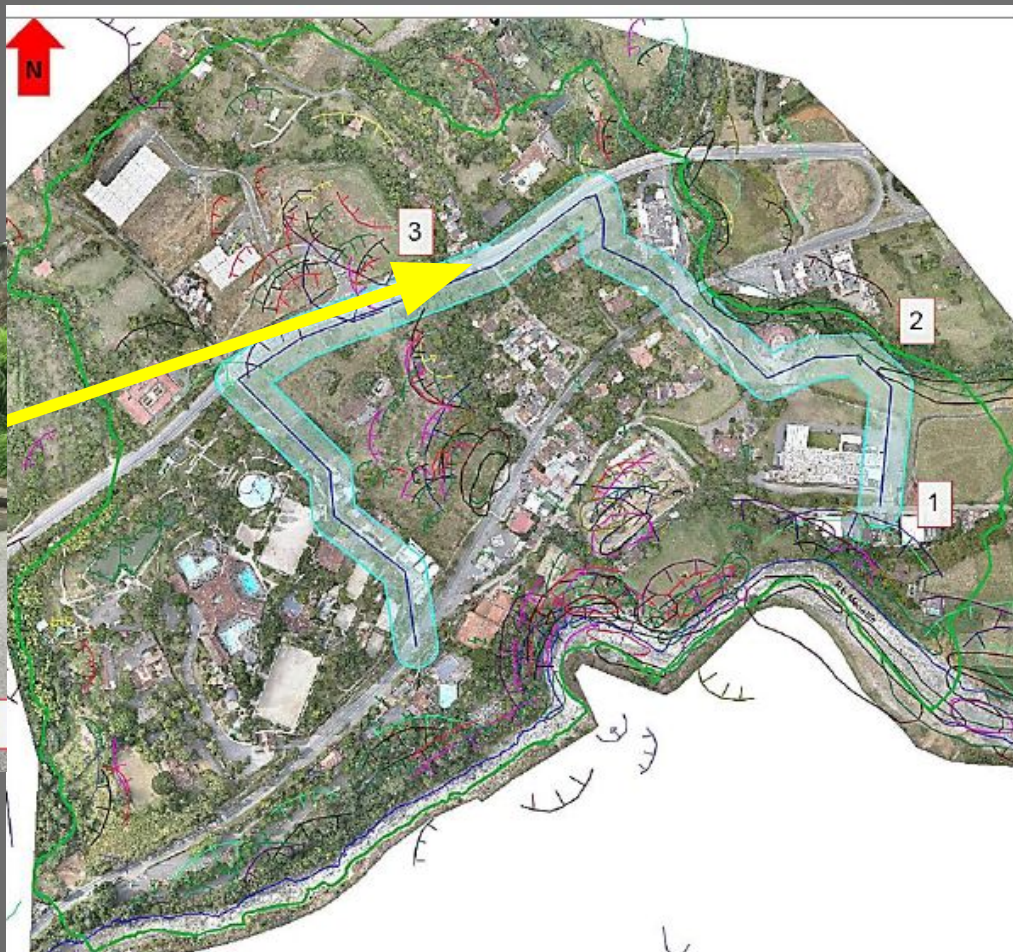
Segunda superficie de falla

Inclinómetros



Ubicación de las superficies de falla en la zona y de la conducción en el mismo (de forma esquemática). Tomado de Estudio problemática Ancón II Inteinsa 2019.

Zona de intervención

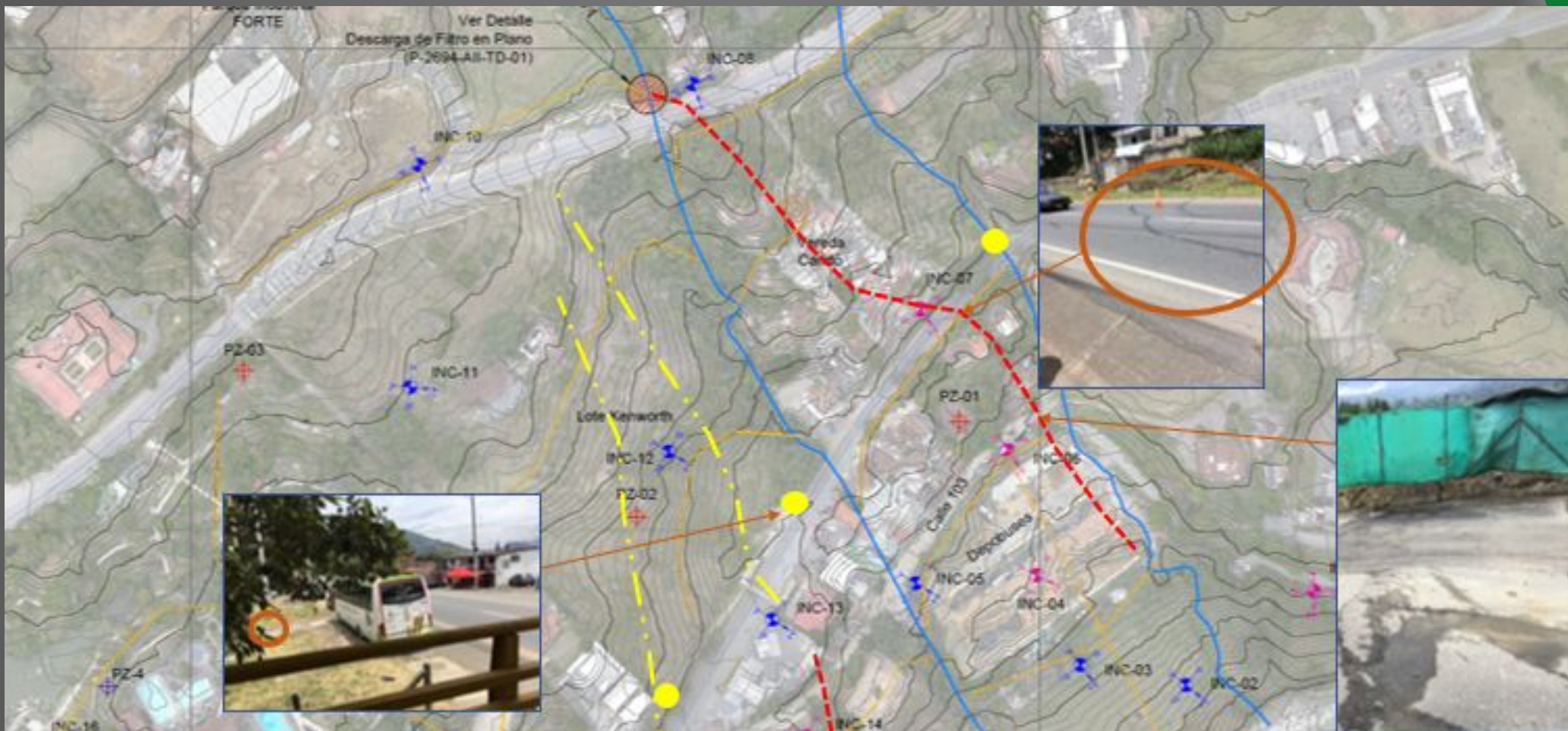


CONVENCIONES	
— Alineamiento Conducción San Esteban – El Noral	— Procesos 2002–Foto:208
— Zona de estudio	— Procesos 2002–Foto:284
— Unidad Analisis	— Procesos 2010–Foto:111
— Procesos 1961	— Procesos 2010–Foto:580
— Procesos 1978	— Procesos 2010–Foto:962
— Procesos 1979	— Procesos 2015–Foto:1253
— Procesos 1995–Foto:150	— Procesos 2015–Foto:1344
— Procesos 1995–Foto:205	— Procesos 2015–Foto:1418
— Procesos 2002–Foto:203	— Procesos 2019

Se identificó que la falla continuaba hacia aguas arriba a una gran profundidad.

Demarcación de la zona de intervención con la variante planteada para la red. Tomado Estudio geológico – geomorfológico Conducción San Esteban – El Noral Inteinsa 2020

Demarcación de la zona de falla



Demarcación en línea roja el limite norte de la zona con movimiento y en líneas amarillas punteadas el limite sur del mismo. Fuente propia.

Interferometría



Se observa la variación de las velocidades de desplazamiento que presenta la ladera del estudio adelantado por SIXENSE.

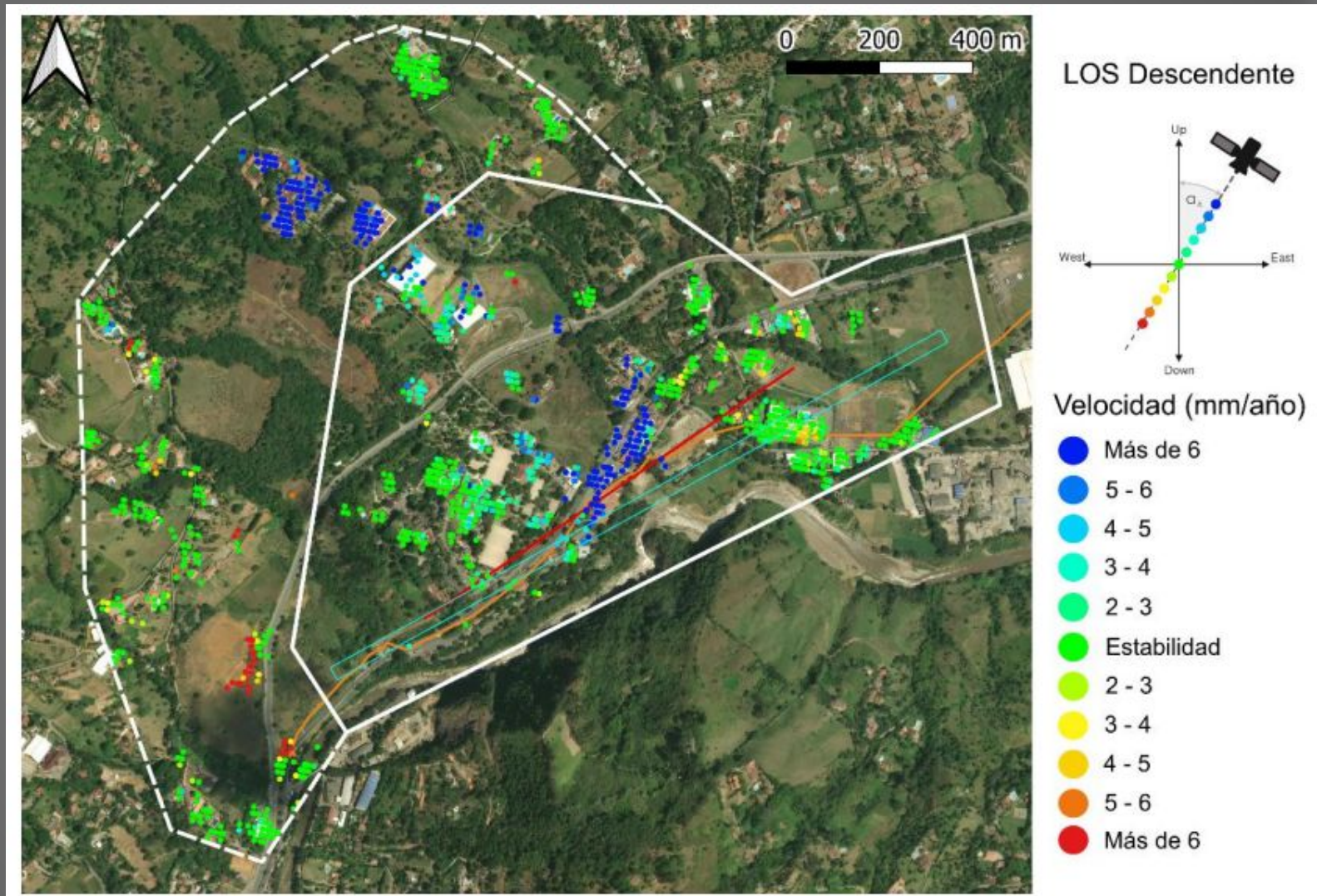
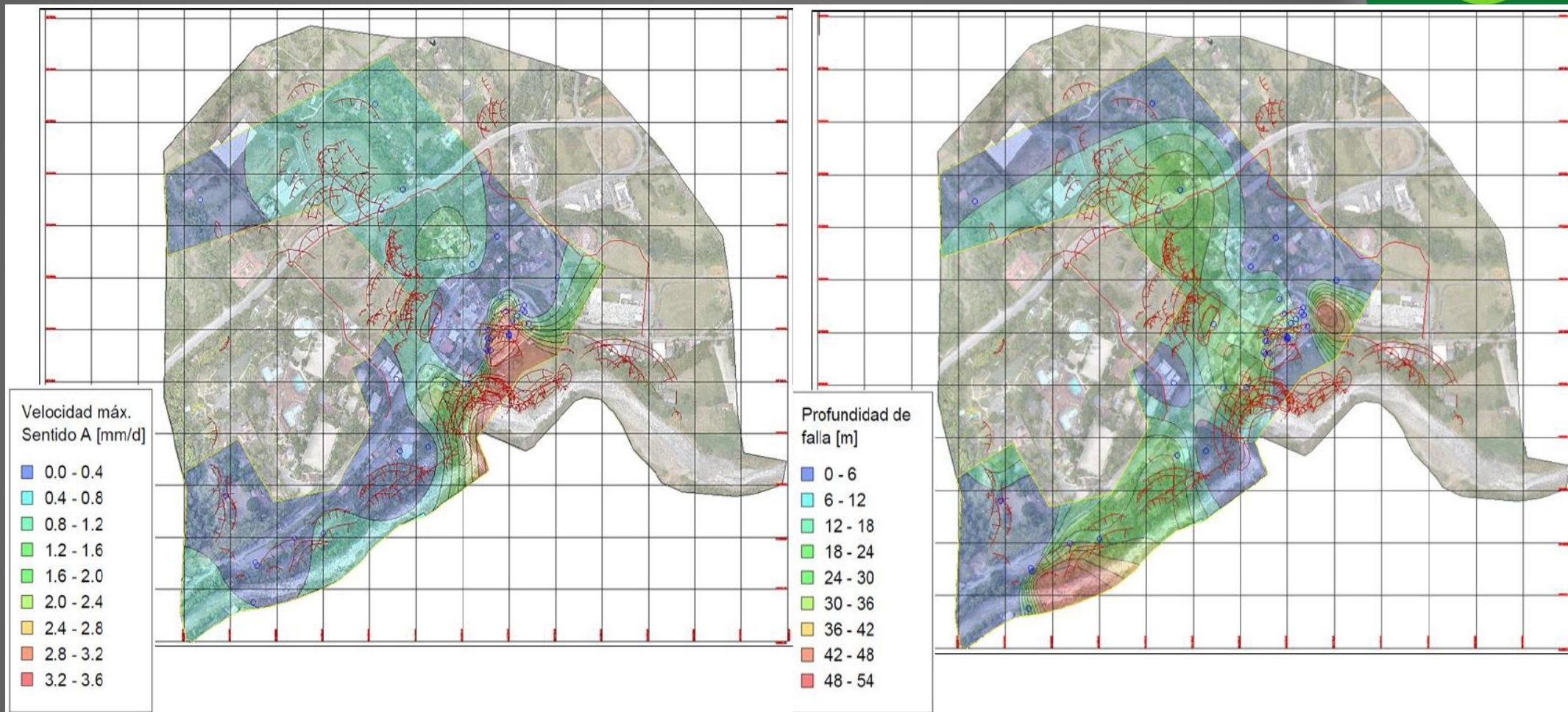


Figura b. Tomado informe estudio de deformaciones del terreno mediante monitoreo satelital (2021).

Mapas de calor

Se observa la variación en la profundidad y velocidad de la superficie de falla del movimiento que se presenta en la zona. Análisis geoestadístico.

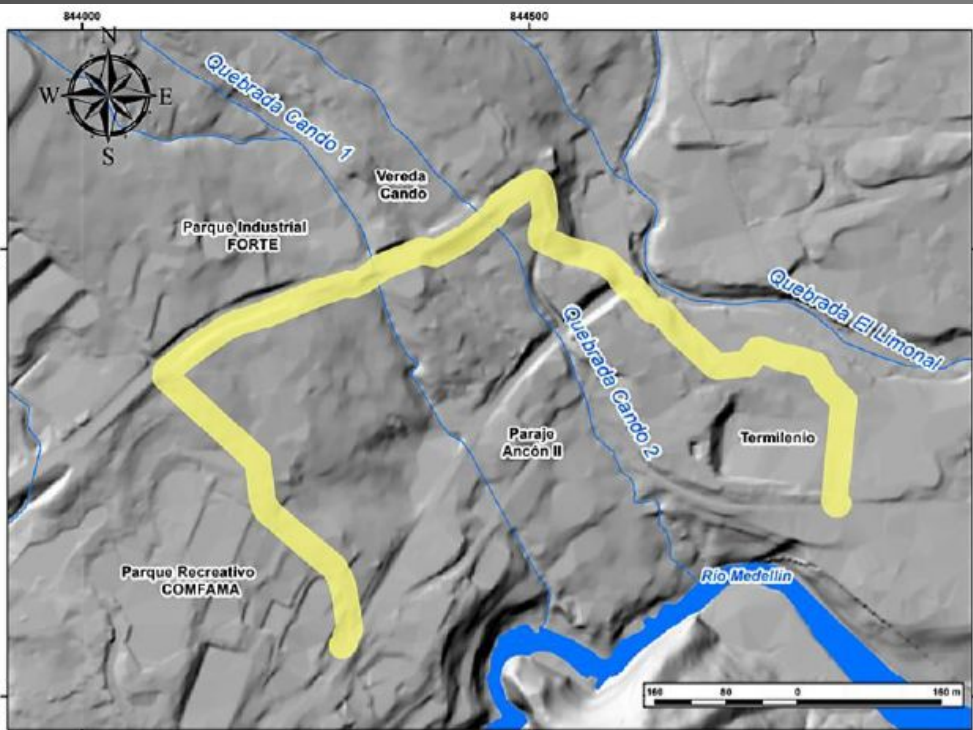


Mapas de calor (a) Velocidad máxima de movimiento (b) profundidad de la superficie de falla (figura 2-37). Tomado del Estudio Geológico y Geomorfológico Inteinsa (2021).

3

Análisis hidráulico

Localización red de conducción proyectada



- Convenciones**
- Red Hídrica
 - Río Medellín
 - Conducción San Esteban - El Noral

DRENAJES CERCANOS A CONDUCCIÓN SAN ESTEBAN-EL NORAL
Origen: Magna Colombia Medellín



Alineamiento Conducción San Esteban – El Noral, en el municipio de Copacabana. Fuente propia.

Conducción definitiva

Esta red construida en acero del tipo CCP (Concrete Cylinder Pipe) con uniones espigo – campana con empaque, con diámetro interno de 400mm y con más de 40 años de uso, no permite grandes desplazamientos del medio de apoyo antes de su fractura o desembone, adicionalmente los arreglos generaron largos tiempos de reparaciones, afectando la continuidad del servicio.

Conducción proyectada

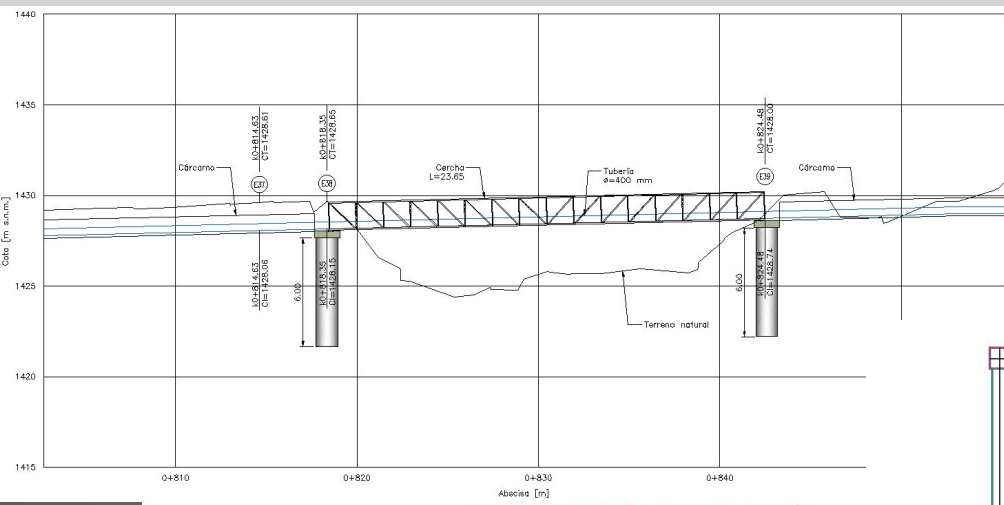


Conducción existente

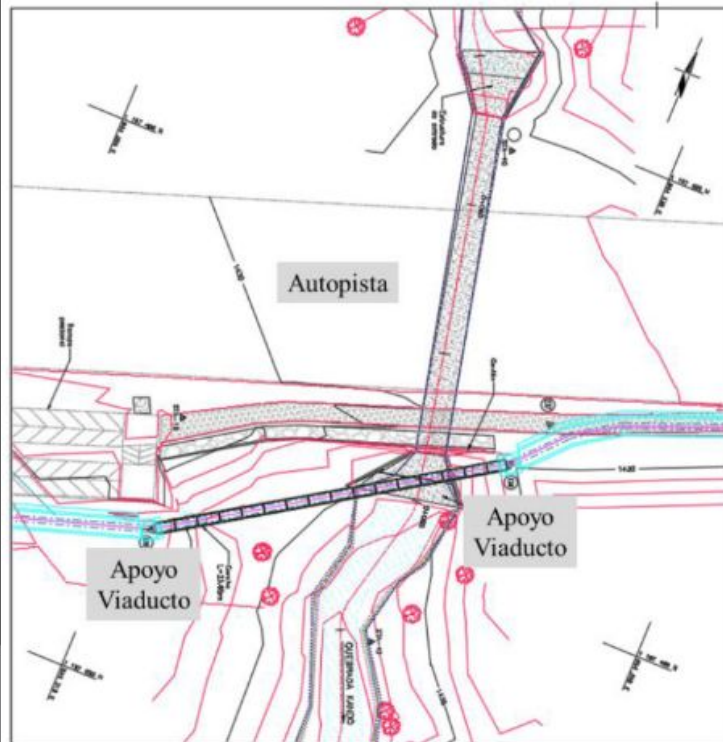


Alineamiento Conducción San Esteban – El Noral, en el municipio de Copacabana. Fuente propia.

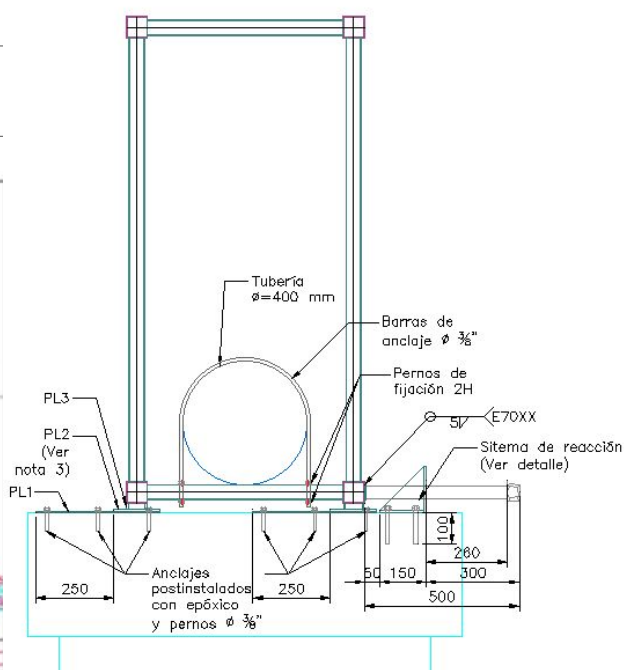
Conducción definitiva (Viaducto)



Vista en Perfil



Vista en Planta

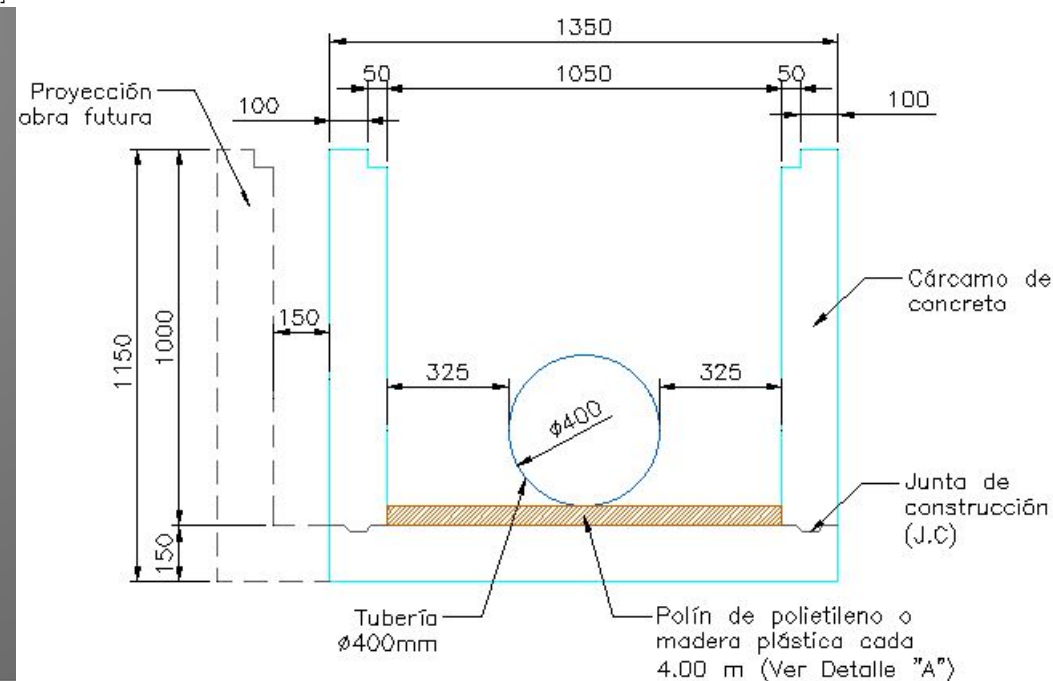
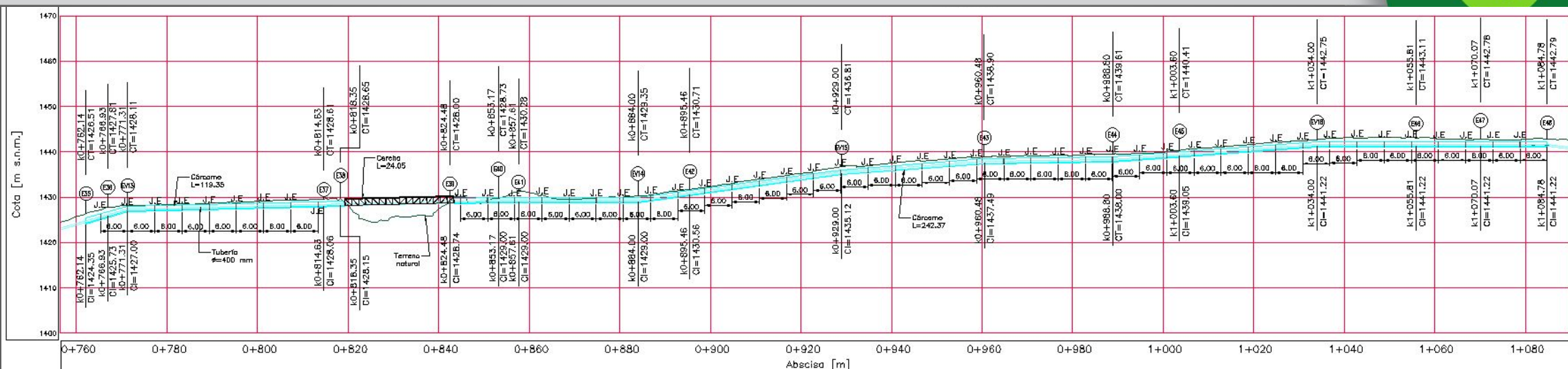


Sistema de reacción



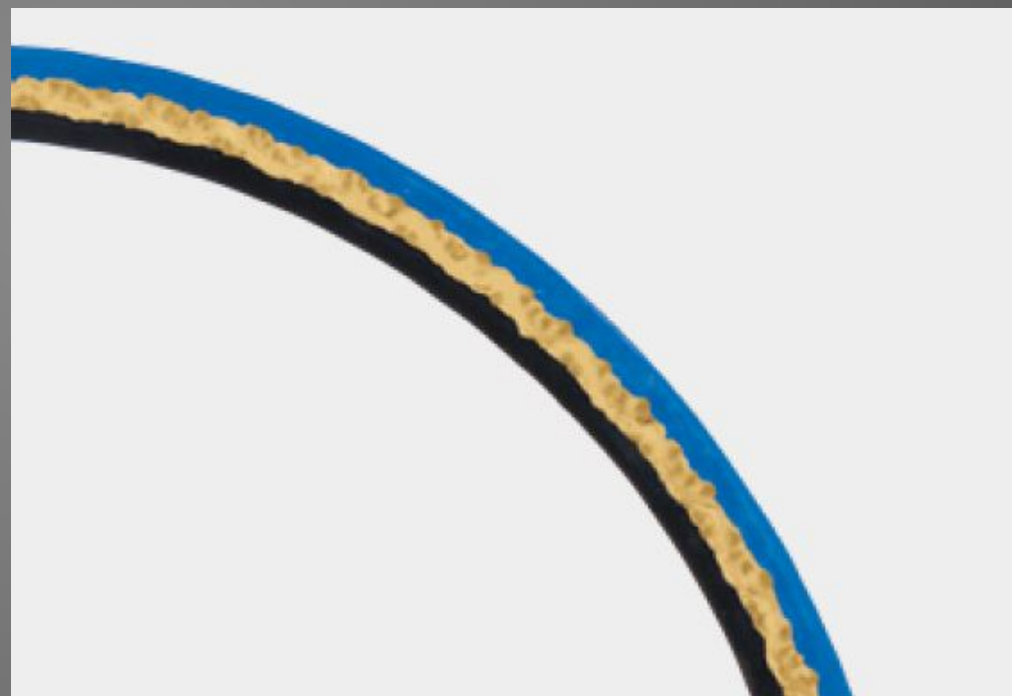
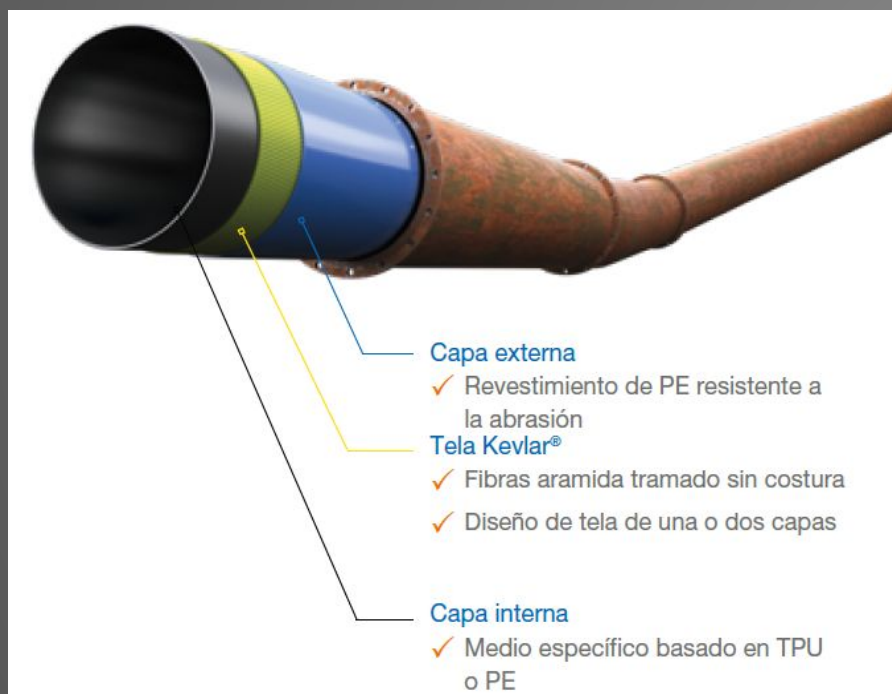
Diseño estructural viaducto Q. Candó. Fuente: Inteinsa

Cárcamo como estructura huésped



Tubería Primus Line

El recubrimiento externo protege la estructura central que soporta la carga interna durante el proceso de instalación. Independientemente del tipo de líquido que se transporte, esta capa está hecha de un polietileno resistente a la abrasión (PE). Dependiendo de la presión nominal requerida, la estructura central está hecha de una o dos capas de tramado sin costura Kevlar®. El tramado de aramida absorbe la fuerza de extracción durante la inserción del Primus Liner además de la presión de operación.



Recubrimientos Primus Line. Tomado de documento soporte Primus Line

Tubería Primus Line



Con más de 920.000 metros instalados durante los últimos 20 años, Primus Line es una solución establecida y probada para la rehabilitación sin zanja de tuberías a presión.

Longitud de instalación continua: hasta 2.500 metros

Se unifican materiales como polietileno (PE), fibra de aramida (material del chaleco antibalas) y, si la aplicación lo requiere, poliuretano termoplástico (TPU) dando lugar a una tubería robusta.



Recubrimientos Primus Line. Tomado de documento soporte Primus Line

Tubería Primus Line

El sistema Primus Line tiene una vida útil mínima de 50 años.

Es necesario tener una tubería huésped que soporte cargas externas.

El material de la capa interior de la tubería tiene una rugosidad de $k = 0,028$ mm.

A partir de conectores se realiza transición con otros materiales o por mantenimiento.



Tomado de documento soporte Primus Line

Tubería Primus Line

Los conectores de media e alta presión consisten en un núcleo central interno dimensionalmente estable y perfilado y un manguito externo con un soporte de metal maleable. Durante la instalación, se inyecta una resina a través de una válvula en el manguito externo, después del tiempo de curado, la conexión es permanente y tiene una alta resistencia a la tensión



Tubería Primus Line

Primus Line® requiere solamente de unas pocas zanjas de construcción para la rehabilitación de tubería de baja, media y alta presión, lo que genera baja emisión de CO2, minimizando el impacto ambiental, impacto a la movilidad y protegiendo el medio ambiente.



Presiones operativas máximas (MOP)



	ND						MD								HD								
	Diseño híbrido de una sola capa						Diseño de una sola capa de aramida								Diseño de doble capa de aramida								
	DE	e	DI	rotura	MPO	peso	DE	e	DI	rotura	MPO agua	peso agua	MPO petróleo/gas	peso petróleo/gas	DE	e	DI	rotura	MPO agua	peso agua	MPO petróleo/gas	peso petróleo/gas	
mm	mm	mm	bar	bar	kg/m	mm	mm	mm	bar	bar	kg/m	bar	kg/m	mm	mm	mm	bar	bar	kg/m	bar	kg/m		
Primus Line® DN 150	134	6,0	122	63	25	2,1	134	6,0	122	140	56	2,2	35	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primus Line® SD 150	150	6,0	138	54	20	2,4	150	6,0	138	120	48	2,4	30	2,7	155	8,0	139	206	82	3,3	51	3,6	
Primus Line® DN 200	183	6,0	171	47	18	2,9	183	6,0	171	100	40	3,0	25	3,3	187	8,0	171	173	69	4,0	43	4,4	
Primus Line® SD 203	205	6,0	193	42	16	3,3	205	6,0	193	84	33	3,4	21	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primus Line® DN 250	237	6,0	225	38	15	3,8	237	6,0	225	75	30	4,0	18	4,4	241	8,0	225	128	51	5,3	32	5,8	
Primus Line® SD 261	261	6,0	249	30	12	4,2	261	6,0	249	64	25	4,4	16	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primus Line® DN 300	284	6,0	272	30	12	4,6	284	6,0	272	64	25	4,8	16	5,3	288	8,0	272	110	44	6,4	27	6,9	
Primus Line® DN 350	312	6,0	300	33	13	5,0	312	6,0	300	50	20	5,2	12	5,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primus Line® DN 400	354	6,0	342	30	12	6,0	354	6,0	342	46	18	6,0	11	6,7	357	8,0	341	82	32	8,1	20	8,8	
Primus Line® DN 450	-	-	-	-	-	-	408	6,0	396	40	16	7,0	10	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primus Line® DN 500	-	-	-	-	-	-	454	6,0	442	40	16	7,7	10	8,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Características técnicas y presiones operáticas máximas (MOP) de la tubería Primus Line.
Tomado de documento soporte Primus Line

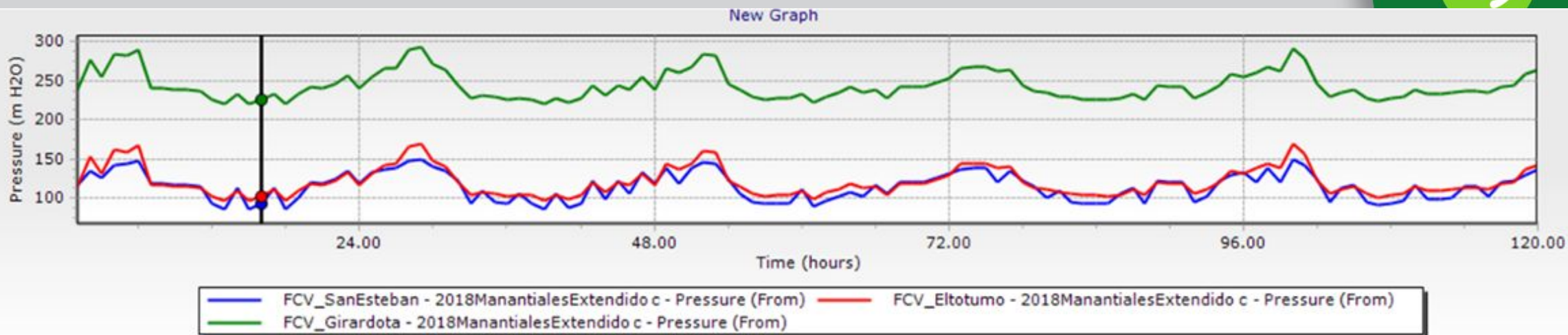
Radios de deflexión

α [°]	Presión operativa máx. [%] Radios de flexión			Presión de prueba máx. [%] Radios de flexión		
	1.5D	3D	5D	1.5D	3D	5D
0	40.0%	40.0%	40.0%	50.0%	50.0%	50.0%
5	37.5%	37.5%	38.4%	46.9%	46.9%	48.0%
10	35.8%	35.9%	37.3%	44.8%	44.9%	46.7%
15	33.8%	33.9%	36.0%	42.2%	42.4%	45.0%
20	31.5%	31.7%	34.5%	39.4%	39.6%	43.1%
25	29.0%	29.3%	32.7%	36.3%	36.7%	40.9%
30	26.7%	27.1%	30.6%	33.4%	33.9%	38.2%
35	24.7%	25.1%	28.5%	30.8%	31.4%	35.6%
40	23.0%	23.4%	26.6%	28.8%	29.3%	33.3%
45	21.7%	22.1%	25.1%	27.1%	27.6%	31.4%

Presiones operáticas máximas (MOP) de la tubería Primus Line bajo radios de flexión.

Tomado de documento soporte Primus Line

Presiones de operación del sistema



Presiones de servicio para el tramo a instalar en Primus Line. Tomado del modelo interconectado, EPM, 2021



Alineamiento Conducción San Esteban – El Noral, en el municipio de Copacabana. Fuente propia.

Conclusiones



Una zona con una extensiva área de inestabilidad no permite la instalación de tubería metálica convencional, generando la exploración de tubería flexibles que soporten altas presiones y permitan convivir con la zona en movimiento, sin generar impacto en los indicadores de continuidad del servicio de Agua Potable a cerca de 47.000 usuarios ubicados en el norte del Valle de Aburrá.

Exploraciones de las profundidades y velocidades de la superficie de falla, concluyeron el elevado costo de instalación y mantenimiento de una red de agua potable proyectada bajo la zona en movimiento o rodeando el área afectada.

La tubería Primus Line de alta presión permite realizar rehabilitaciones dentro de una tubería huésped, en nuestro caso particular, dentro de un cárcamo en concreto y sobre polines en Polietileno, que permite que la red realice desplazamientos controlados y monitoreados, ofreciendo una solución para las condiciones del terreno y alta presión para el transporte de agua potable.



Conclusiones



Se presentan las características dimensiones como diámetros y longitudes mínimas y máximas, además de características mecánicas en cuanto a tipos de recubrimientos y conectores según presión máximas de operación, flujo a transportar y radios de giro máximos a implementar, para la correcta instalación de la tubería Primus Line.

A partir del modelo interconectado de agua potable de Empresas Públicas de Medellín, se aprueba el uso de tubería Primus Line DN400 con conectores bridados ANSI-300, para un tramo de aproximadamente 300m, donde se presenta la zona afectada.

Se enfatiza en las ventajas que presenta la instalación de este tipo de tubería flexible, en zonas de difícil acceso tanto para el personal como maquinaria, tiempos de instalación, pruebas hidrostáticas, sin impactar significativamente la prestación y continuidad del servicio, según las particularidades de cada proyecto.



Contacto

Andrés Camilo Cardona Zapata

Gloria Isabel Ramírez Bolívar

andres.camilo.cardona@epm.com.co

_gloria.ramirez@epm.com.co



Gracias