



SOLETANCHE BACHY



De la tierra al mar: Infraestructura submarina sin zanja, el nuevo horizonte del acercamiento costero.

1er Congreso Peruano de Tecnologías Sin Zanja
13 y 14 de Noviembre 2025

Raymundo GONZÁLEZ



285.731

COLABORADORES

71,600 M€

VOLUMEN DE NEGOCIOS

CONCESIONES



VINCI AUTOROUTES



VINCI AIRPORTS



OTRAS CONCESIONES

CONSTRUCCIÓN

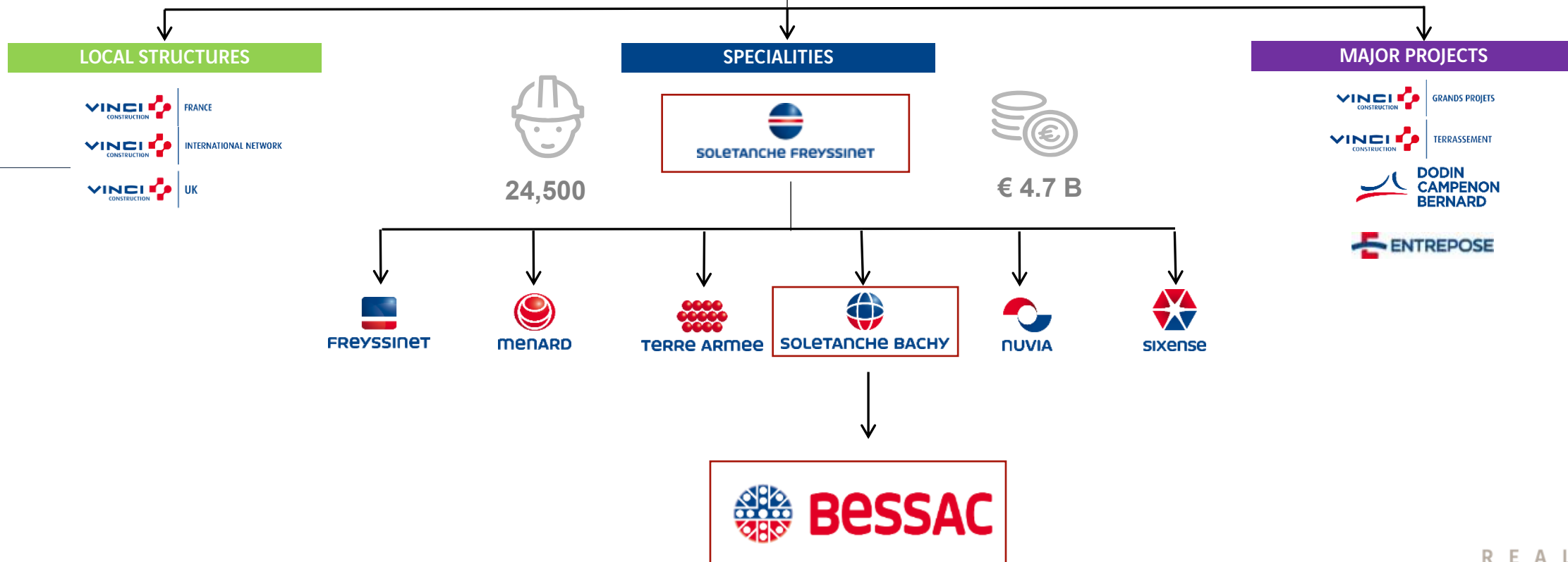


VINCI ENERGIES



VINCI CONSTRUCTION

EL GRUPO





+400

Colaboradores



32

Proyectos 2024



\$ 183 MUSD

Facturación 2024

+400 km de microtúneles y túneles construidos






Referencias en 37 países en los 5 continentes

La mayor flota de MTBM del mundo Occidental.


Fabricante de tuneladoras

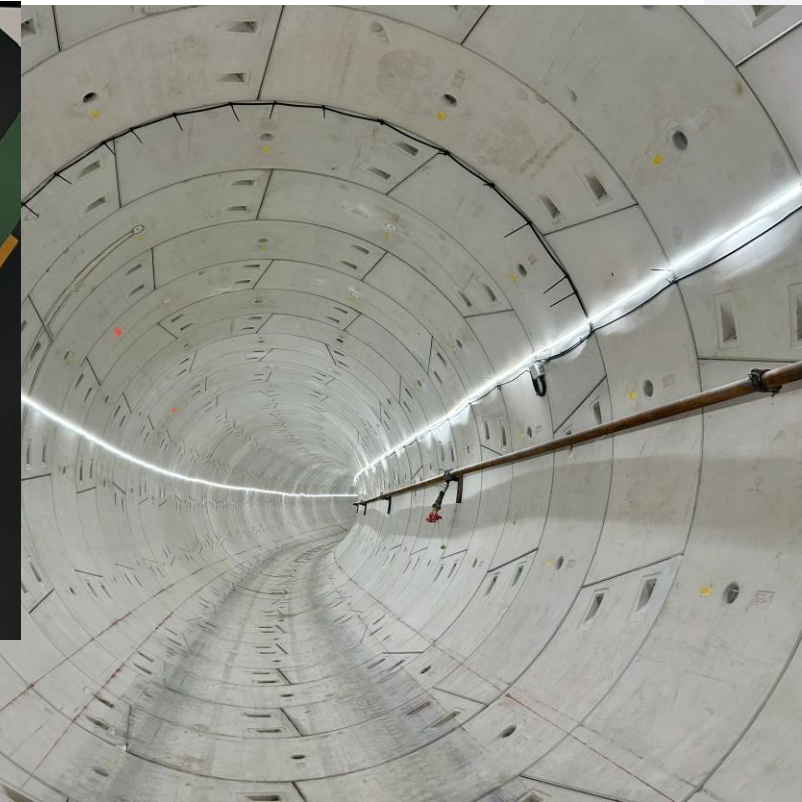
Innovación 1er túnel y microtúnel con concreto de ultra bajo carbono



-  **Innovación**
-  **Experiencia técnica**
-  **Oficina de diseño interna integrada**
-  **Equipos a medida**
-  **Altos estándares de QHSE**



-  **Technical Innovation of the Year: A World First on Toulouse Metro Line B Connection: Very Low-Carbon Concrete Segments with Metakaolin, France**



Temario:

0. Introducción
1. Pozo de lanzamiento
2. Trazado del túnel
3. Revestimiento del túnel
4. Flotabilidad del túnel
5. Longitud de emisarios
6. Sistema de seguridad hiperbárica
7. Recuperación bajo agua
8. Desmontaje en túnel ciego
9. Experiencias



Introducción

¿Qué es el acercamiento costero?

1. ¿Qué es?
2. ¿Por qué usar tecnologías sin zanja?
3. Aplicaciones clave
4. Tecnologías aplicables



¿Qué es una Aproximación a la costa?



Una **aproximación costera** se refiere al segmento de un proyecto de infraestructura en alta mar donde la estructura pasa del mar a la tierra

Por lo general, incluye las actividades de diseño y construcción necesarias para instalar el elemento en alta mar desde aguas profundas hasta y a través de la costa en tierra firme

¿Por qué usar tecnologías sin zanja?

Desafíos: Trabajar en áreas ambientalmente sensibles, influencia de las mareas, acción de las olas, movimiento de sedimentos y difícil acceso



¿Por qué usar tecnologías sin zanja?



🌐 **Regulación ambiental** para proteger la costa y su ecosistema expuesto

🌐 **Riesgo** de socavación a largo plazo



🌐 **Problema de las mareas** cuando se corta a cielo abierto


🌐 **Longitud limitada** con corte a cielo abierto

Aplicaciones clave para proyectos de acercamiento costero

 Petróleo y gas

 Plantas de Desalinización

 Tratamiento de aguas residuales

 Instalación de cables

 Estaciones de producción de energía / Proyectos de energías renovables

 Enfriamiento de procesos Industriales

Tecnologías sin zanja aplicables

 Perforación horizontal dirigida 300 mm a 1200 mm

Step 1: Pilot Drill



Step 2: Reaming



Step 3: Pipeline Pullback

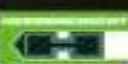


Imagen: Herrenknecht

Tecnologías sin zanja aplicables

 Direct Pipe de 600 mm a 1500 mm



Tecnologías sin zanja aplicables

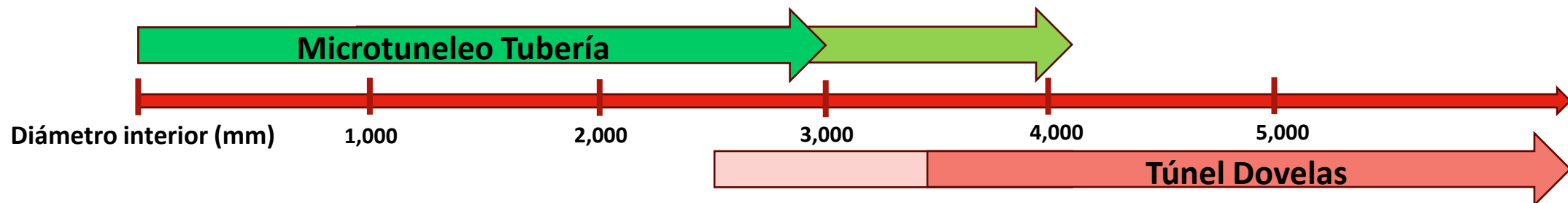
 Microtúneles con MTBM > 1600 mm



Tecnologías sin zanja aplicables



Tunelización con tuneladora > 2500 mm



Matriz comparativa Tecnologías — Emisarios Submarinos

✓	Adecuado
~	Condicionado
✗	Inadecuado

Parámetro	SubParametro	PHD (HDD)	Direct Pipe	Microtunnel (MTBM)	Túnel con Dovelas (TBM)
Geología Favorable	Suelos blandos / arenas / limos / arcillas	✓	✓	✓	✓
	Gravas	✗	✓	✓	✓
	Boleos	✗	✗	✓	✓
	Mixtos	~	~	✓	✓
	Roca	~	~	✓	✓
Tipo de tubería instalada	HDPE	✓	~	✗	Tuberías dentro del túnel
	PRFV	✗	~	~	Tuberías dentro del túnel
	Acero	✓	✓	~	Tuberías dentro del túnel
	Concreto	✗	~	✓	✓
Diámetro de tubería	≤ 1,000 mm	✓	~	✗	✗
	≤ 1,500 mm	~	✓	~	✗
	≤ 2,500 mm	✗	✗	✓	✓
	≥ 3,000 mm	✗	✗	~	✓
Longitud típica alcanzable en emisarios	≤ 100 m	✓	~	✓	✗
	100 - 500 m	✓	✓	✓	✗
	≤ 1,300 m	~	✓	✓	~
	≥ 1,300 mm	✗	✗	~	✓
Costo relativo		\$\$ (más económico)	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$\$ (más alto)
Ventaja principal		Bajo costo y rápida instalación	Empuje continuo	Gran precisión, Menor requerimiento de área	Permite grandes diámetros y largas distancias
Desventaja principal		Sensible a roca y pérdidas de estabilidad de frente	Mayor complejidad logística, Mayor requerimiento de área y equipo especializado	Limitado a un diámetro mínimo	Costo y obra civil mayor (accesos y logística)

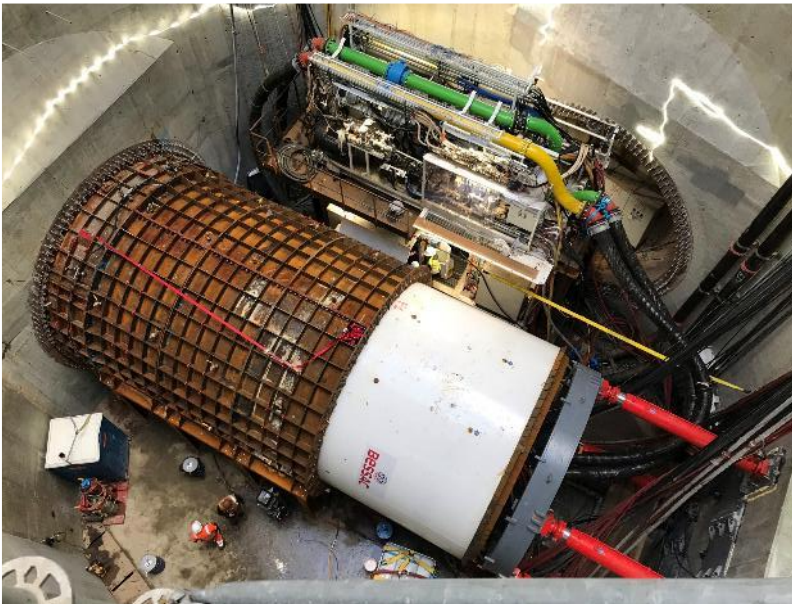
Pozo de lanzamiento.



1. Pozos en tierra

Parámetros principales de diseño

- 🇺🇸 Geometría (forma, dimensiones, profundidad) -> optimizada según las especificaciones del proyecto y de la (M)TBM
- 🇺🇸 Geología – hidrogeología -> impacto significativo en los métodos constructivos
- 🇺🇸 Fuerza de empuje de la tubería / empuje de la tuneladora -> pared de empuje / marco de empuje / losa y soporte de excavación (pared del pozo)
- 🇺🇸 Acomodar la junta de arranque (adaptado a las condiciones locales)
- 🇺🇸 Acomode el freno de la tubería (para evitar que el túnel se mueva hacia atrás debido a la presión del agua subterránea)
- 🇺🇸 Cargas superficiales (grúa de carga pesada, grúa pórtico, almacenamiento de tuberías...)



1. Pozos en tierra

Parámetros principales de diseño

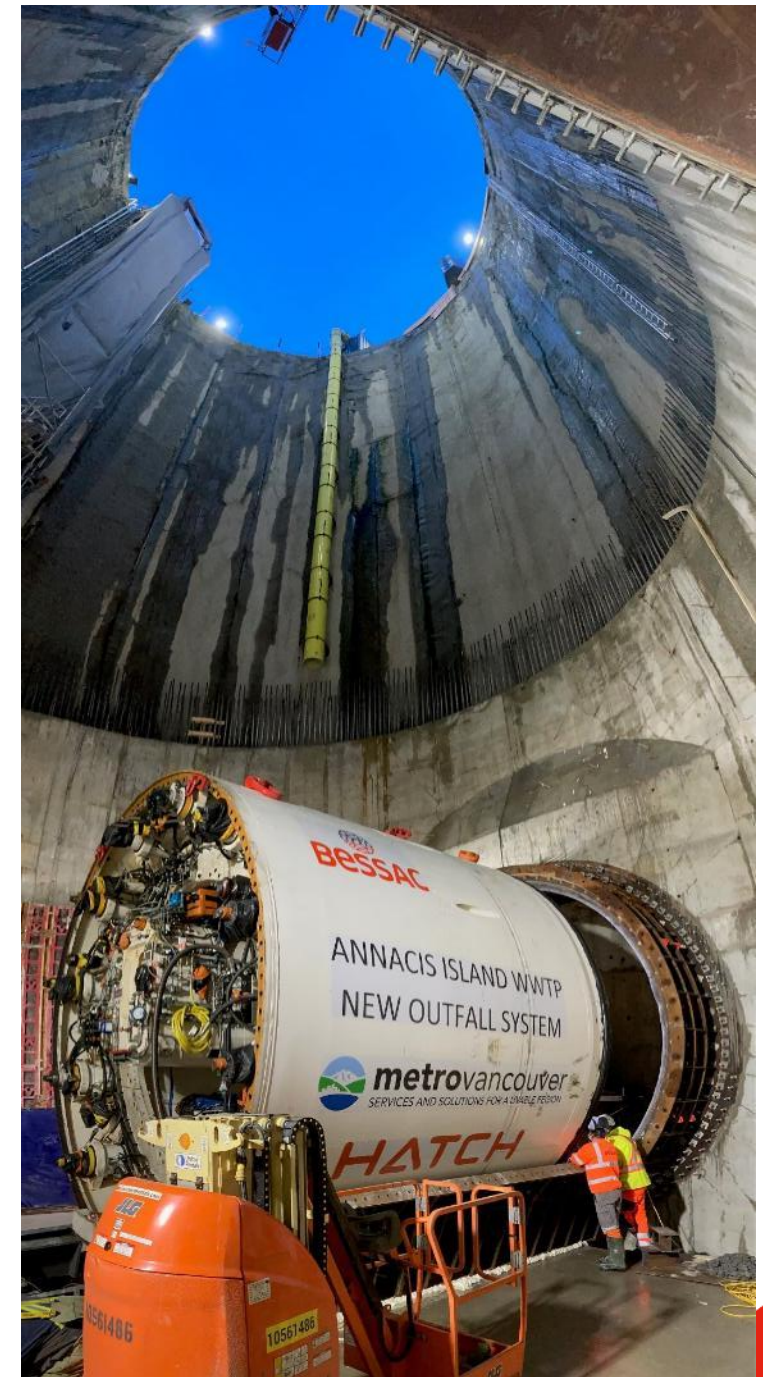
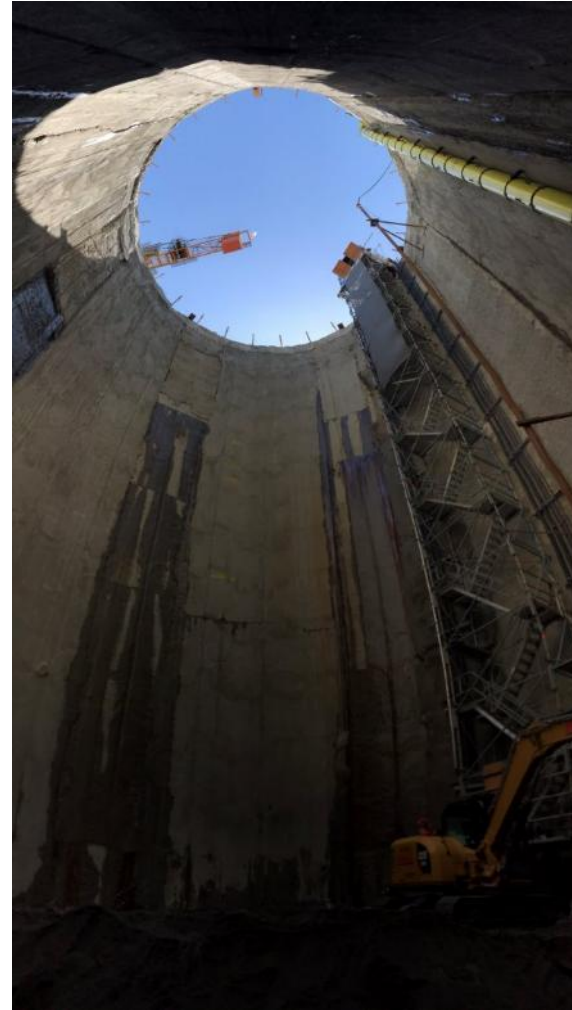
- 🇺🇸 Geometría:
 - 🇺🇸 Idealmente de forma redonda (la forma más efectiva), pero no se limita a ella
- 🇺🇸 Profundidad:
 - 🇺🇸 En función del proyecto
 - 🇺🇸 Lo menos profundo posible por costo
 - 🇺🇸 A veces puede ser interesante profundizar el pozo para beneficiarse de las condiciones del terreno más favorables
- 🇺🇸 Diámetro:
 - 🇺🇸 Entre 6 a 15 m según el diámetro y longitud del túnel.
 - 🇺🇸 Para el empuje de tuberías, el diámetro se puede ampliar para empujar simultáneamente (2 a 3) tuberías (ahorro de tiempo)



1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción (definida en un análisis caso por caso)

- Muro colado en sitio (Hydrofresa / almeja / ...)



1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción(definida en un análisis caso por caso)

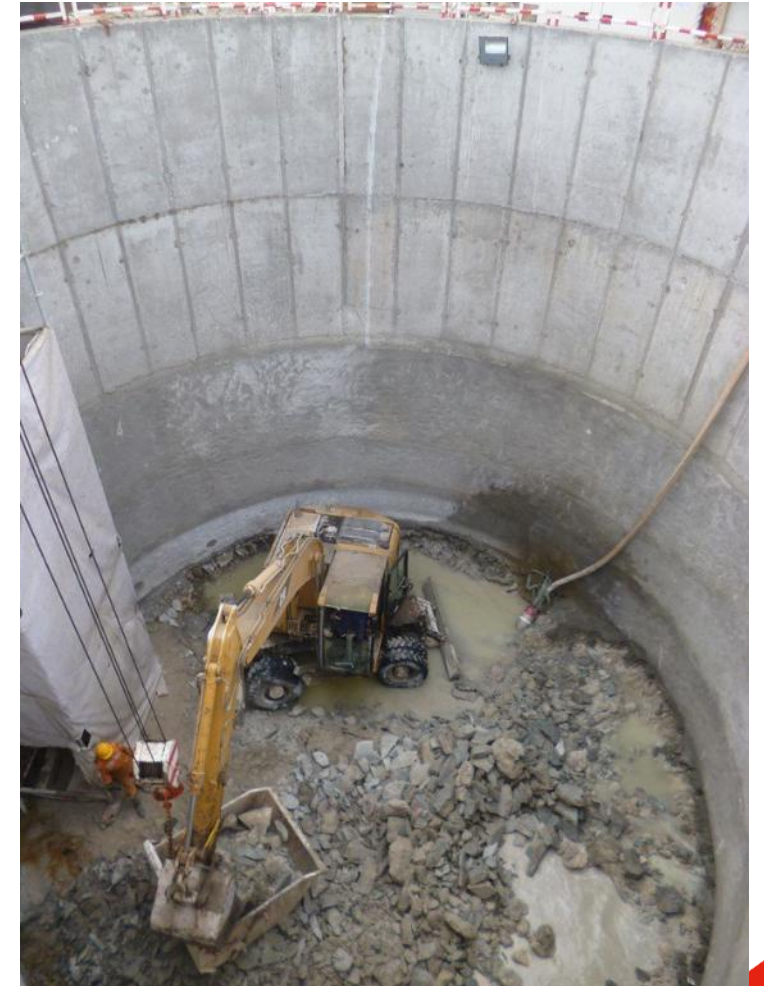
- Pilas secantes



1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción (definida en un análisis caso por caso)

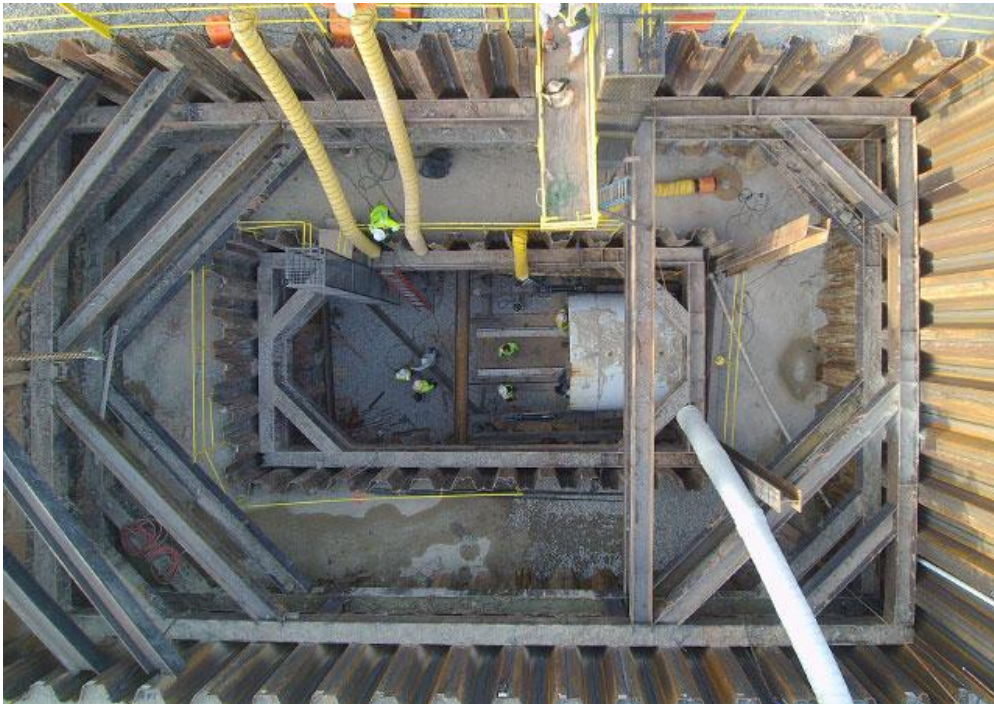
- Tradicional (revestimiento de concreto lanzado)



1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción (definida en un análisis caso por caso)

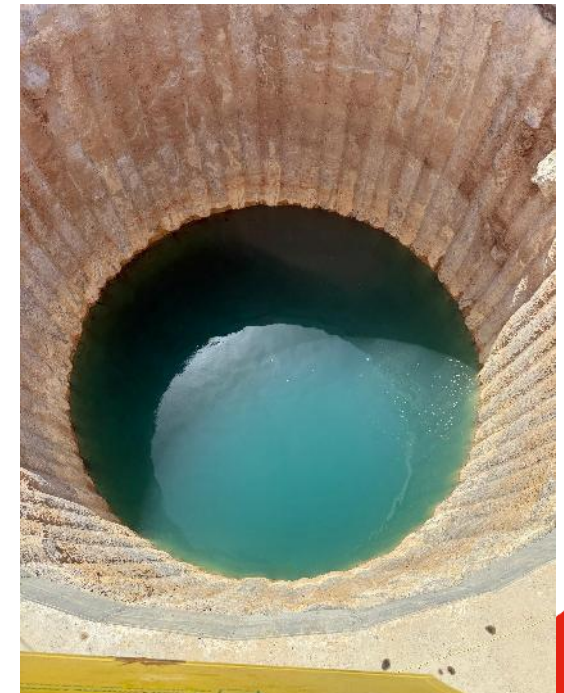
- 🚧 Tablestacas
- 🚧 Muro Berlín (perfiles metálicos y madera)
- 🚧 Pozos Caisson deslizantes
- 🚧 Pozo Caisson (con dovelas)



1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción(definida en un análisis caso por caso)

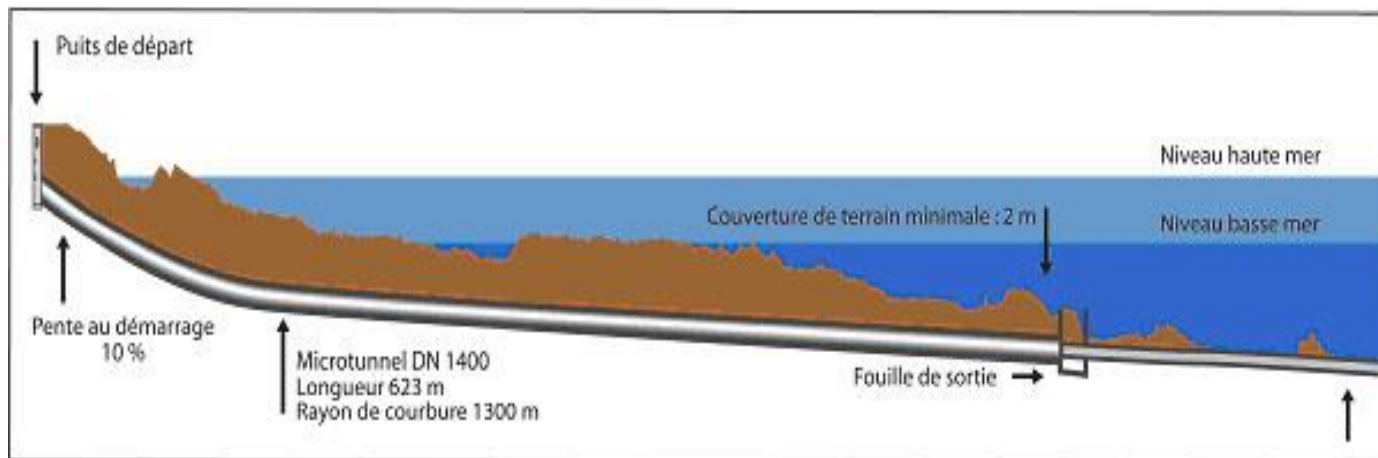
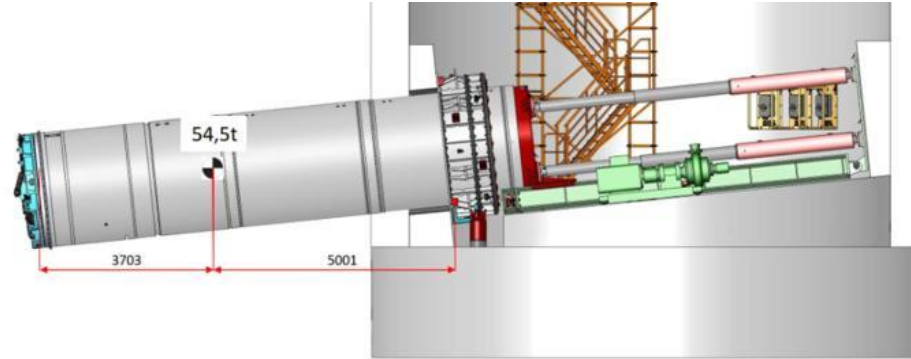
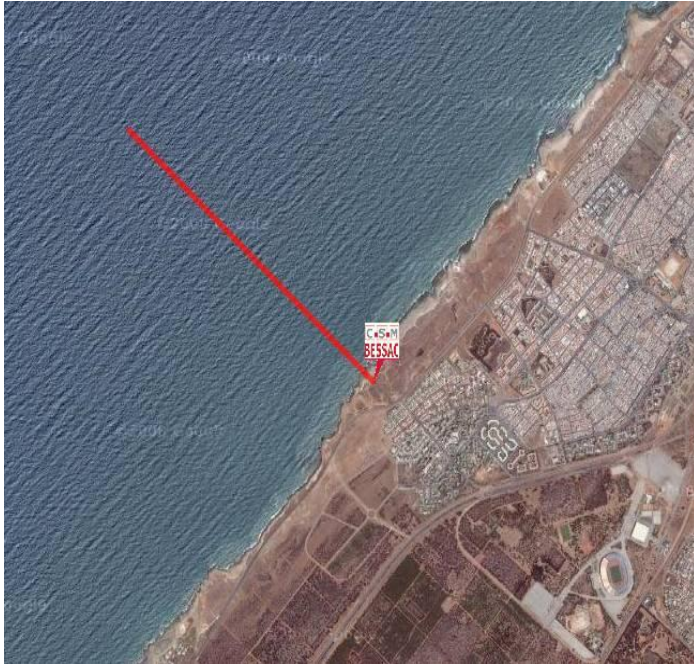
- 🌐 Técnicas SOE:
 - Muro colado
 - Pilas Secantes
 - Soil Mixing
 - Traditional (concreto lanzado)
 - Tablaestacas
 - Caisson
- 🌐 Excavación submarina
- 🌐 Pozos de bombeo (alrededor del pozo)
- 🌐 Tapón de fondo (Jet Grouting / Inyecciones)
- 🌐 (Break in/out) Sustitución / Mejoramiento de suelos....



Trazado del túnel.



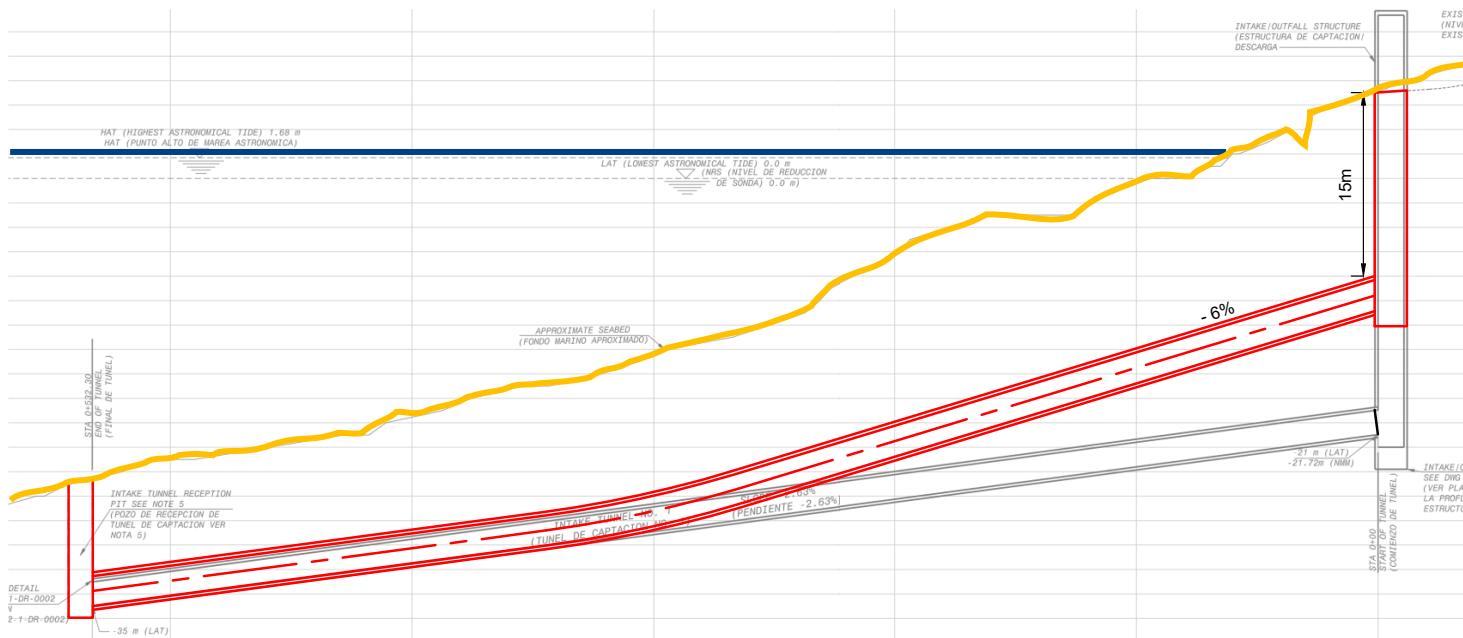
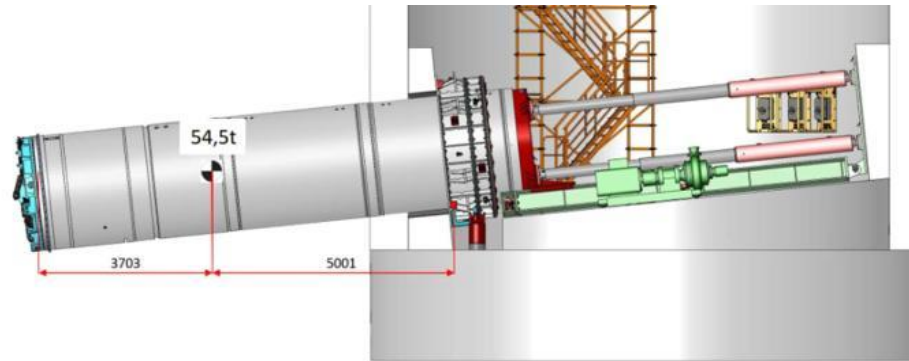
Trazado en planta



Pendiente del túnel

Consideraciones principales

- 🇨🇷 Pendiente máxima típica : 10%
- 🇨🇷 Profundidad límite del pozo
- 🇨🇷 Asegure una cobertura suficiente por encima del túnel (normalmente 2 Ø excavaciones)
- 🇨🇷 Alcanzar condiciones favorables del terreno (basado en datos geofísicos y análisis detallados de investigaciones terrestres)
- 🇨🇷 Evalúe el riesgo de sobrecarga del cabezal de corte



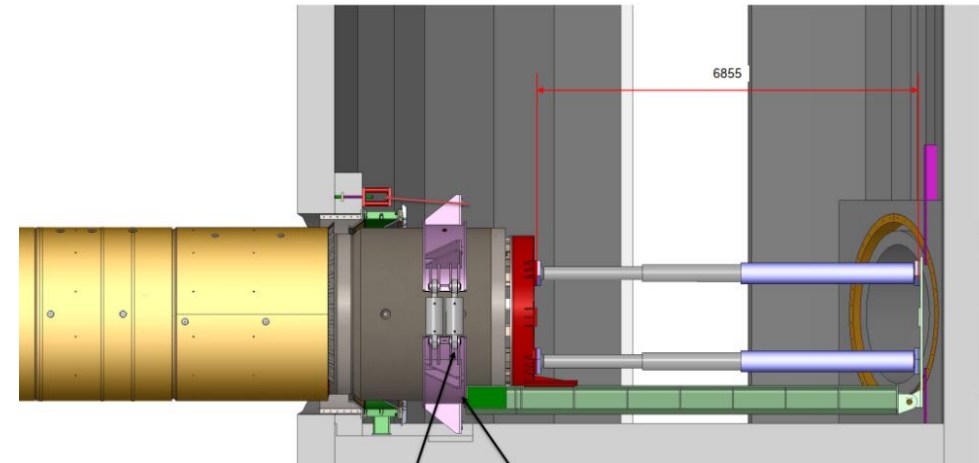
Revestimiento del túnel



3. Revestimiento de túneles

Pipe jacking

- 🌐 Tubos de concreto reforzado de 1,5 m a 3,5 m de diámetro interior, instalados desde el pozo
- 🌐 Longitud de la tubería: típicamente de 2 a 4 m
- 🌐 Se pueden empujar de 1 a 3 tubos al mismo tiempo
- 🌐 Límite de distancia:
 - 🌐 Más de 100 proyectos con una longitud > 1.000 m
 - 🌐 Pocos Proyectos > 2,000m
- 🌐 Técnica de alta productividad/ Rentable/ Rápida mob / demob
- 🌐 Requisito de freno de tubería? (influencia en la tubería y el pozo a evaluar)



3. Revestimiento de túneles

Dovelas

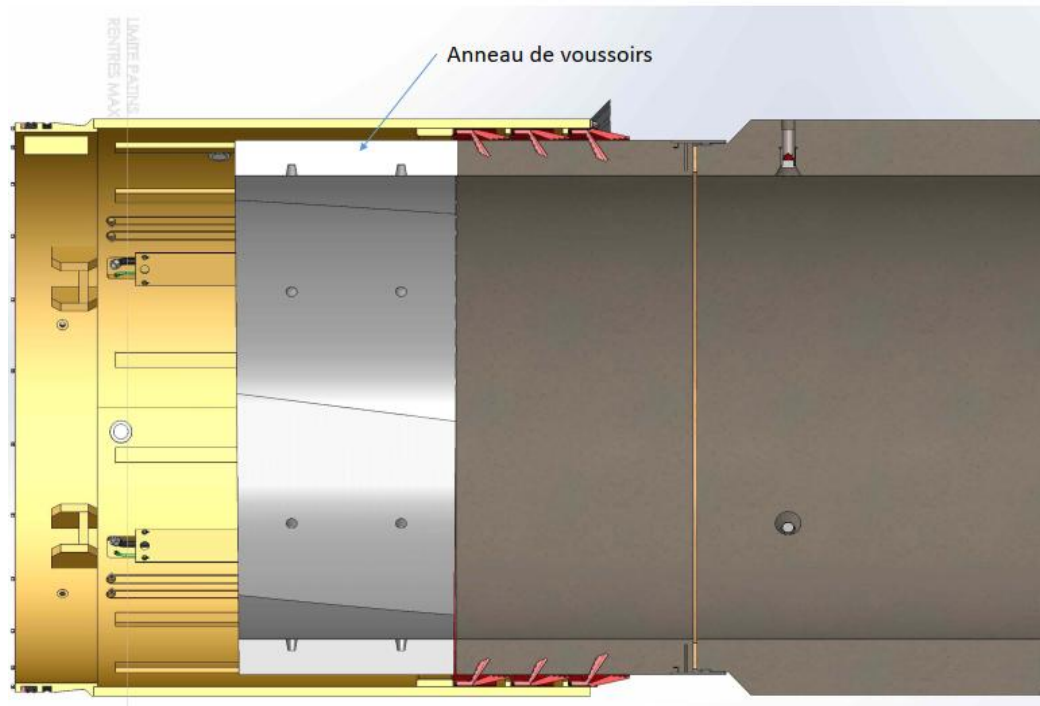
- 🇺🇸 Concreto reforzado (acero/fibras) mayor a 2.5m ID
- 🇺🇸 Instalado en TBM-> Requiere equipo adicional en comparación con el empuje de tuberías
- 🇺🇸 Sin límite de distancia/ Solución robusta
- 🇺🇸 El tiempo de montaje y desmontaje de la tuneladora (TBM) es significativamente mayor que el de una MTBM
- 🇺🇸 Más caro que el empuje de tuberías



3. Revestimiento de túneles

Revestimiento mixto / Hybrid

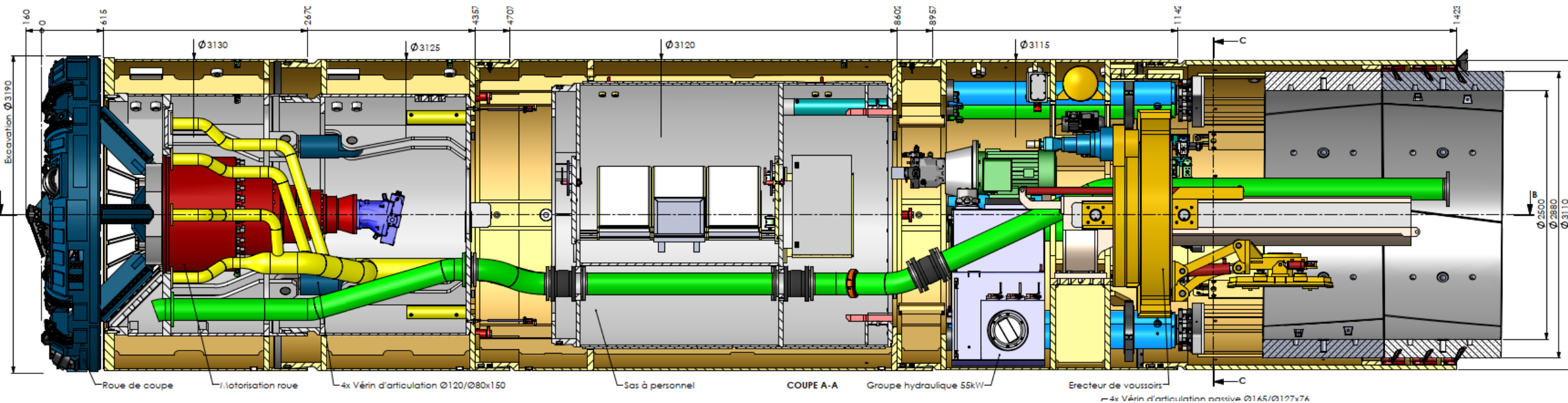
- Combinación de técnicas precedentes (pipe jacking & dovelas)
- En caso de obstrucción del túnel durante el empuje de tuberías, Permite cambiar a revestimiento con dovelas para continuar la excavación
- Permite beneficiarse de la alta productividad del empuje de tuberías (Instalación + excavación)..., Reducción del pozo de lanzamiento
- Requiere equipo específico(MTBM Convertible en modo de revestimiento segmentado - dovelas)
- Tubo de empuje inicial, hecho a medida para cambiar al modo de dovelas



3. Revestimiento de túneles

Revestimiento mixto

MTBM específico equipado con erector de dovelas, lanzada con tubería inicialmente hecho a medida para cambiar al modo de dovelas cuando sea necesario



Flotabilidad del túnel



4. Flotabilidad

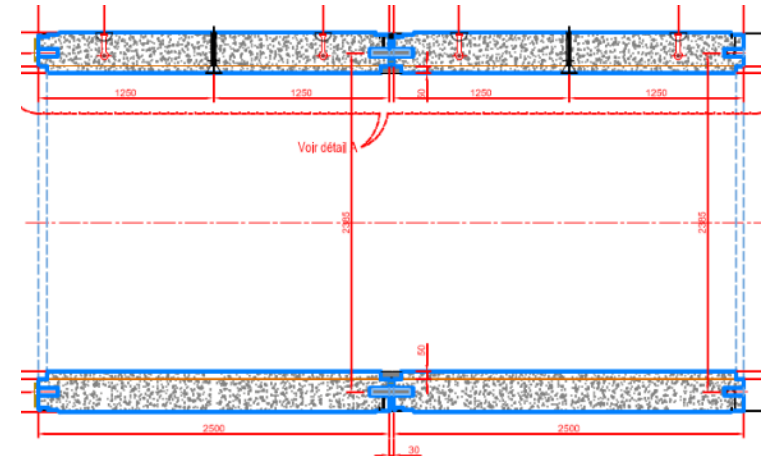
- El extremo del túnel suele tener una cubierta muy poco profunda (o no hay cobertura en absoluto)
- El revestimiento del túnel no se inunda a lo largo del proceso o antes de la expulsión de la tuneladora
- El empuje vertical del túnel debido a la flotabilidad se considerará en la etapa de diseño
- Mitigar el riesgo de desconexión longitudinal



4. Flotabilidad

Enfoques de diseño de dovelas y tubería de jacking:

- Conexión mecánica entre tuberías(pasadores, placas soldadas, varillas roscadas...)
- Instalación de revestimiento interior para crear una estructura monolítica



Longitud de emisarios



5. Longitud del túnel MTBM

IJS (intermediate jacking station)

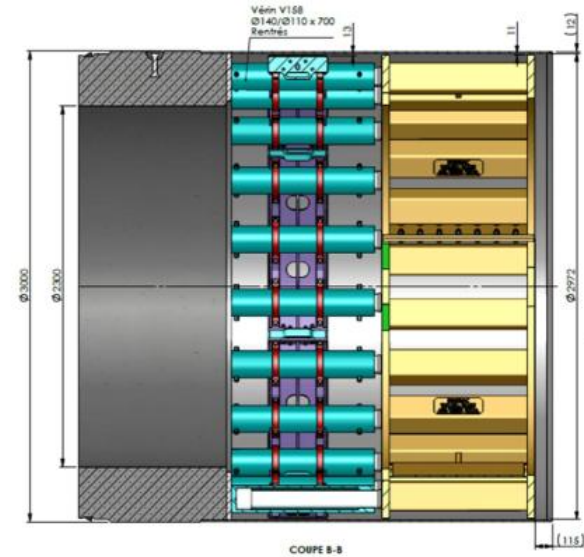
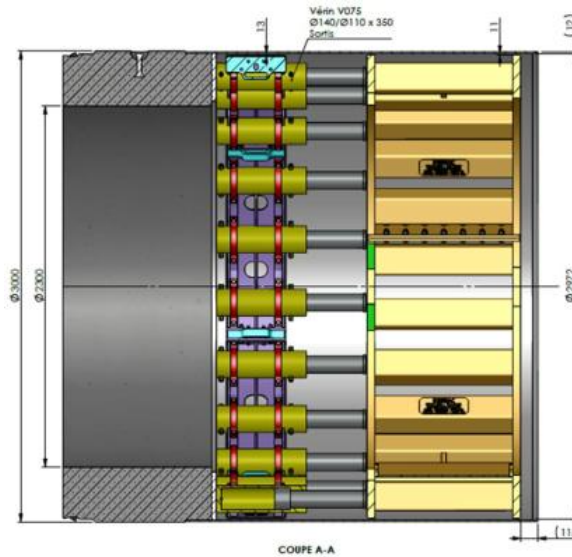
- Espaciamiento basado en la evaluación de la fricción del suelo/tubería
- Distancia típica: 100 m a 150 m
- Permite longitud de túnel mayores

Lubricación

- Espaciamiento basado en la geología y el diámetro del túnel
- Volumen de inyección en función de la geometría, la geología y la velocidad de avance
- Tipo de lubricante en función de la geología (/!\ agua salada) y de la longitud del túnel

MTBM potencia electrica

- Baja tension hasta 1,200m (400-1000 Volts)
- Alta tension > 1,200m (10,000 a 20,000 Volts)

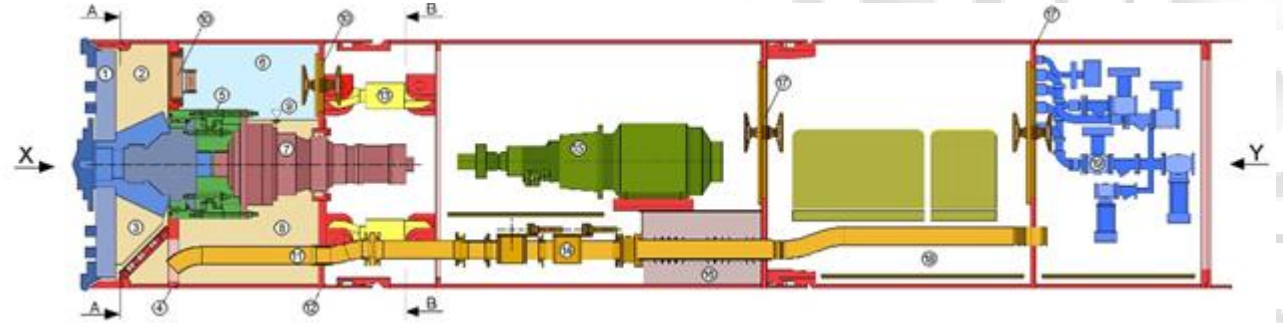


Sistema de seguridad hiperbárica



Acceso al frente de excavación

Módulos exclusiva y/o Hiperbáricos



Su principal objetivo es inspeccionar, dar mantenimiento de herramientas del cabezal de la rueda de corte, cuando encuentren terrenos estables o inestables bajo presión hidrostática.

ACCESO A LA CÁMARA DE EXCAVACIÓN

- Desgaste en el cabezal de corte y herramientas de corte
- Requiere mantenimiento y reemplazo
- Acceso del personal requerido







Acceso complicado en la
cámara (Ø 650 Paso)
MTBM
AVN 1600



Objetivo:

Inspeccionar, mantenimiento de herramientas del cabezal de la corte, cuando encuentre varios terrenos estables o inestables bajo presión hidrostática

Ejemplos:

-  Herramientas desgastadas
-  Herramientas rotas
-  Obstrucciones
-  Sello de rodamiento principal

TRABAJOS HIPERBÁRICOS



TRABAJOS HIPERBÁRICOS



Preparación hiperbárica:

formación, chequeo médico, procedimientos, listas de verificación, certificación de equipos

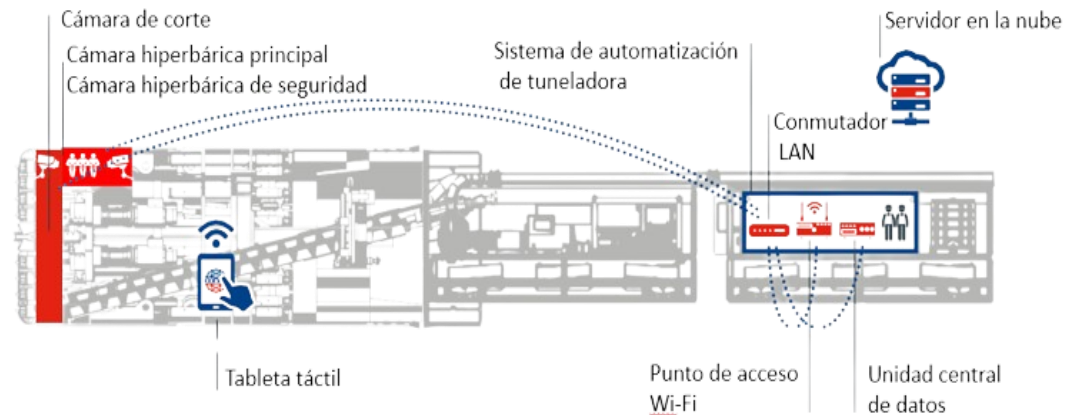
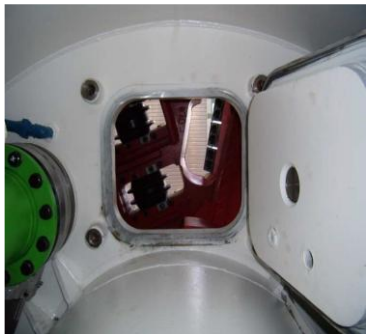


Intervenciones hiperbáricas:

Trabajando en presión intensa, varios tipos de descompresión, técnicas

Revisión y reemplazo de herramientas de corte antes de zona de falla geológica

1. Acceso seguro a la máquina tuneladora.
2. Inspección y cambio de herramientas de corte (si es necesario).
3. **Condición ideal:** Acceso a cámara de excavación en condiciones atmosféricas normales.
 - Requiere extracción previa del agua.
4. **Alternativas si la condición ideal no es posible:**
 - a) **Intervención hiperbárica:** Buzos trabajan en ambiente presurizado.
 - b) **Sistema "Probe Drill":** Inyección de resina para sellar filtraciones de agua y permitir acceso.
5. **Último recurso:** Inundación controlada de la máquina.
 - Buzos ingresan y cambian herramientas sumergidos



HYPERB'ASSIST

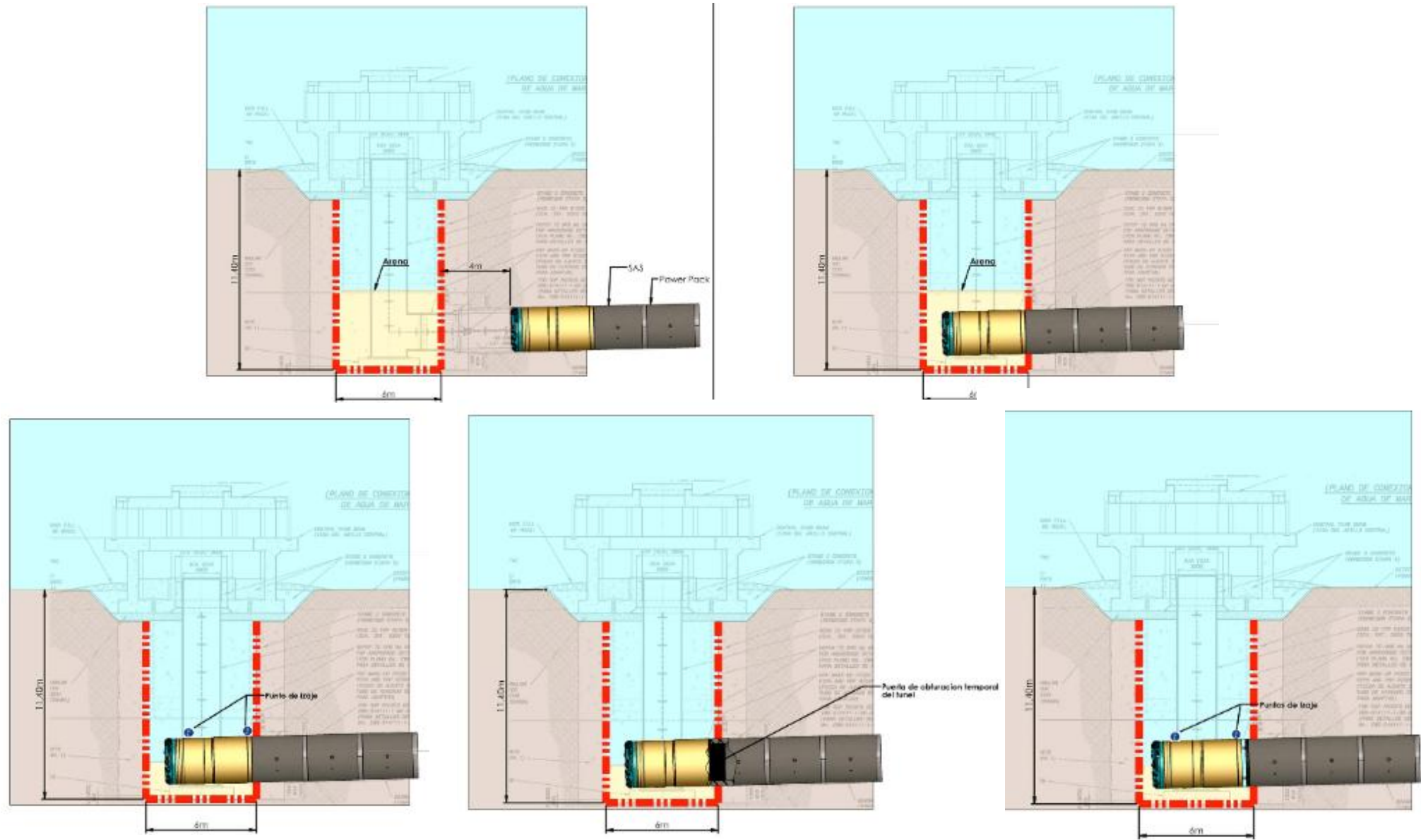
Es un sistema integral para incrementar la seguridad y control de las intervenciones de mantenimiento hiperbárico en tuneladoras.



Recuperación bajo agua



6. Recuperación bajo agua – Pozo en roca

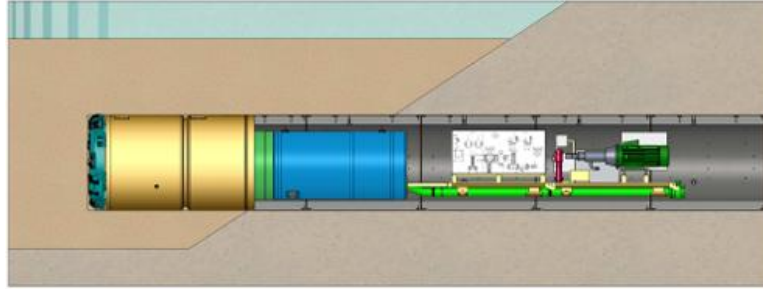


6. Recuperación bajo agua – Pozo en suelos

Sea recovery principle

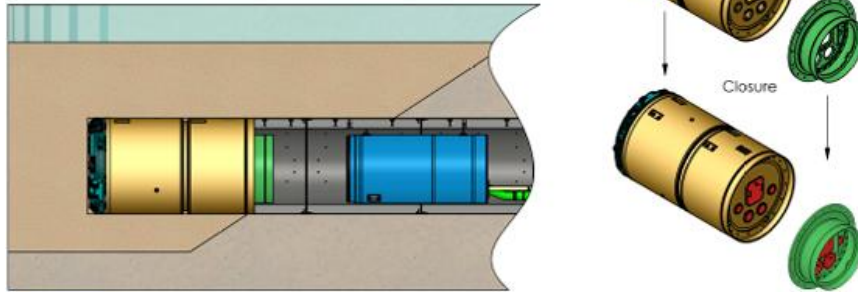
Phase #1

Arrival of the MTBM in the retrieval shaft



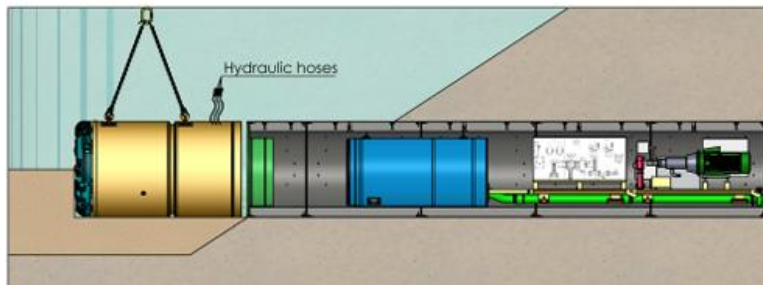
Phase #3

Closure of the bulkhead on the MTBM and the bulkhead at the end of the tunnel



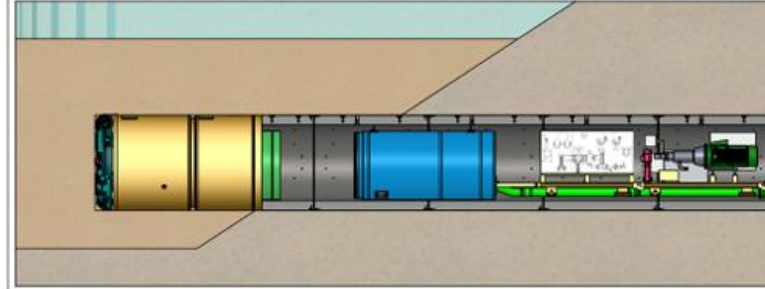
Phase #5

Connecting MTBM lifting points
+ hydraulic hoses
Expulsion of the MTBM with the sea recovery cylinders



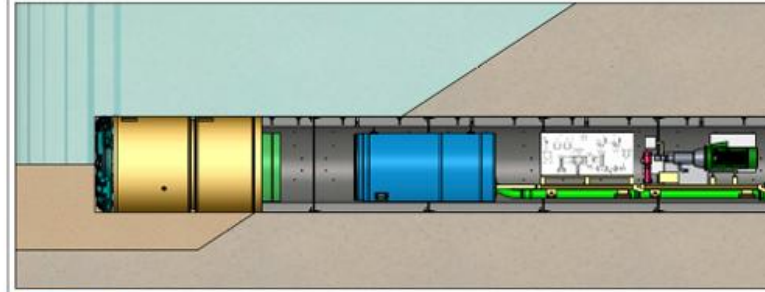
Phase #2

Deconnexion of the air lock, air regulator and power-pack



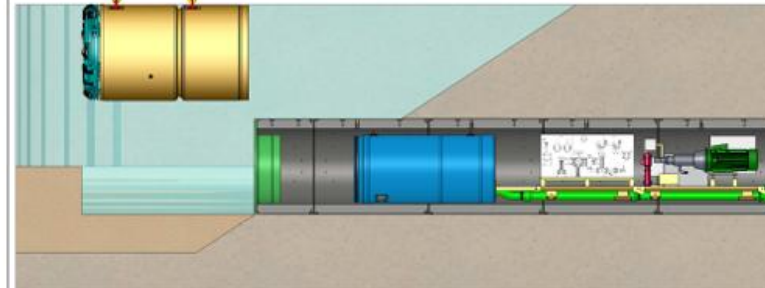
Phase #4

Rotation of the excavation wheel to start the sand removal
Pumping sand at the middle of MTBM

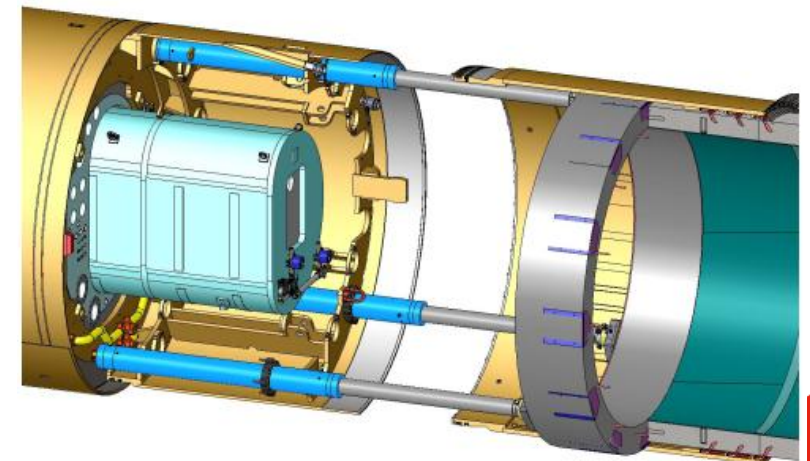
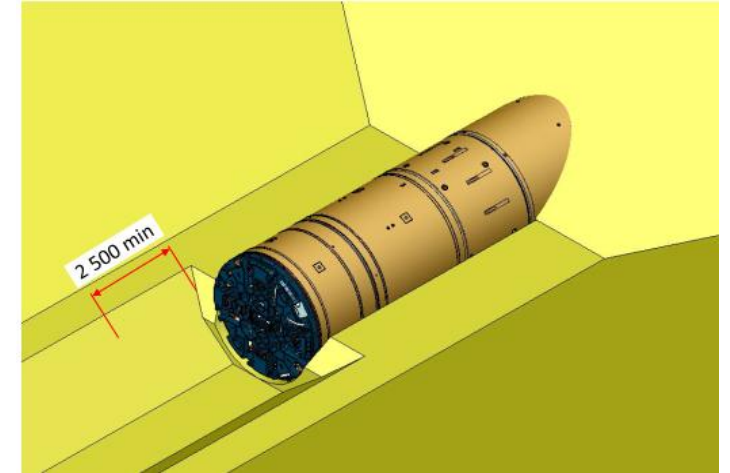
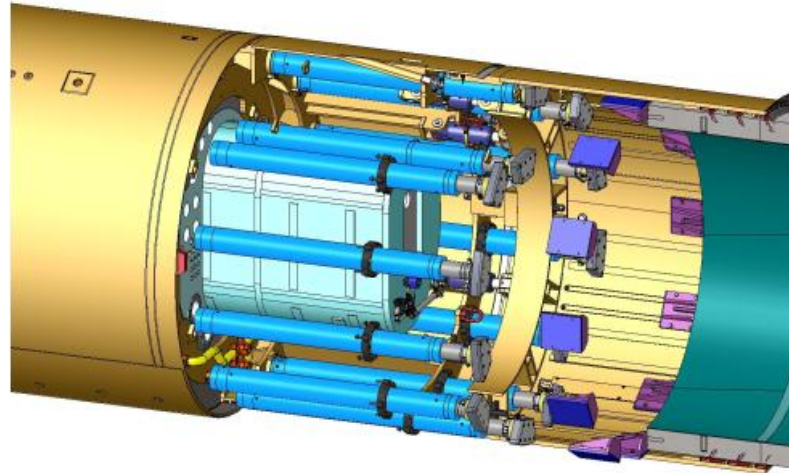
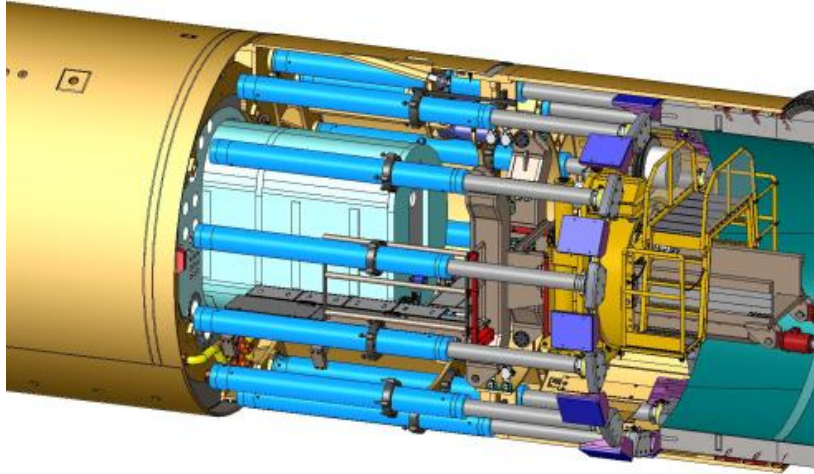


Phase #6

Lifting the MTBM



6. Recuperación bajo agua – TBM Dovelas



Desmontaje en túnel ciego



7. Recuperación: túnel ciego

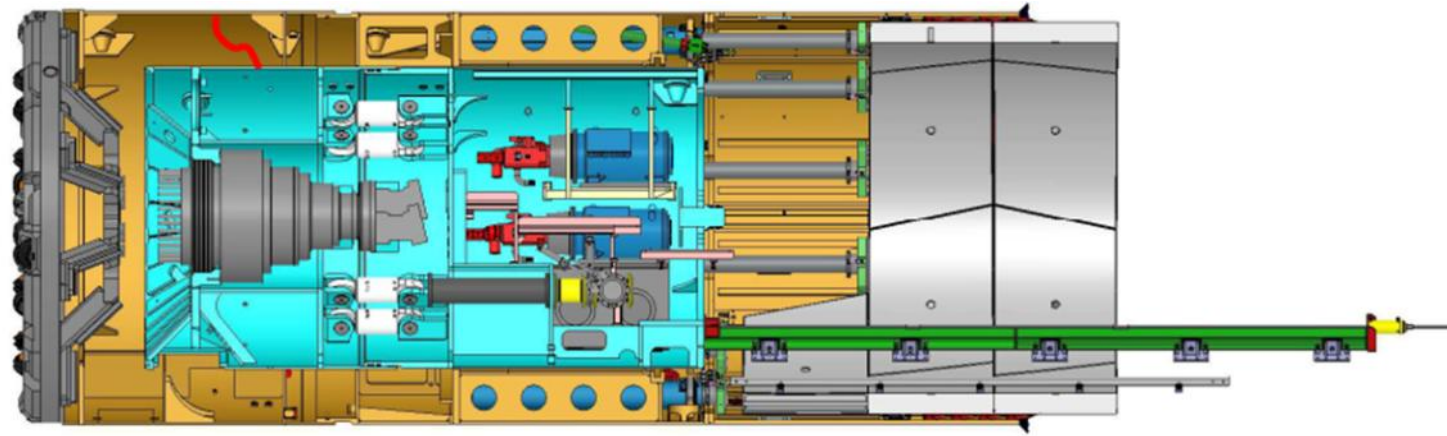
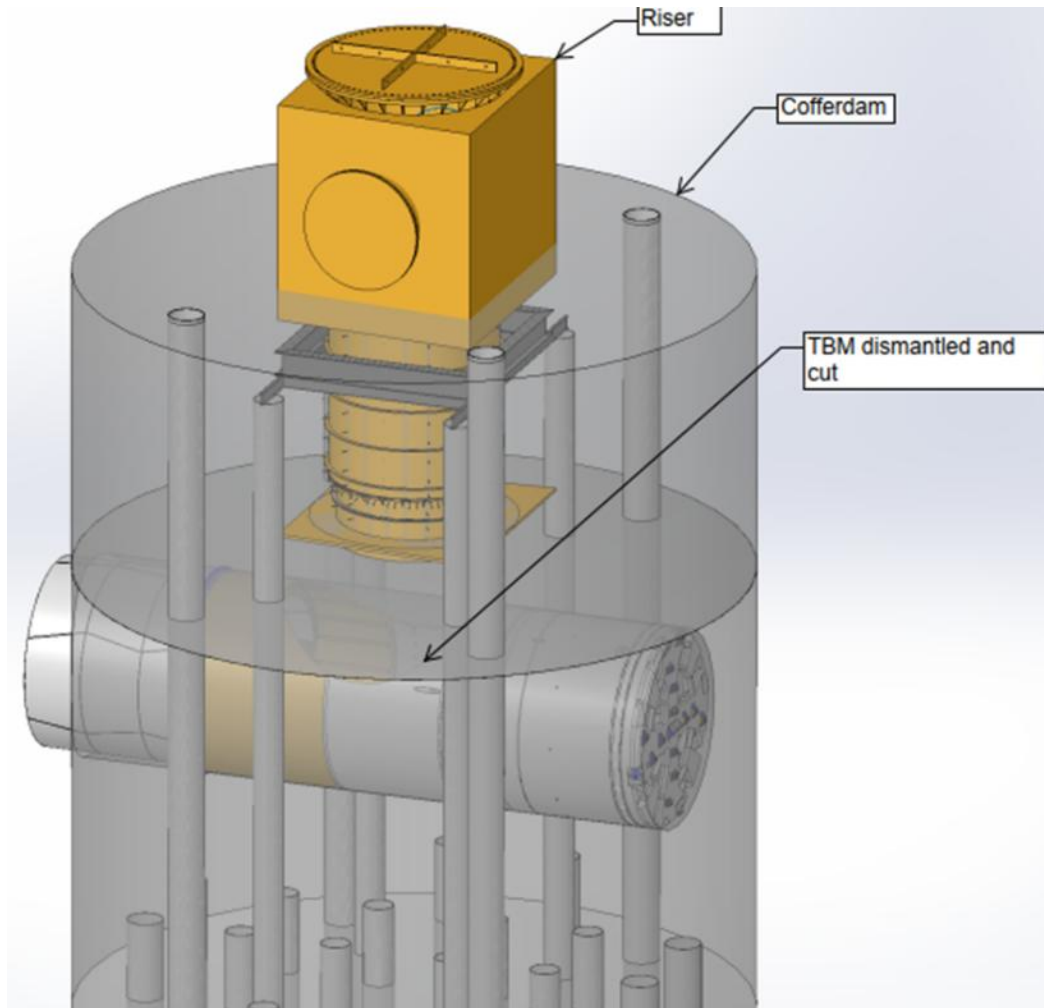
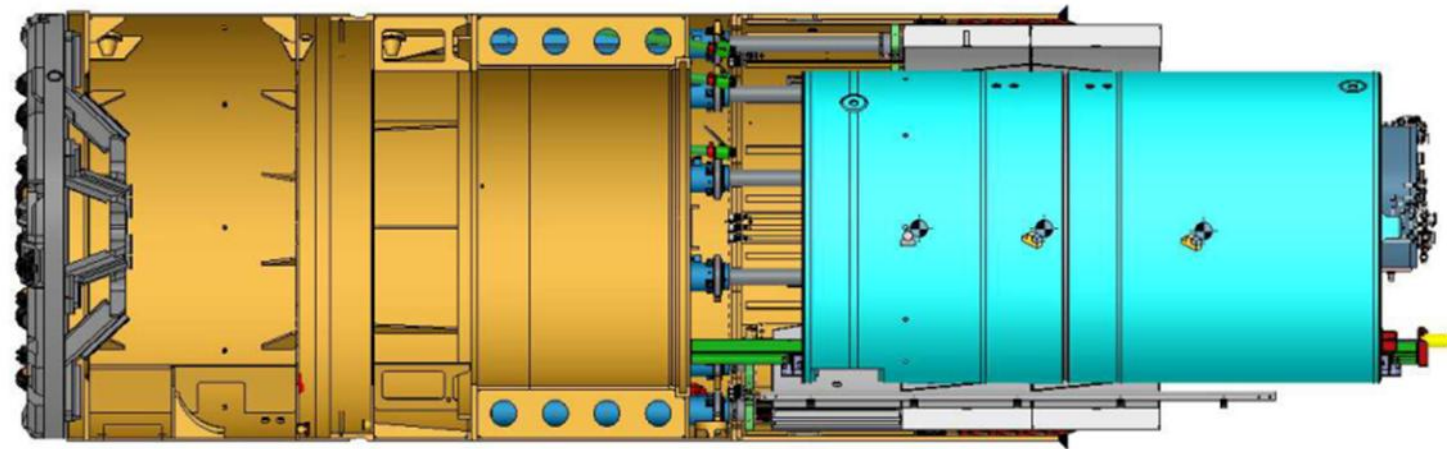
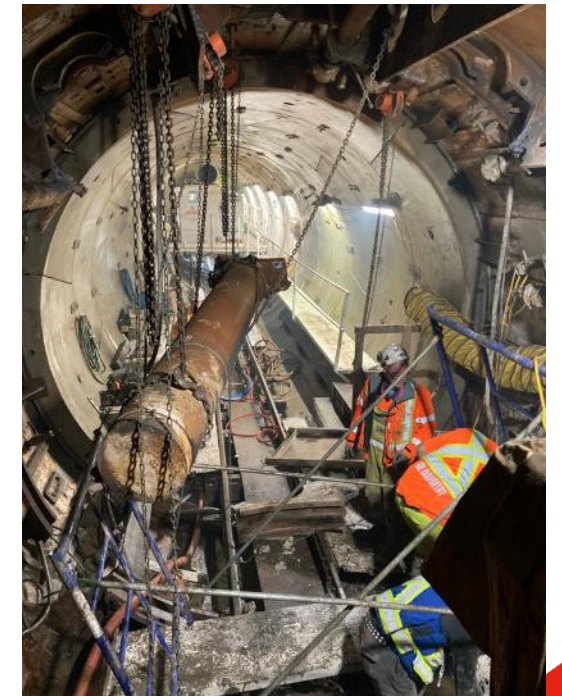


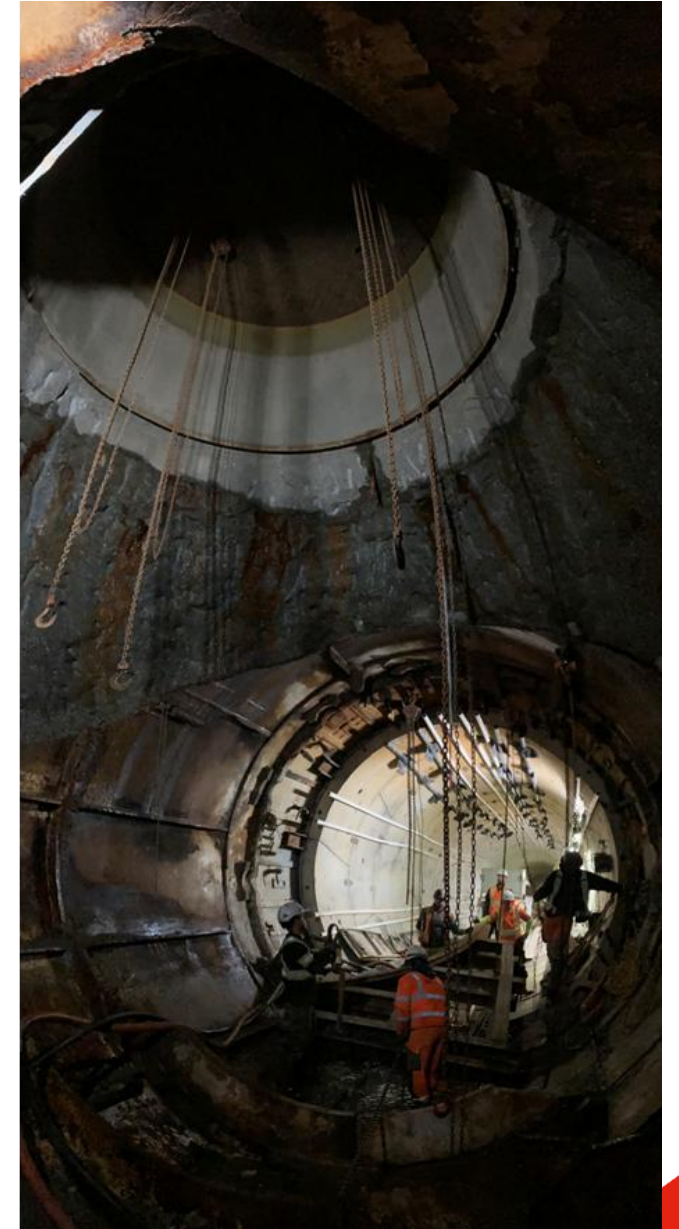
Figure 8: Disconnection of the injection hoses (shown in red)



7. Recuperación: túnel ciego



7. Recuperación: túnel ciego



Bessac experiencias

- 🇵🇪 Petróleo y gas
- 🇵🇪 Túnel de cables
- 🇵🇪 Desalinización
- 🇵🇪 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) emisarios
- 🇵🇪 Nuclear





Oil & Gas





Petróleo y Gas



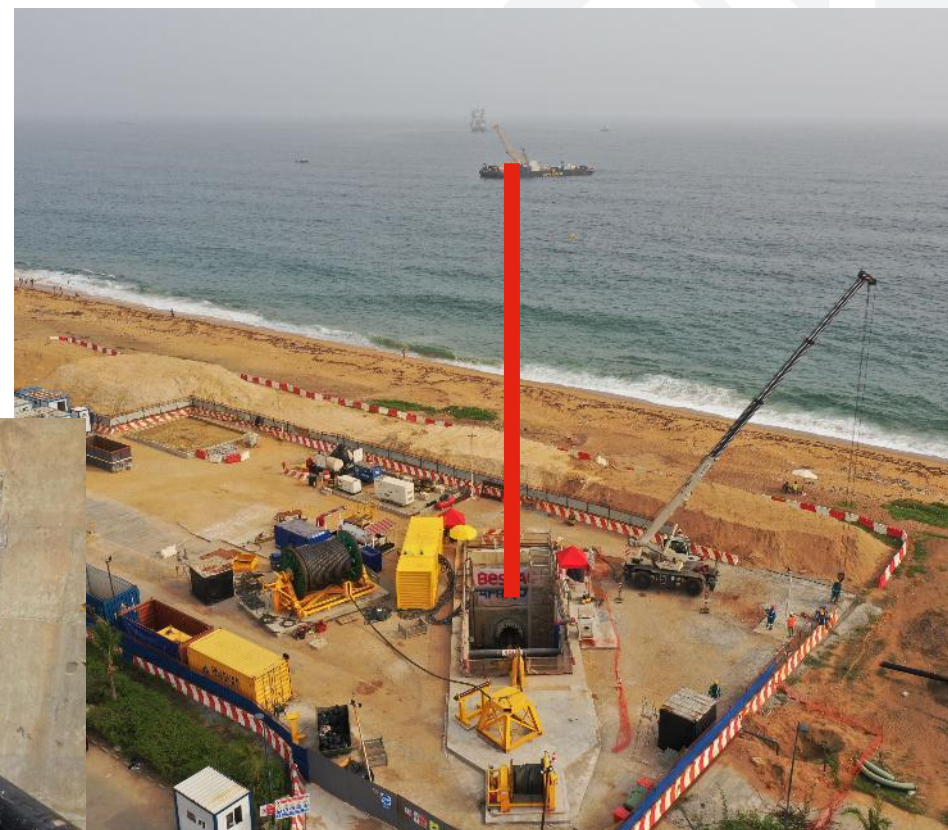
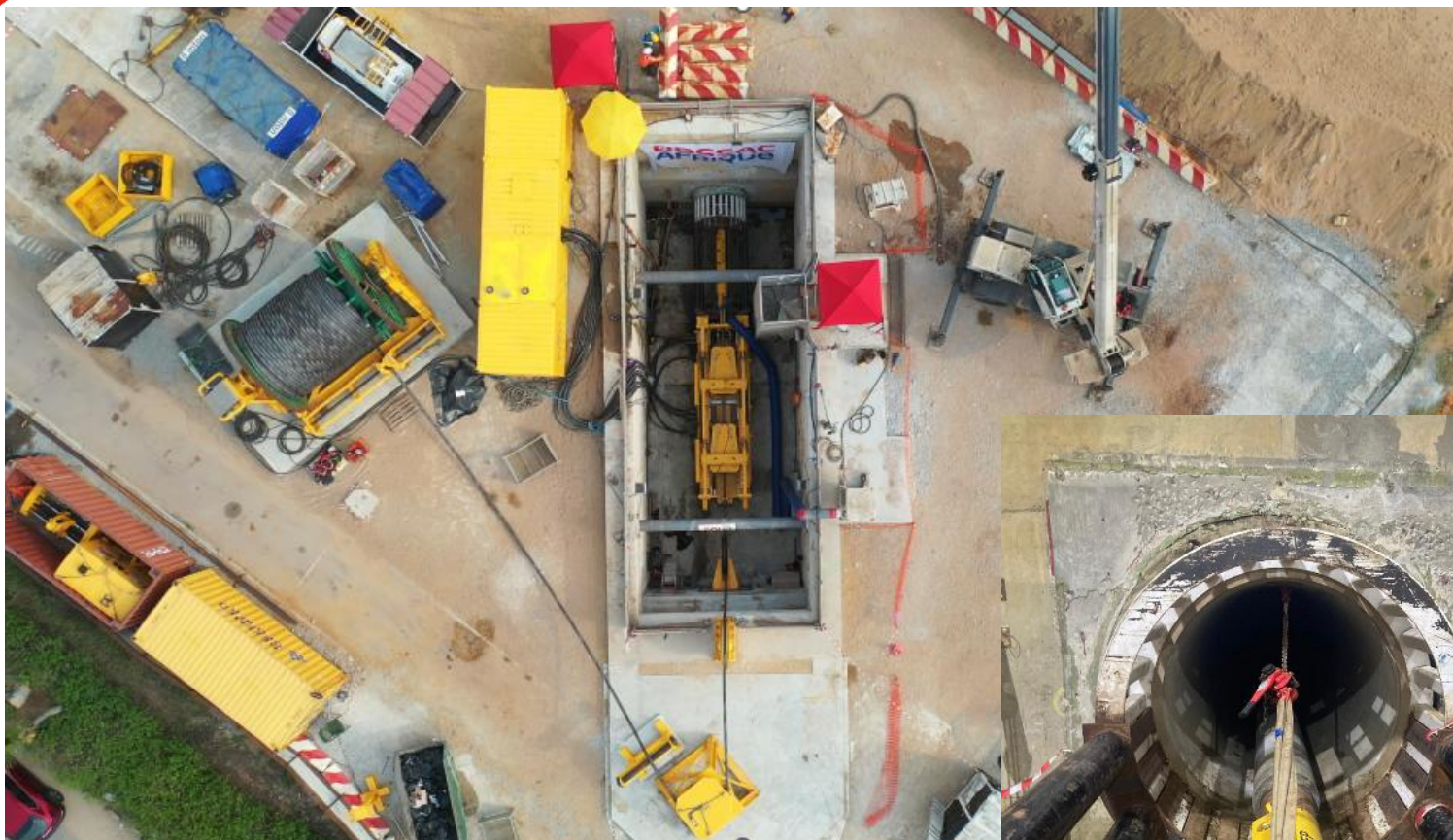
ENI – Baleine Emisario gas pipeline

ABIDJAN (Costa de Marfil)



-  Microtunnel \varnothing 1600 mm
-  L : 330 m
-  1 pozo
-  Gas pipeline pulling

- Instalación de gasoducto dentro del microtúnel

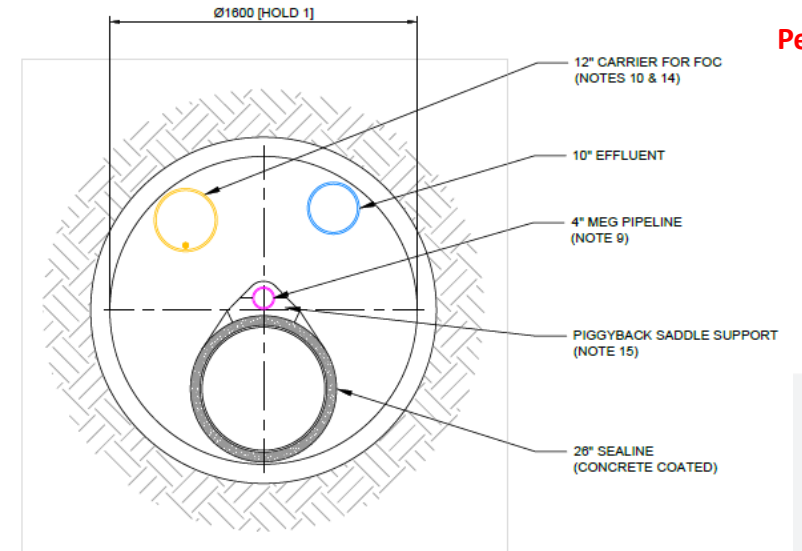


ANGOLA - SOYO

Quiluma

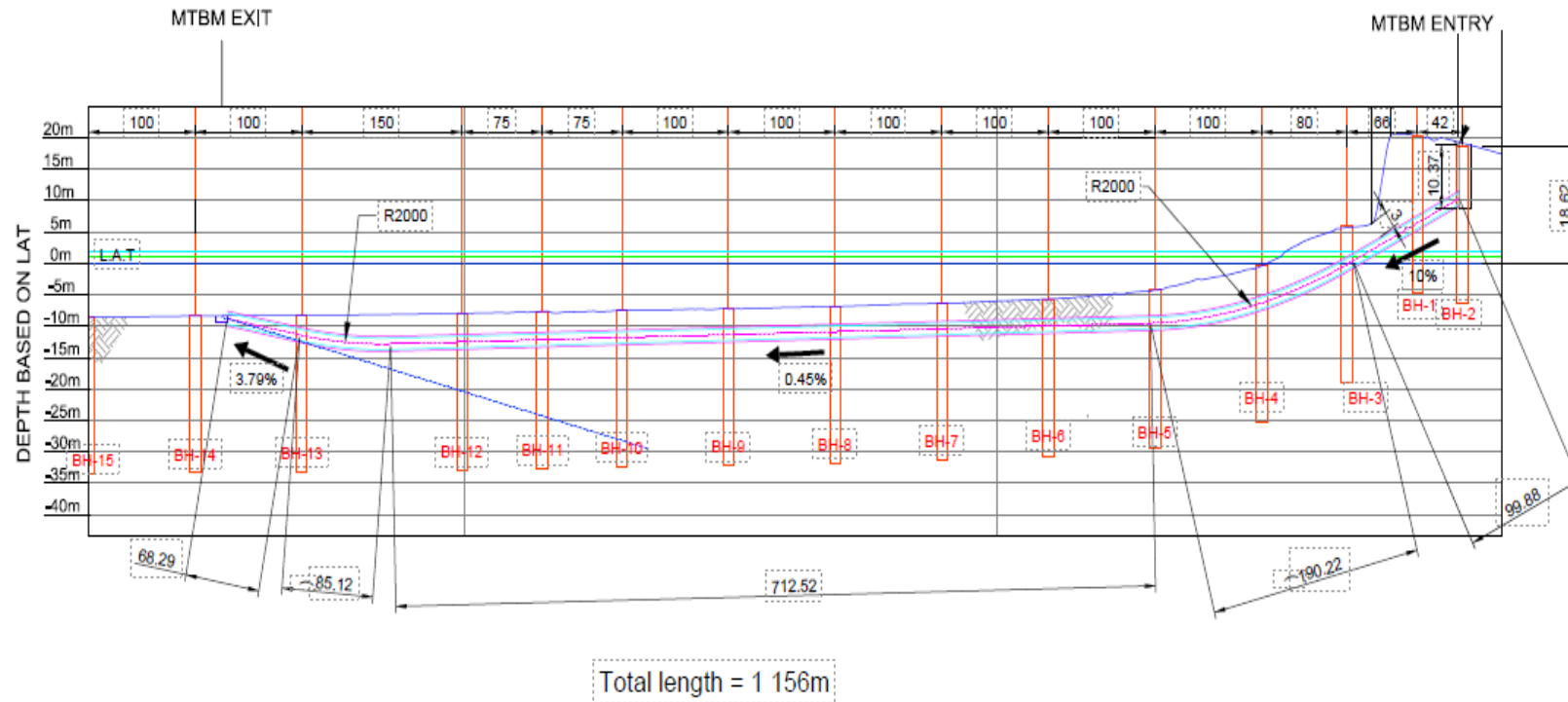


Petróleo y Gas



Emisario para oleoducto :

- 1160m (3,805') - Ø 1.8m (70") slurry MTBM
- 1 pozo
- HDPE Instalación de tubería en el interior del microtúnel



Túnel como galería técnica



INELFE – Conexión de alta tensión entre España y Francia

GOLFO DE VIZCAYA (Francia)

Diámetro: 2300mm
 Longitud: 4.2 km de microtúnel
 Pozos: 4 pozos
 Revestimiento: Tubería de concreto

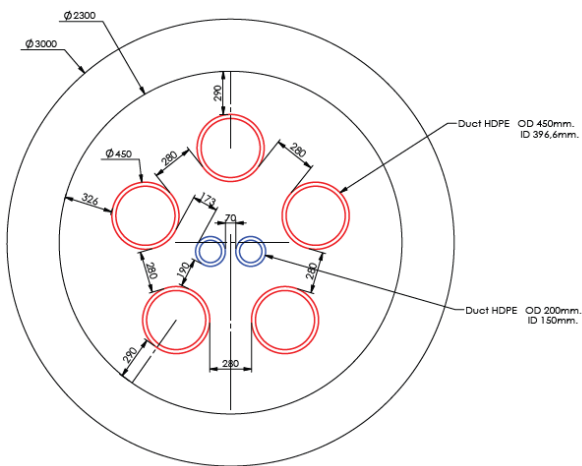
4 landfalls :

➤ 3 en Francia (MTBM) :

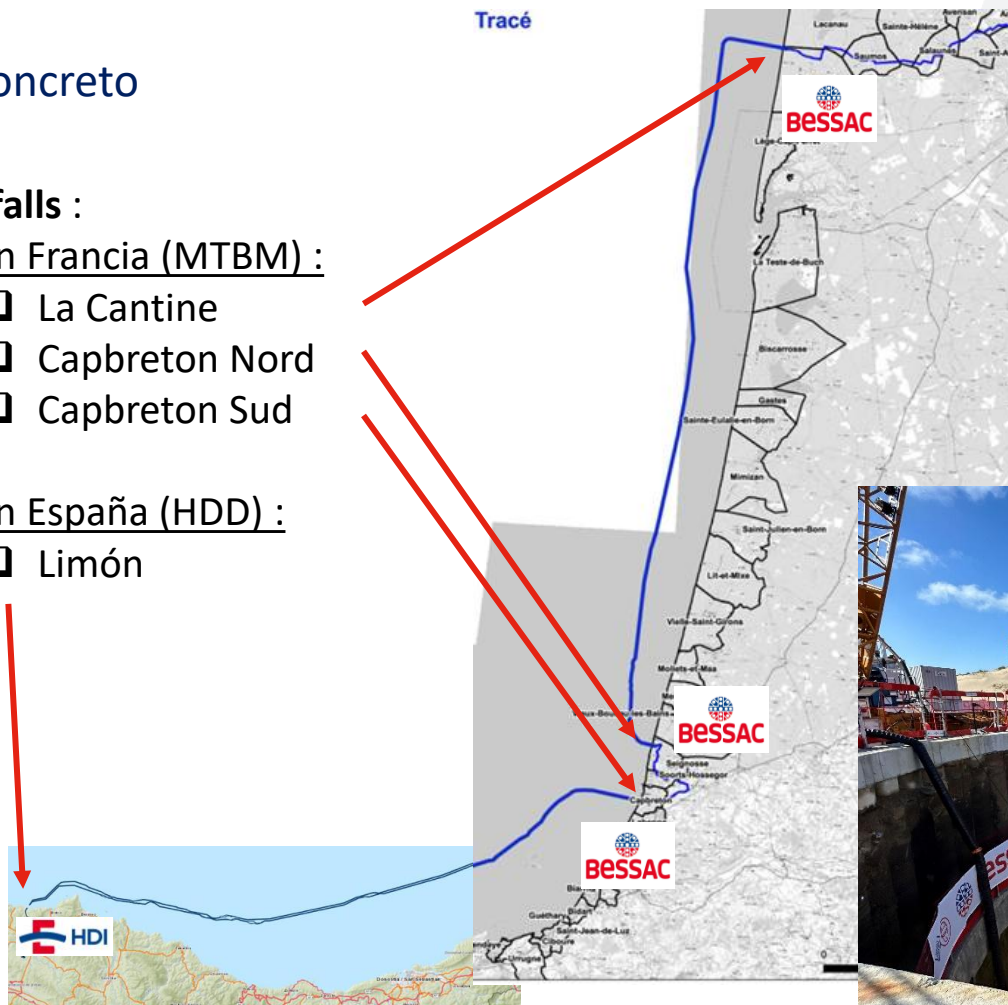
- ☐ La Cantine
- ☐ Capbreton Nord
- ☐ Capbreton Sud

➤ 1 en España (HDD) :

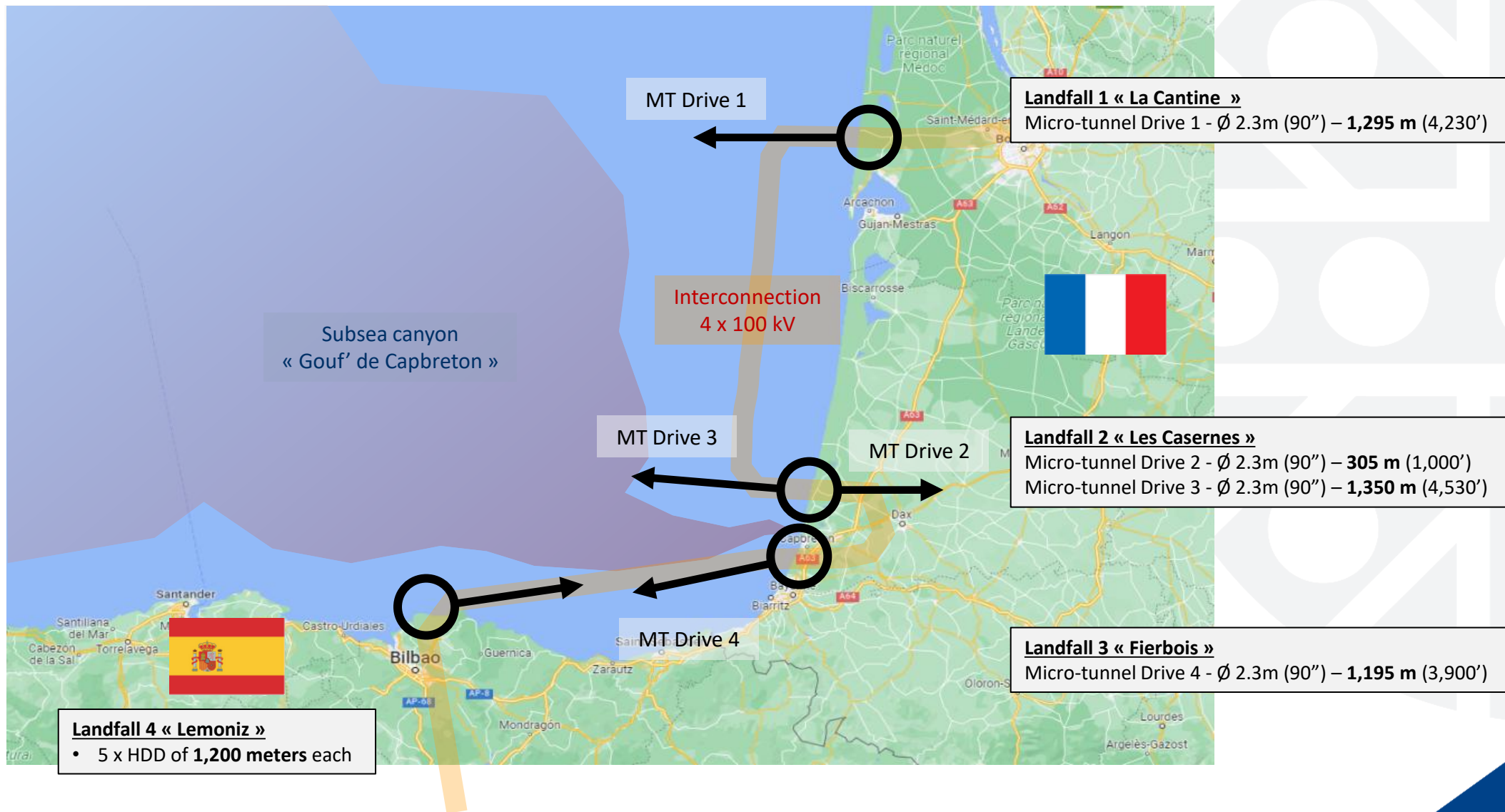
- ☐ Limón



Tracé



INELFE – Conexión de alta tensión entre España y Francia

















Plantas de Desalinización



CHILE - ANTOFAGASTA – MINA ESCONDIDA

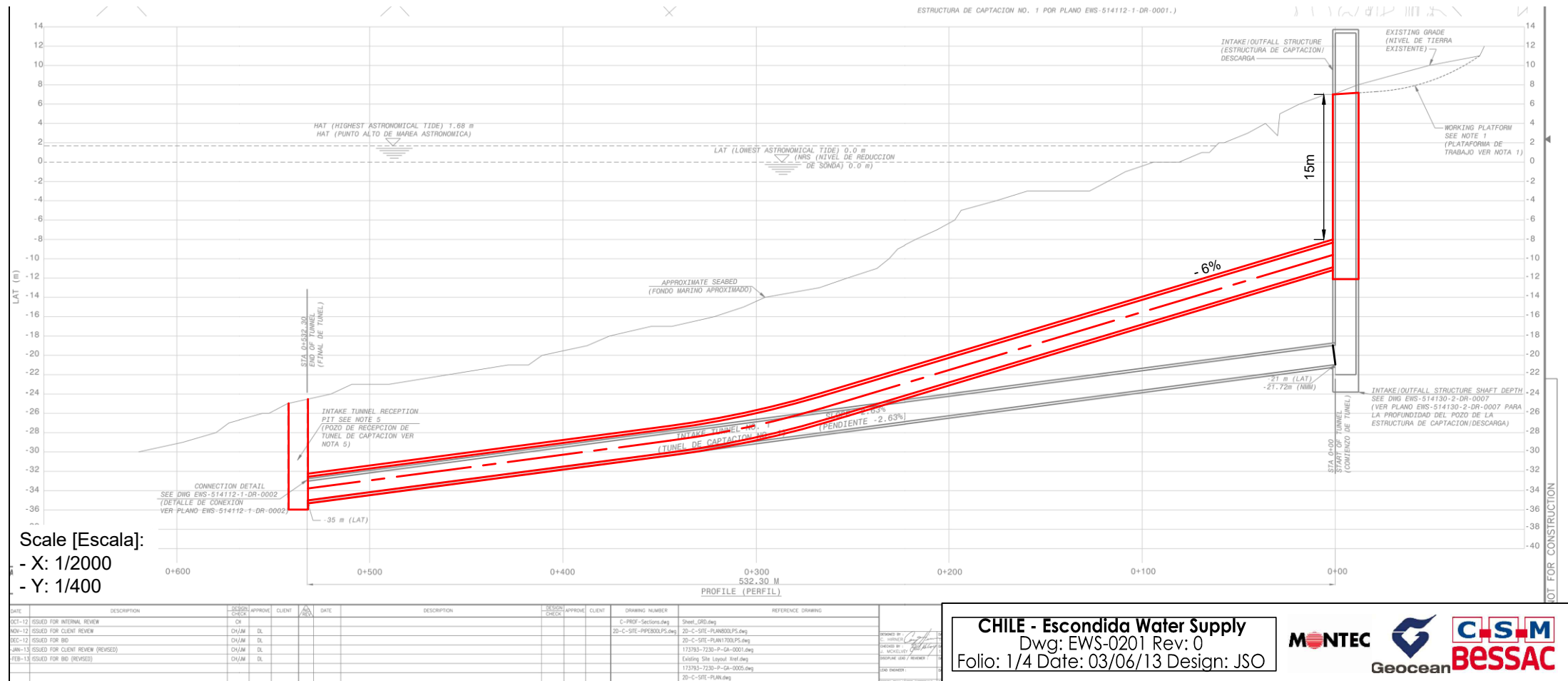
- 2 tomas de agua de mar y 1 emisario de salmuera para desalinización
- 1380m (2 x 530m + 320m) (4,530') - Ø 2m (78")
- 1 pozo interior + 3 pozos marinos



Perfil del túnel :

Pendiente maxi 6%

Profundidad en el punto de recuperación del mar : 35 m



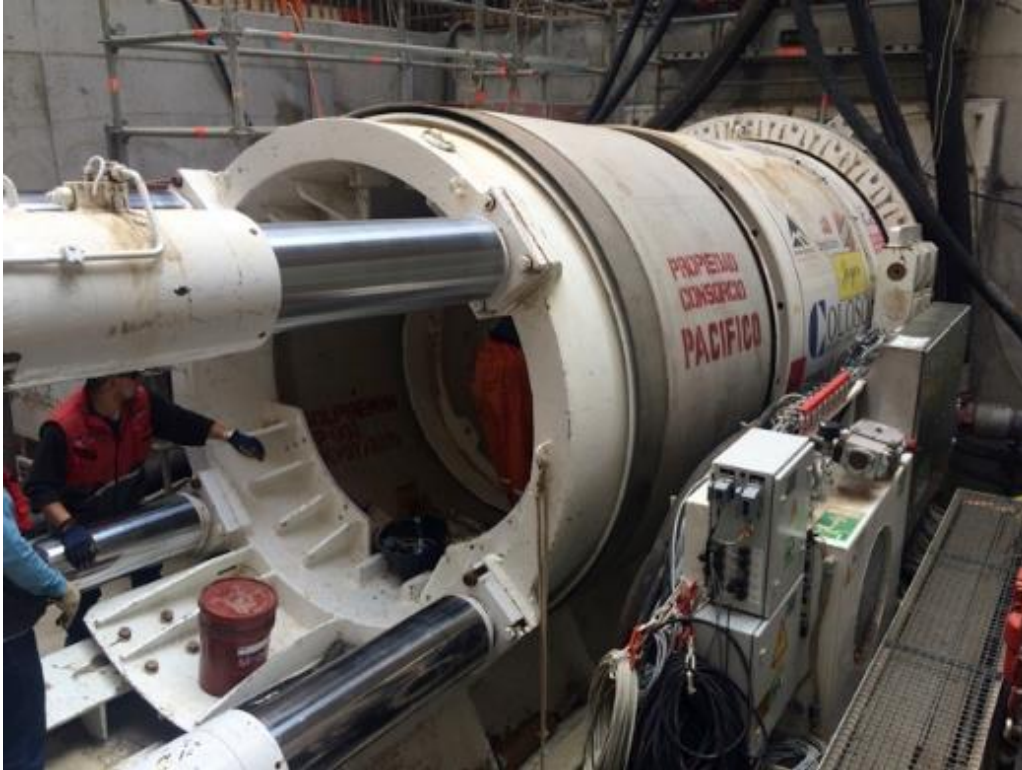
Bajada y puesta en marcha del MTBM



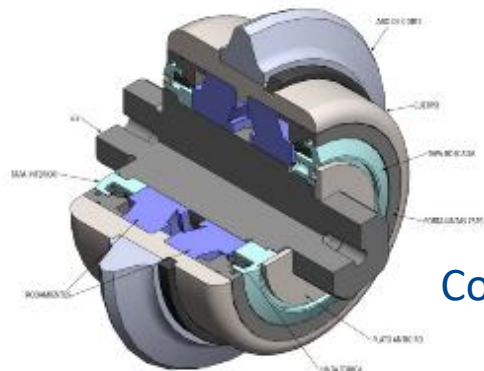
Geología:

Roca (Granito + diorita) - UCS: 29 000 PSI (200 Mpa)

Altura de agua: hasta 110' (35 metros)



Estación Principal de Empuje

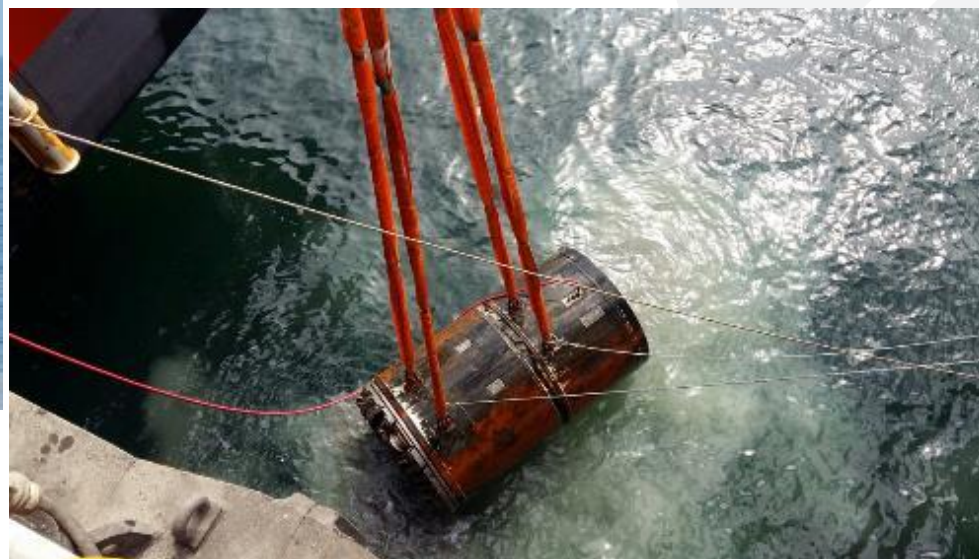


Cortadores con compensación de presión



Acceso a la cámara bajo presión de aire para inspeccionar / cambiar los cortadores

Recuperación en el mar

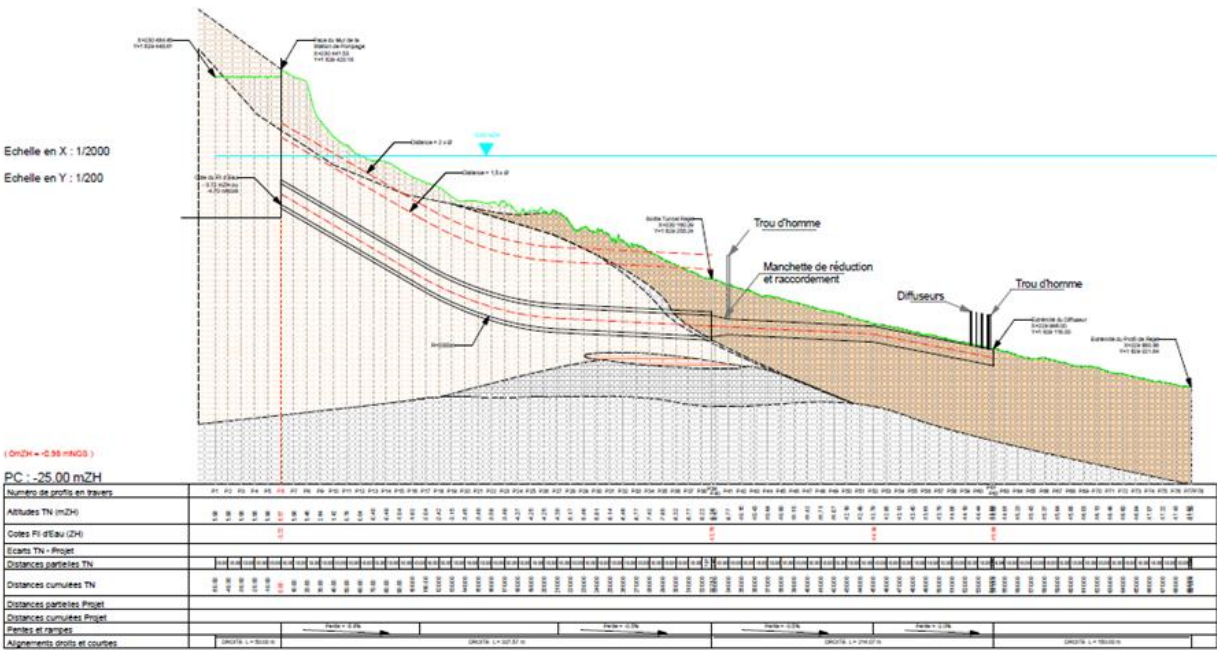


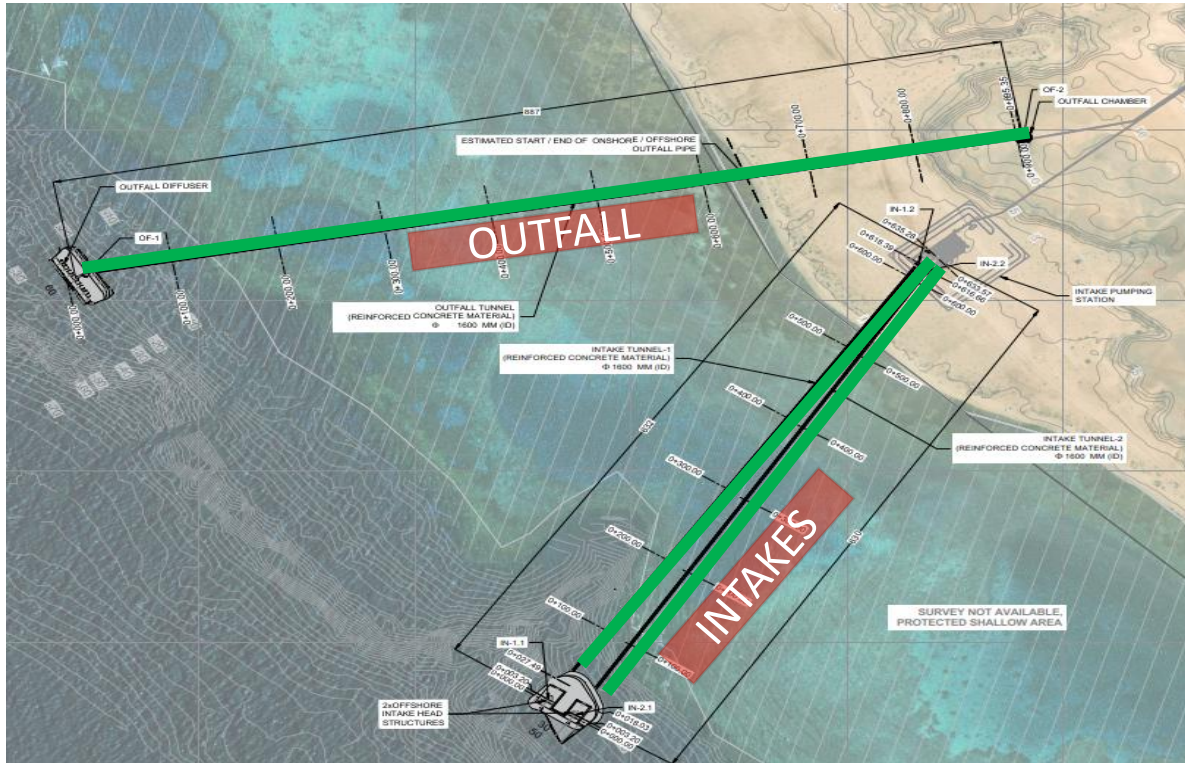
Planta Desaladora MAMELLES – Inmisario y Emisario



Water & Sewer

🇲🇷 Microtúnel de 2 x 350 m Ø 1,60 m





Planta de Desalinización:

- 3 Microtúneles :
 - Tomas : 2 x 560m (1,840') Ø 1600 mm (60")
 - Emisario: 880m (2,890') Ø 1600 mm (60")

- 3 Pozos

Israel – Planta desalinizadora de Hadera

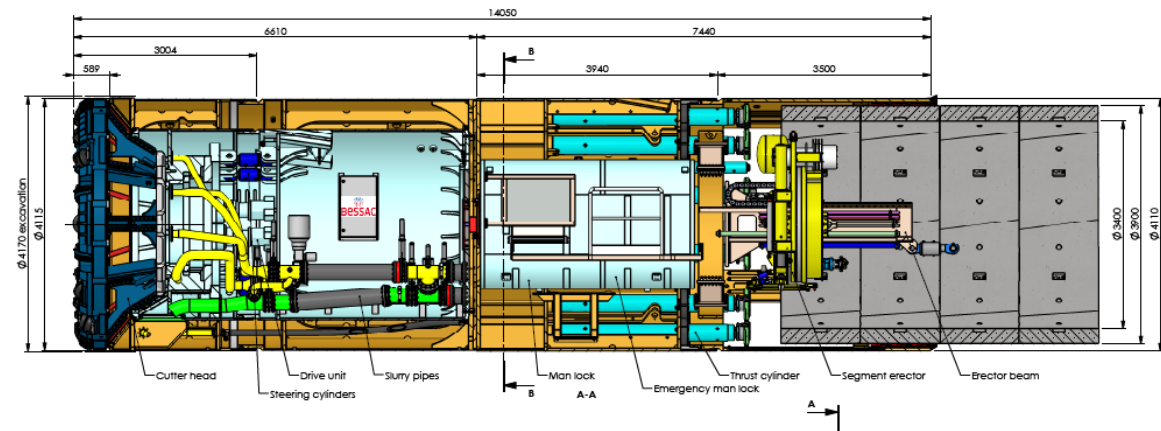
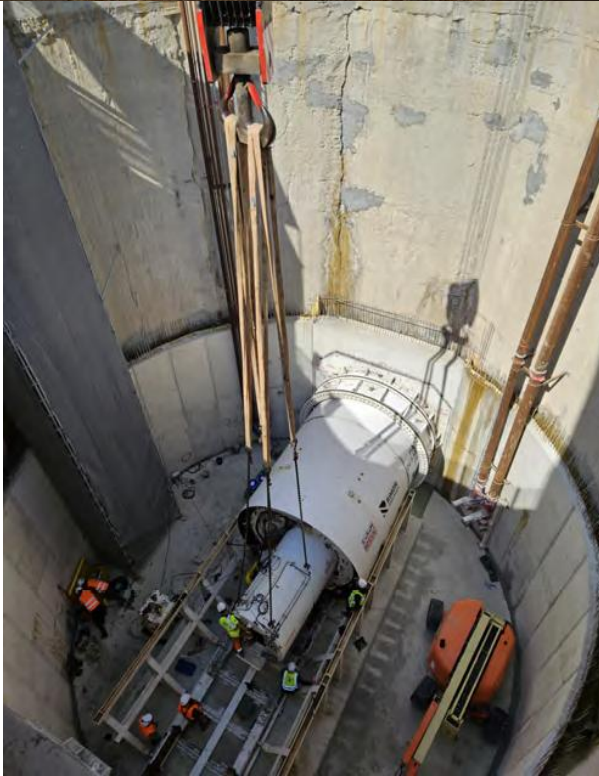
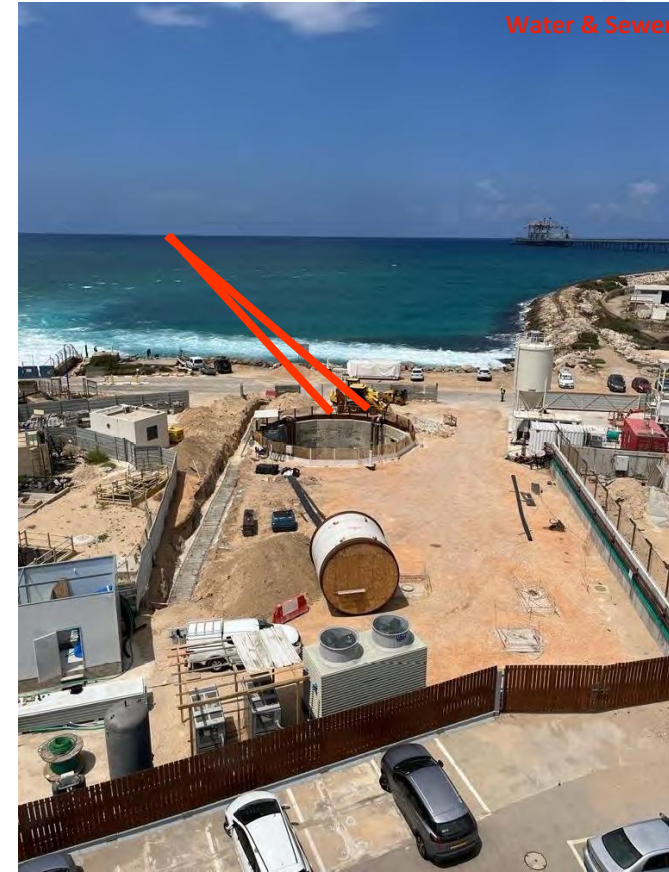


Water & Sewer

HADERA (Israel)



- 🇮🇱 Túnel de 2,030 m
- 🇮🇱 Ø 3,40 m
- 🇮🇱 Tuneladora de lodos



Israel – Planta desalinizadora de Hadera



Water & Sewer



Aplicaciones para descargas marinas

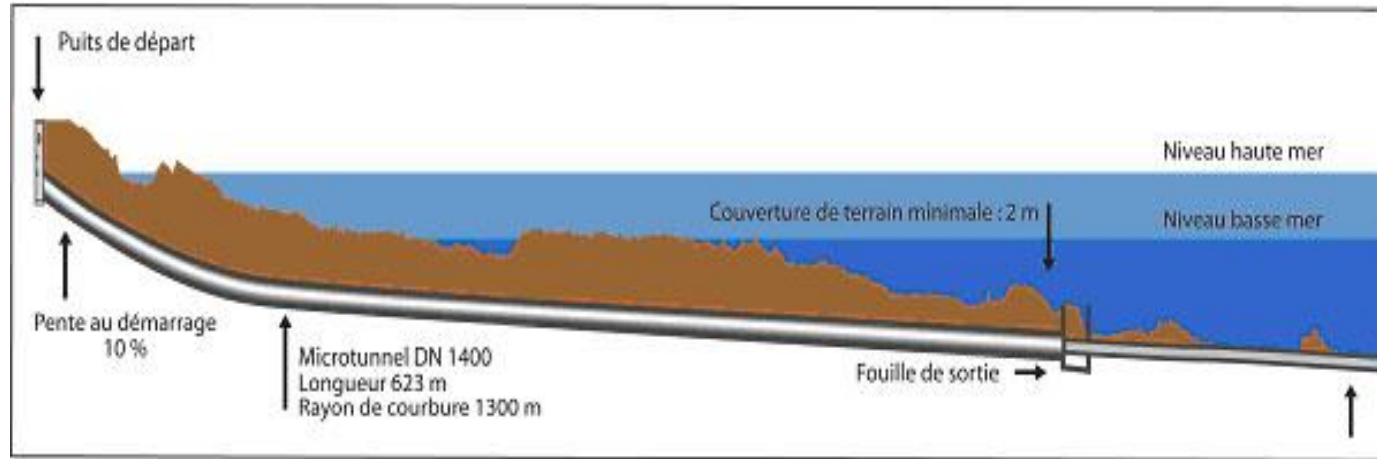




Water & Sewer

Sables d'Olonne

Emisario marino de aguas residuales



🇫🇷 Diámetro : 1,40 m

🇫🇷 L : 623 m



SABLES D'OLONNE (Francia)

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

- 580m (1,900') - Ø 1.6m (63") Slurry MTBM
- 1 shaft



MARUECOS - RABAT

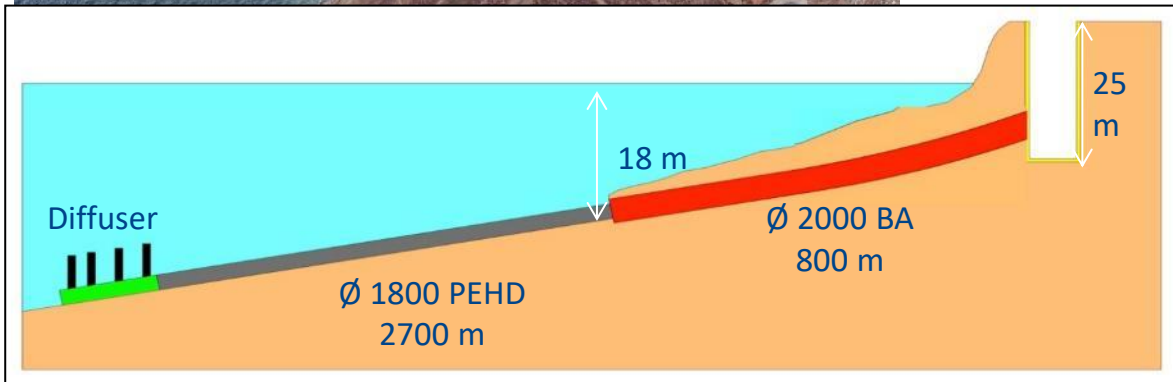
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)



Water & Sewer



- 🇲🇦 L: 800m
- 🇲🇦 Ø 2m Slurry MTBM
- 🇲🇦 1 Pozo



CASABLANCA (Morocco) – 2013 / 2014

Emisario marino de aguas residuales



Diámetro: 2100mm
Longitud: 1100m
Geología: Arena, esquisto, arenisca
Resaltar: Intervenciones hiperbáricas, longitud








Water & Sewer

REDAL – Emisario de aguas residuales



SAL (Marruecos)



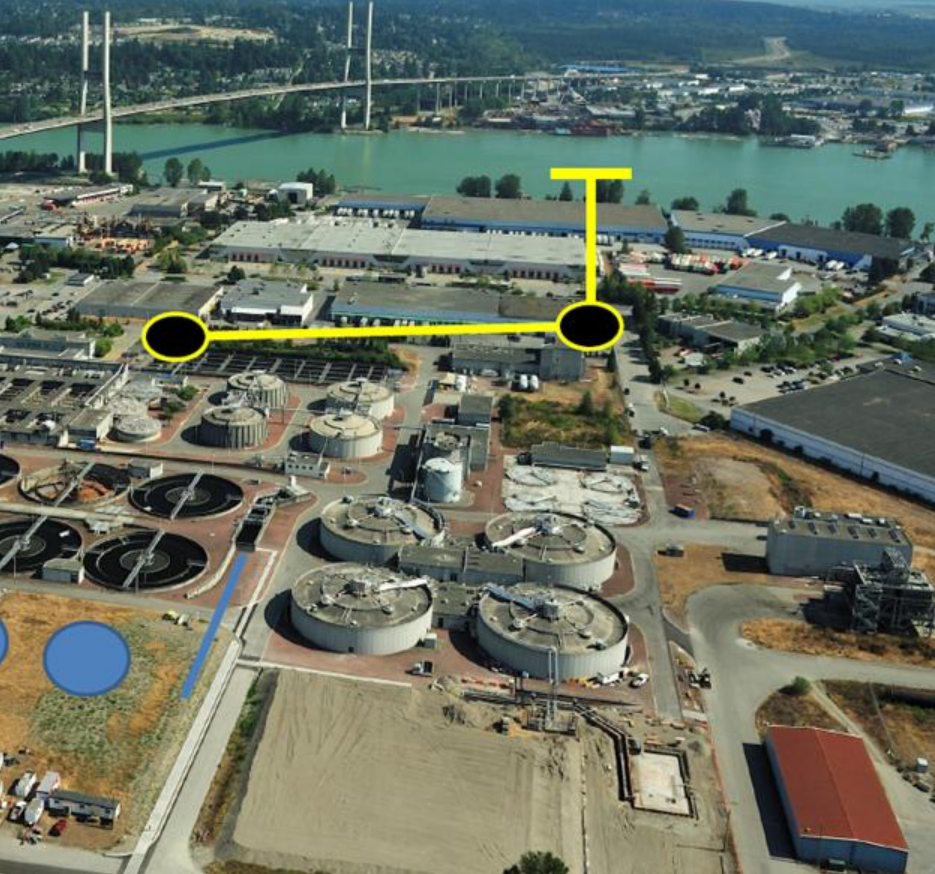
-  Microtunnel Ø 1900 mm
-  L : 800 m
-  1 Pozo

CANADA - VANCOUVER

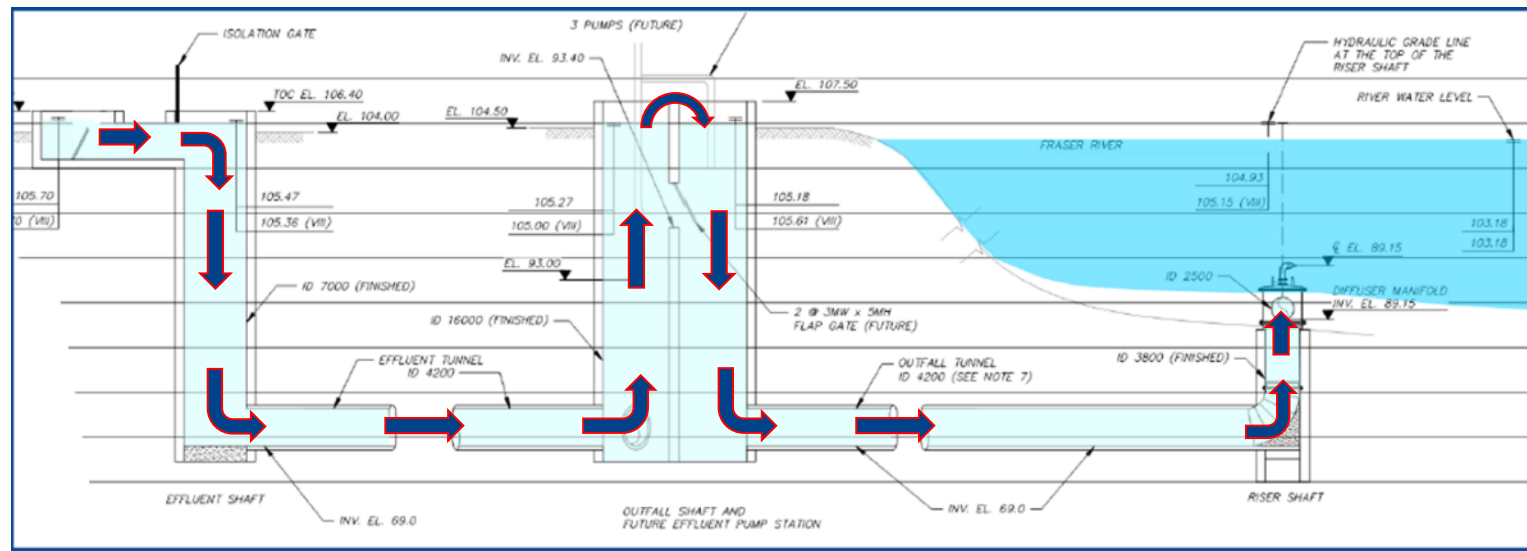
ANNACIS OUTFALL



Water & Sewer



- 800m
- Ø 4.20m Slurry TBM
- 2 Pozos
- 1 Emisor del río
- 1 Difusor de río



Aplicaciones Nucleares



FLAMANVILLE – FRANCIA

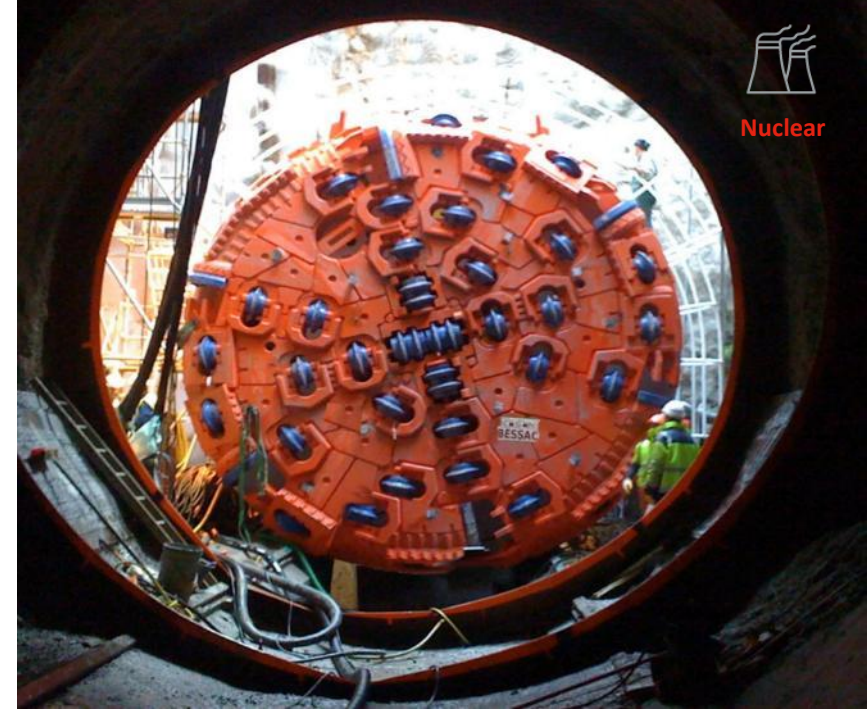
EDF - CENTRAL NUCLEAR



Nuclear



- 900m (2,950")
- Ø 5m (16.4') Slurry TBM
- 1 Pozo
- Túnel ciego



5 YEARS
1975 | 2025
BESSAC



TÚNELES & MICROTÚNELES



www.bessac.com.mx
Raymundo GONZÁLEZ
raymundo.gonzalez@bessac.com

+52 55 4499 6738
+52 55 5241 7250 ext. 253

Z.I. de la Pointe
31790 Saint Jory - France
Tél. : +33 5 61 37 63 63
Email : bessac@bessac.com

www.bessac.com