

Túnel Kennedy | Programa Santiago Centro Oriente 2 | Chile | COSTANERA NORTE



Subterra

Excelencia en
Ingeniería de Túneles

2020

Energía / Minería / Transporte



www.youtube.com/subterraIng



www.es.linkedin.com/in/subterra/



@Subterra_Ing

(C) Copyright Subterra Ingeniería
Todos los derechos reservados. Enero 2020.



1. Información Corporativa

1.1. Introducción

1.2. Misión, visión, valores

1.3. Medios humanos

1.4. Medios técnicos

1.5. Calidad y gestión medioambiental

1.6. Presencia en organismos



Mina Las Cruces | España | COBRE LAS CRUCES



Túnel T2. Autopista E-65 | Grecia | OBRAS SUBTERRÁNEAS

1.1. Introducción

SUBTERRA de capital privado, una empresa de consultoría e ingeniería. Nuestros proyectos se basan en el análisis riguroso del problema, proponiendo soluciones técnicas, que reducen los costes de obra, en las máximas condiciones de seguridad, respeto al medio ambiente, y compromiso con la comunidad. La empresa está certificada en los sistemas de gestión ISO 9001 e ISO 14001, la UNE 166002 y OSHAS 18001.

Desde su nacimiento **SUBTERRA** ofrece servicios tanto en la fase de diseño como durante la construcción. Como ingeniería de diseño, sus servicios abarcan la toma de datos en terreno y su interpretación, sofisticados cálculos del sostenimiento y del revestimiento, diseño funcional y de instalaciones de seguridad; y todo ello aplicado a las fases de factibilidad, ingeniería básica, ingeniería de valor e ingeniería de detalle. En la fase de construcción, sus servicios se extienden al seguimiento geotécnico y durante la construcción operación.

En la actualidad el **Grupo SUBTERRA** está formado por las empresas:

- SUBTERRA Ingeniería Ltda en Chile,
- SUBTERRA Ingeniería SAS en Colombia,
- SUBTERRA Ingeniería SL en España,
- SUBTERRA India Engineering Pvt. Ltd, y
- SUBTERRA Ingeniería SAC en el Perú;

que a efectos funcionales operan como una única empresa, organizando sus recursos humanos y sus medios, para ofrecer el servicio óptimo según el proyecto y fase del mismo de que se trate.

SUBTERRA cuenta con sedes permanentes en Delhi, Lima, Madrid, Medellín y Santiago; así como varias oficinas de obra; habiendo desarrollado proyectos durante 2019 en quince países. Todas las oficinas están equipadas con software especializado, tal como FLAC 2D y 3D, UDEC, PFC, EXAMINE 2D y 3D, FAGUS, STEPS, SOLVENT, SAP2000, entre otros.

El staff de **SUBTERRA**, con técnicos de nueve países, está formado por un equipo multidisciplinar, del que el 81 % son egresados universitarios que aúnan una experiencia de más de 30 años, con juventud y empuje.

SUBTERRA se ha consolidado a nivel mundial como una de las principales empresas de ingeniería especializadas en el ámbito de las obras subterráneas.

1.2. Misión, Visión, Valores



Visión

Ser el referente del sector de la ingeniería geotécnica y de túneles y espacios subterráneos en Iberoamérica y la India.

Misión

Prestar servicios de ingeniería geotécnica y de espacios subterráneos basados en el análisis riguroso del problema, proponiendo soluciones técnicas que reduzcan los costes de obra en las máximas condiciones de seguridad, respeto al medio ambiente, y compromiso con la comunidad.

Valores

- **Excelencia:** a través de la calidad y de la mejora continua. Aportar soluciones óptimas desde el punto de vista técnico, ambiental y la seguridad.
- **Innovación:** aplicando soluciones tecnológicamente avanzadas, aprendidas a través de la investigación aplicada, compartidas con la comunidad técnica. **Compromiso:** con el éxito y seguridad del cliente. Sus problemas son nuestros desafíos y nuestras soluciones su éxito.
- **Compromiso social:** con la comunidad para mejorar el bienestar de las personas donde estemos presentes.
- **Motivación:** nuestro equipo, el mejor capital a su servicio, tiene pasión por la tierra y aprende de sus errores y de sus aciertos. Creemos en lo que hacemos.
- **Integridad:** nuestra honestidad e independencia son garantía de éxito de nuestras soluciones técnicas.

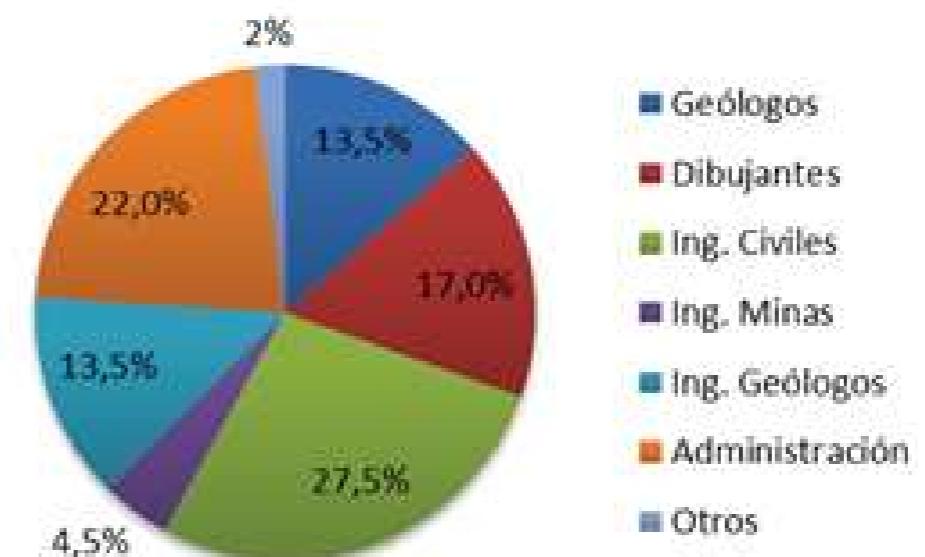
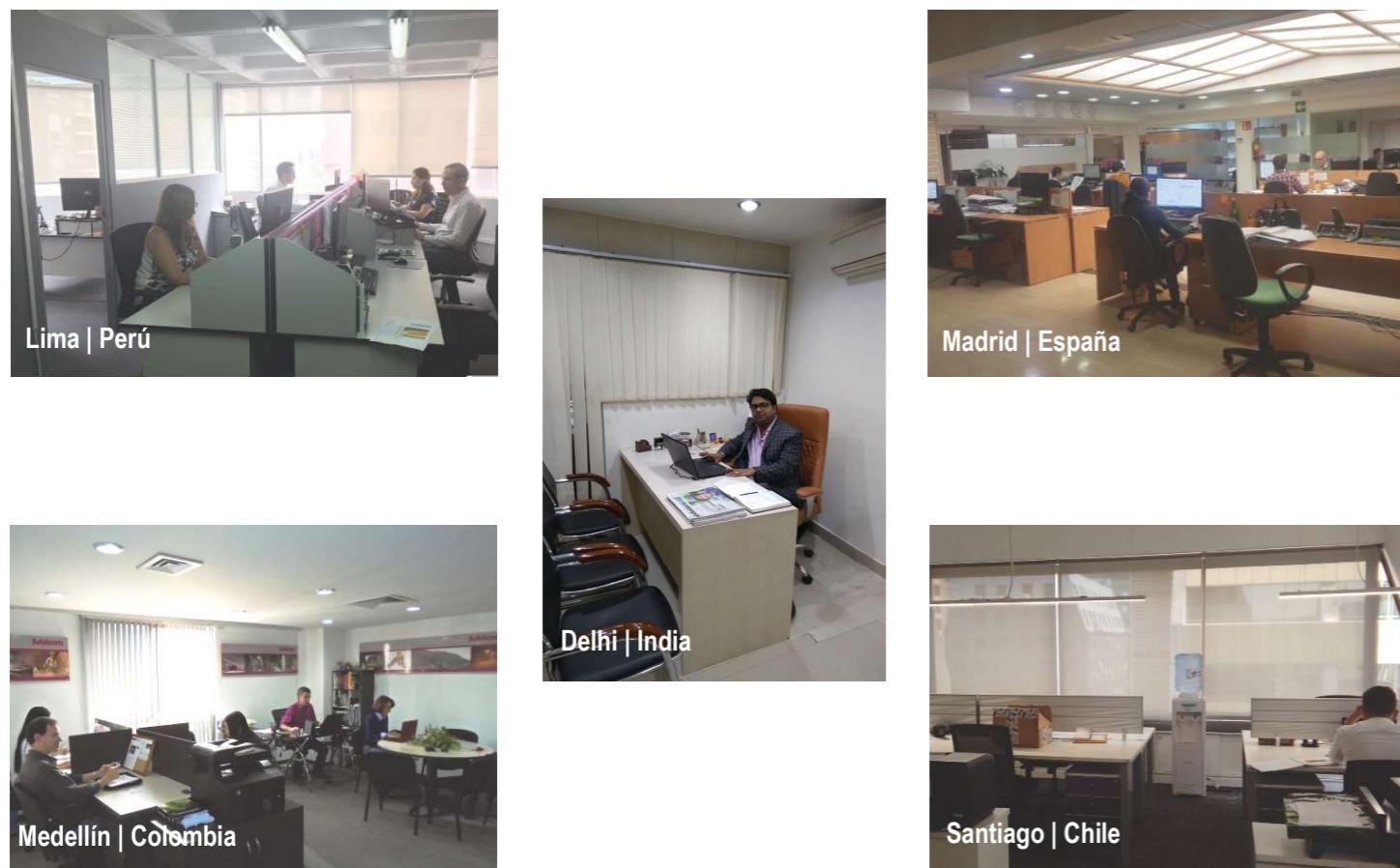


1.3. Medios Humanos

SUBTERRA posee una **organización ágil** que permite ofrecer un servicio de alta calidad. Para ello disponemos de un **equipo humano multidisciplinario** altamente **cualificado**, formado por técnicos de nueve países (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Guatemala, España, India, Perú y Venezuela).

Dentro de SUBTERRA se considera fundamental la **formación** de nuestros profesionales. Para ello se tiene elaborado un sistema de formación continua tanto interna como externa. Consideramos prioritario facilitar a su equipo los medios técnicos más innovadores para exigirles compromiso de profesionalidad con nuestros clientes

En SUBTERRA Ingeniería se trabaja en pos de la **igualdad** en el trabajo, lo que hace que el 40% de nuestra plantilla esté formado por mujeres altamente cualificadas.

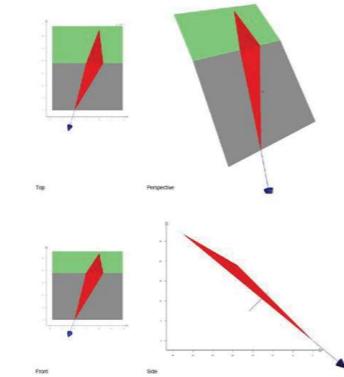


1.4. Medios Técnicos

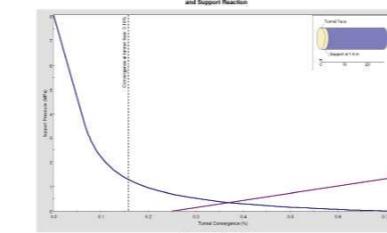
Tenemos oficinas permanentes de Santiago (Chile), Medellín (Colombia), Madrid (España), Delhi (India) y Lima (Perú), todas ellas equipadas con software técnico avanzado que permite ofrecer soluciones innovadoras:



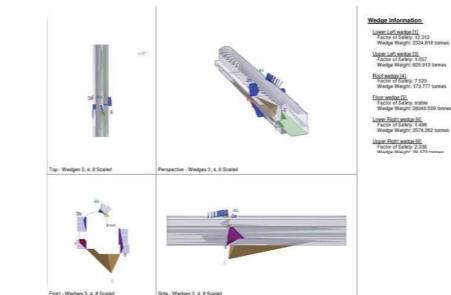
SLIDE V.6.0



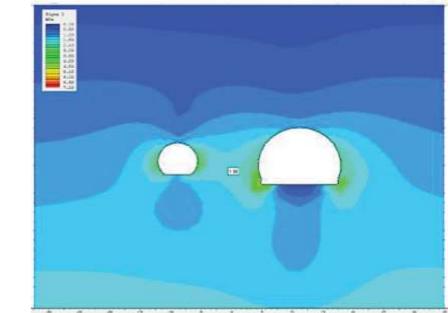
SWEDGE V.5.012



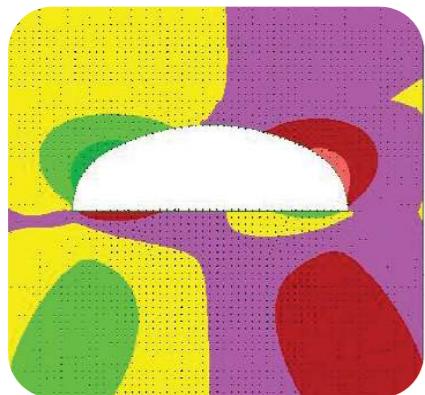
ROCSUPPORT V.3.0



UNWEDGE V.3.0



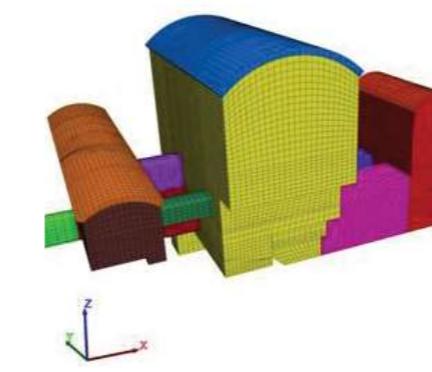
EXAMINE 2D V.7.0



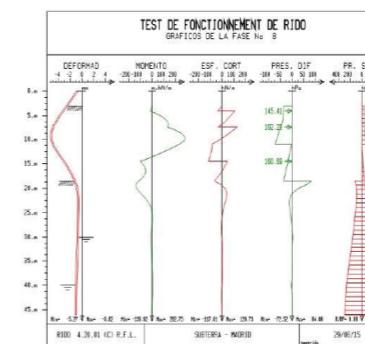
FLAC V.6.0



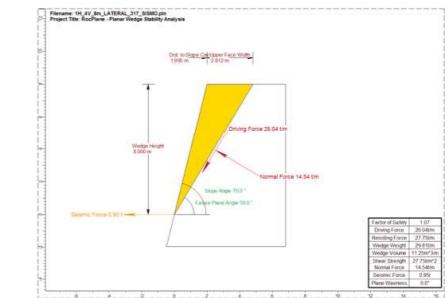
EXAMINE 3D V 4.0



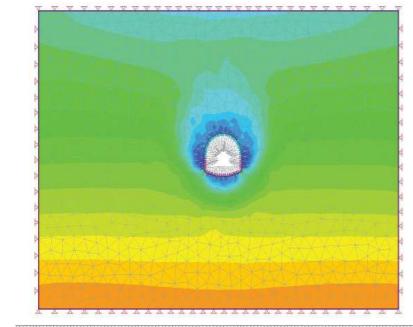
FLAC 3D V.5.0



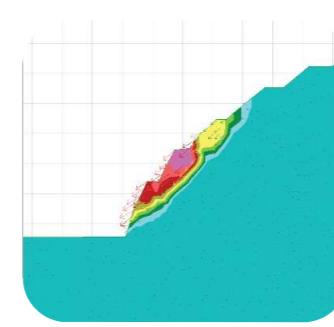
RIDO V:4.20.01



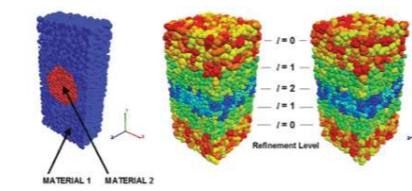
ROCPLANE V.6.0



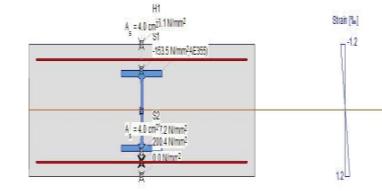
PHASE 2 V.8.0



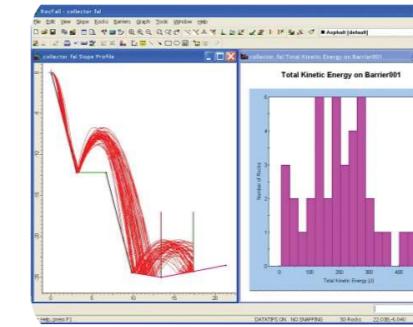
UDEC V.5.0



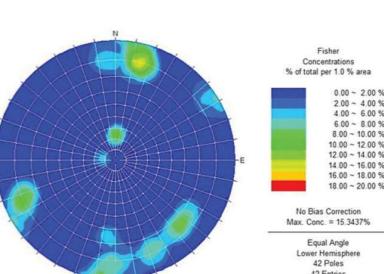
PFC2D V.4.0



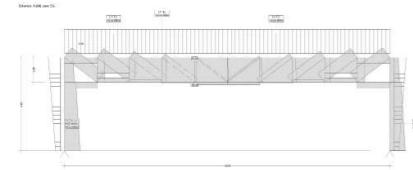
FAGUS V 6.0



ROCFALL V.4.0



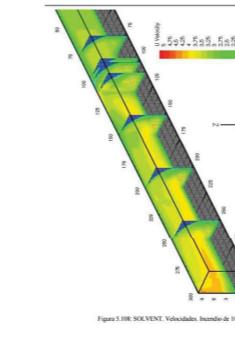
DIPS V.5.1



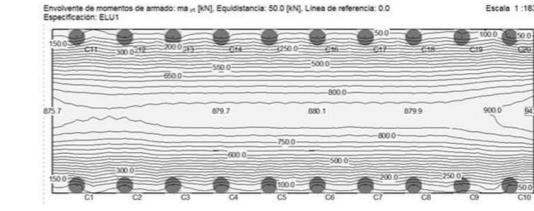
STATIK V. 6.0



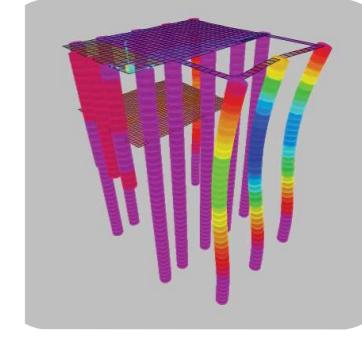
STEPS V 5.3



SOLVENT V IV



CEDRUS V 6.0



SAP2000

1.5. Calidad y Gestión Medioambiental



SUBTERRA INGENIERÍA está Certificada en los Sistemas de Gestión según UNE-EN-ISO 9001:2015, UNE-EN-ISO 14001:2015 y UNE 166002 Sistemas de Gestión de I+D+i desde 2011 (a partir de 2018 por la Certificadora Bureau Veritas) y OSHAS 18001 en Chile.

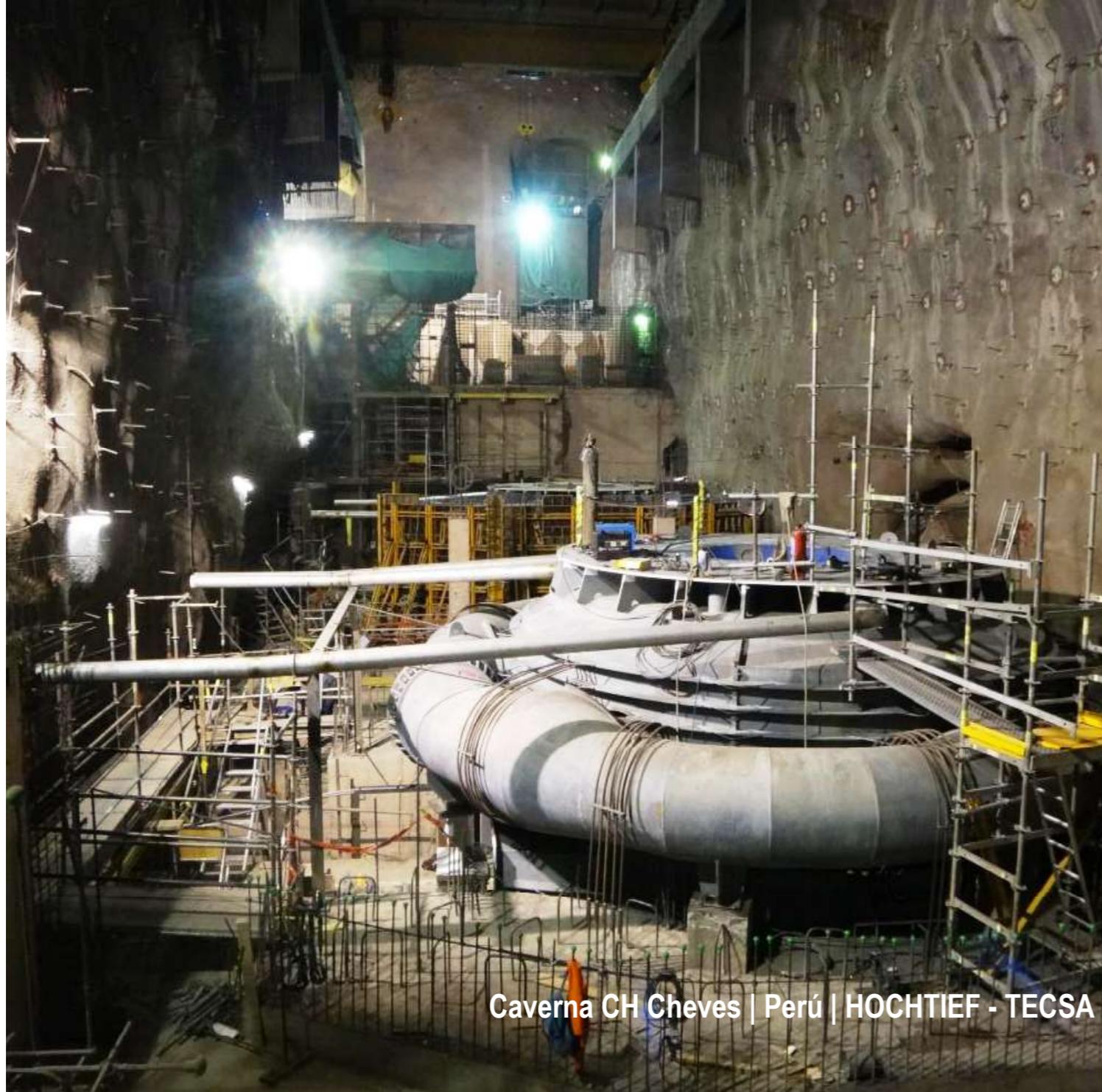
Este propósito responde a nuestro fuerte compromiso para ofrecer a nuestros clientes la máxima CALIDAD en nuestros proyectos, fomentando entre nuestro equipo el respeto y la responsabilidad con el MEDIO AMBIENTE.

Así mismo manifestamos nuestro empeño en desarrollar nuestro trabajo en óptimas condiciones de Seguridad y Salud.

Por último disponemos de un sistema de gestión de proyectos de I+D+i, que tanta importancia posee para nosotros.

1.6. Presencia en organismos

SUBTERRA participa en las siguientes asociaciones:



- | **AETOS** (Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas)
- | **AIC** (Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G.)
- | **AMINER** (Asociación de Empresas Investigadoras, Extractoras, Transformadoras Minero-Metalúrgicas, Auxiliares y de Servicios)
- | **CTES** (Comité de Túneles y Espacios Subterráneos de Chile)
- | **SEMR** (Sociedad Española de Mecánica de Rocas)
- | **APTOS** (Asociación Peruana de Túneles y Obras Subterráneas)
- | **ACTOS** (Asociación Colombiana de Túneles y Obras Subterráneas)
- | **PTTP** (Plataforma Tecnológica de Túneles)
- | **EURACOAL** (European Association for Coal and Lignite)
- | **TECNIBERIA** (Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos)
- | **PTES** (Plataforma Tecnológica Española de Construcción)

Sus miembros pertenecen o han pertenecido a los siguientes organismos:

- | **AENOR**: Comité CTN 103 "Geotecnia".
- | **COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN CETN TG 341 WG5**: Geotecnia.
- | **ASTM**: Comité D18.02.07. Ensayos de presiometría y dilatometría.
- | **COMISIÓN EUROPEA**: Coal Advisory Group (TGC1-DGXII)
- | **CORDIS (Comm. Research and Development Information Services)**: FP7.

SUBTERRA cuenta con personal afiliado a los siguientes Colegios Profesionales:

- | **CHILE**: Colegio de Ingenieros de Chile A.G.
- | **COLOMBIA**: Consejo Profesional Nacional de Ingeniería
Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos
Sociedad Colombiana de Ingenieros
- | **ESPAÑA**: Colegio Oficial de Ingenieros de Minas
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos
- | **PERÚ**: Colegio de Ingenieros del Perú

Líderes del sector de consultoría de Túneles en Latinoamérica



2. Áreas de actividad

2.1. Servicios profesionales

2.2. Actividad de I+D+i

2.3. Instalaciones de seguridad

2.4. Diagnóstico y rehabilitación de túneles



Túnel de Vivaceta | Programa Santiago Centro Oriente 1 | Chile | COSTANERA NORTE

Excelencia en Ingeniería de Túneles

Carreteras

Ferrocarriles

Metropolitanos

Obras Hidráulicas

Obras Hidroeléctricas

Minería



Túnel de Lo Saldes | Chile | COSTANERA NORTE

Espacios subterráneos

- Estudio y Diseño de Túneles
- Análisis de Procesos Constructivos
- Tuneladoras (TBM)
- Diseño del Sostenimiento y Revestimiento
- Estudios de Subsistencia
- Portales
- Túneles Falsos
- Cavernas y Pozos
- Asesoría Geotécnica durante la Construcción
- Programas de Monitoreo
- Diagnóstico y Rehabilitación de Túneles
- Instalaciones de Seguridad (Ventilación, Iluminación, etc)

Minería

- Modelamiento Geológico 3D
- Evaluación de Recursos y Reservas
- Estudios de Factibilidad Minera
- Diseño de Explotaciones a Cielo Abierto
- Rehabilitación de Espacios Mineros
- Diseño de Explotaciones Subterráneas
- Cierre y Desmantelamiento de Minas
- Estudio de Botaderos y Relaves
- Estudios de Infraestructura Minera Subterránea (Galerías, Pozos y Cavernas)

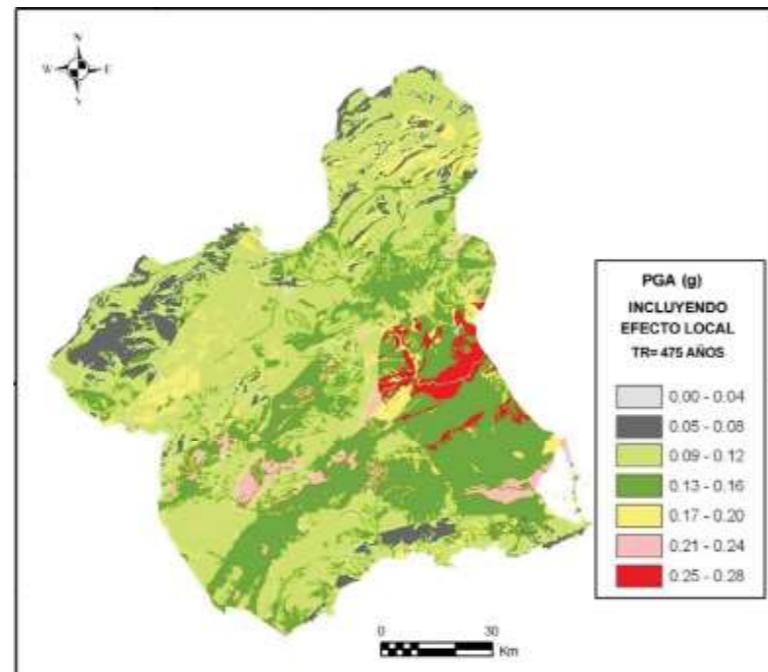
Geotecnia

- Estudios de Peligrosidad y de Riesgo Geológico
- Estudios Hidrogeológicos
- Mecánica de Rocas y Suelos

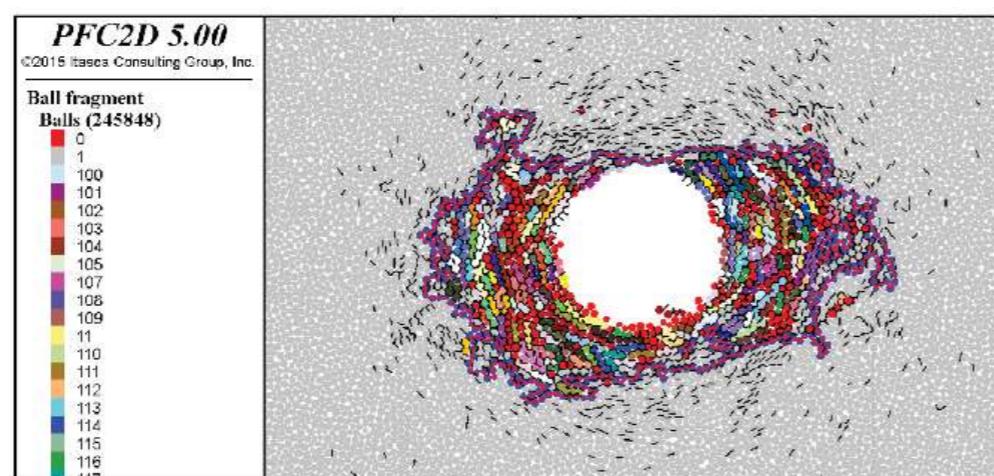
- Estudio de Taludes de Desmonte
- Estudio de Terraplenes, Pedraplenes y Botaderos
- Estudios de Excavabilidad
- Estudios para Agregados (Canteras, Préstamos y Graveras)

2.1. Servicios Profesionales

2.2. Actividad de I+D+i



Mapa de aceleraciones sísmicas | MODELRISK



Efecto térmico en un sondeo de gasificación | COGAR

La investigación aplicada nos permite ofrecer a nuestros clientes técnicas y medios a la vanguardia de la ingeniería del terreno, optimizando nuestros diseños y capacitándolos para resolver los problemas más complejos.

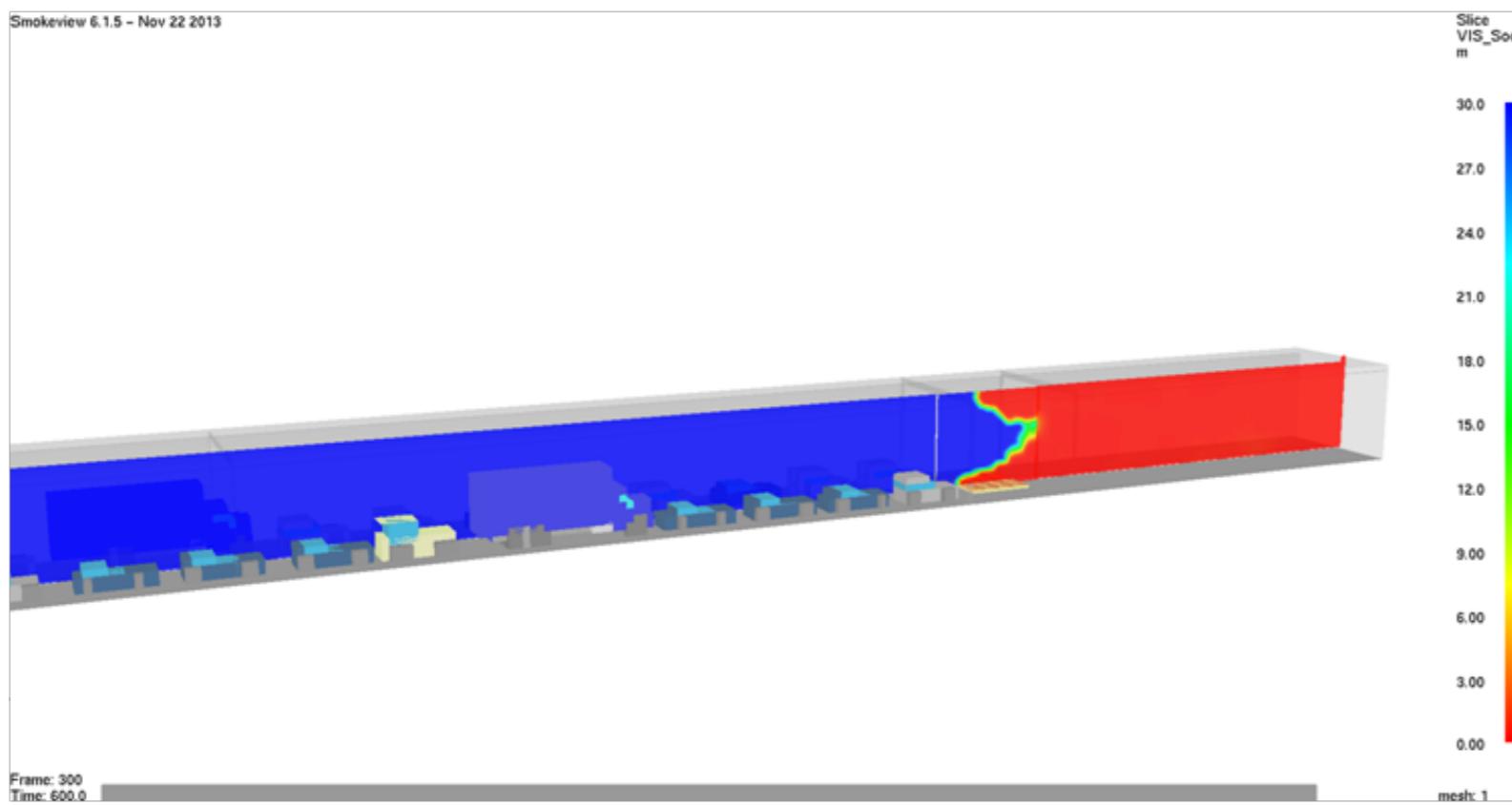
Como se ha señalado con anterioridad, disponemos de un sistema acreditado UNE 166002 para la gestión de proyectos I+D+i. Durante el pasado obtuvimos el sello de PYME innovadora.

En el pasado hemos colaborado y desarrollado los siguientes proyectos:

- Herramienta avanzada para la estandarización en la evaluación y gestión de Riesgos Naturales basada en Cartografía Cuantitativa. "MODELISK". SUB-PROGRAMA INNPACTO 2010-2014. Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Underground Coal Gasification in operating mine and areas of high vulnerability (COGAR). RFC-PR-12005 – (2013-2016). Comisión Europea. DG XII.
- Smarter Lignite Open Pit Engineering Solutions (SLOPES). RFCR-CT-2015-00001 – (2015-2018). Comisión Europea. DG XII.
- Investigación para la mejora competitiva del ciclo de perforación y voladura en minería y obras subterráneas mediante la concepción de nuevas técnicas de ingeniería, explosivos, prototipos y herramientas avanzadas (TUÑEL). 2015-2018. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).
- Metodología avanzada basada en zonificación sísmica para evaluar y manejar la sismicidad en obras subterráneas (SYOS). 2017-2019. CONCYTEC.

En la actualidad participamos en los siguientes proyectos:

- **A Human-centred Internet of Things Platform for the Sustainable Digital Mine of the Future (DIG).** 2020-2024. RFCS.
- **MINRESCUE.** 2020-2024. RFCS.
- **Herramienta para la predicción de comportamiento del conjunto macizo-túnel mediante la gestión e interpretación de información geológica geotécnica de proyectos subterráneos (KNOWTUNNEL).** 2017 - 2019. CDTI.
- **Risk Assessment of Final pits during Flooding (RAFF).** 2019 - 2022. RFCS.
- **The impact of EXtreme weather events on MINing operations (TEXMIN).** 2019 - 2022. RFCS.



Simulación de la visibilidad en un túnel tras alcanzar el régimen estacionario.

2.3. Instalaciones de seguridad

Dentro de la ingeniería de los túneles y los espacios subterráneos, es imprescindible disponer de modernos sistemas de instalaciones que posibiliten su funcionalidad en las máximas condiciones de seguridad.

A este respecto tanto la normativa internacional, como las diferentes normativas nacionales, cada vez son más exigentes en cuanto a los sistemas de seguridad de un túnel incluyendo la explotación de los túneles tanto en condiciones normales como, sobre todo, en caso de un incendio. Ello implica disponer de adecuados:

- Concepto de seguridad.
- Sistema de Ventilación.
- Sistema de detección y contra incendios.
- Iluminación.
- Sistemas electromecánicos.

Para atender esta demanda SUBTERRA ofrece los siguientes servicios:

- **Proyecto de instalaciones de seguridad:** incluyendo la ventilación, iluminación, y resto de instalaciones electromecánicas necesarias.
- **Manual de explotación,** de los túneles atendiendo a su funcionalidad e incluyendo plan de operaciones normales, plan de emergencia y plan de mantenimiento.
- **Ánalysis de riesgos,** ante diversos escenarios tipificados en la normativa para casos de accidente e incendio.

Túnel	País	Función	Tipología		Tráfico	Longitud (m)	Nivel de Estudio	Año
Américo Vespucio Oriente	Chile	Vial	Monotubo	3 pistas	Unidireccional	8.360	Proyecto Constructivo	2014-16
Américo Vespucio Oriente 2	Chile	Vial	Bitubo	3 pistas	Unidireccional	5.200	Proyecto Constructivo	2018-19
Aeropuerto Guayaquil	Ecuador	Vial	Bitubo	2 pistas	Unidireccional	3.270	Proyecto Constructivo	2016
Os Campos	España	FFCC	Monotubo	2 vias	Bidireccional	2.795	Proyecto Básico	2011
O Galo	España	FFCC	Monotubo	2 vias	Bidireccional	4.705	Proyecto Básico	2011
Barro	España	FFCC	Monotubo	2 vias	Bidireccional	7.792	Proyecto Básico	2011
La Aldea	España	Vial	Bitubo	2 pistas	Unidireccional	3.100	Manual de Explotación	2017
Tramo 4 FFCC Gran Canaria	España	FFCC	Monotubo	2 vias	Bidireccional	6.430	Proyecto Constructivo	2018
Xaltepec	México	Vial	Monotubo	4 pistas	Bidireccional	302	Proyecto Constructivo	2009-10

Principales referencias de proyectos de instalaciones de seguridad.

2.4. Diagnóstico y rehabilitación de túneles

SUBTERRA ofrece un servicio de inspección, diagnóstico y rehabilitación de túneles, ya construidos, basado en su experiencia en el análisis de la interacción entre el terreno, gobernado por sus parámetros mecánicos y las características del sostenimiento revestimiento aplicado al túnel.

Inspección de Túneles

SUBTERRA realiza minuciosos levantamientos de las patologías visibles y del terreno situado inmediatamente detrás de la estructura de un túnel, que reflejan su estado actual, adecuando la metodología de trabajo y herramientas a emplear en función de las peculiaridades de cada túnel.

Fruto de esta inspección se dispone de un diagnóstico certero del túnel y del estado de su estructura entendiendo esta como el conjunto sostenimiento - revestimiento. Como resultado se emite un informe del estado del túnel, jerarquizando las acciones futuras necesarias.

Proyectos de Rehabilitación Estructural de Túneles

La inspección y el diagnóstico del estado de un túnel es la base de partida para la ejecución de los trabajos de ingeniería de detalle necesarios para redactar un proyecto de rehabilitación estructural del mismo.

La rehabilitación del túnel se efectúa al objeto de conseguir la adecuación del mismo a su nueva funcionalidad (cambio de gálibo, etc) o simplemente para rehabilitar la estructura del túnel. Para este último aspecto es necesario llevar a cabo sofisticados análisis retrospectivos que reproduzcan las patologías que se observan, empleando para ello software especiales que permiten cálculos numéricos tenso-deformacionales. Posteriormente la bondad y eficacia de las medidas de rehabilitación propuestas son analizadas empleando para ello las mismas herramientas.

Programas de Mantención de Túneles

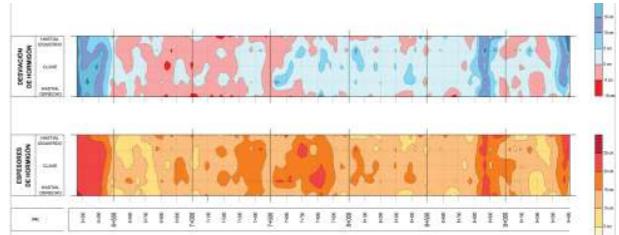
Muchas veces se puede convivir con las patologías existentes en un túnel pero sin embargo, se hace necesario un control y seguimiento de las mismas.

Por ello, un tercer servicio en el ámbito de la inspección y rehabilitación de túneles, es la ejecución de programas de mantenimiento basados en la inspección y diagnóstico de un túnel, empleando para ello técnicas de auscultación y monitoreo que permiten conocer a tiempo real el estado y evolución de un túnel, adoptando con anticipación suficiente, las medidas necesarias.

Principales Referencias

2010

- Inspección de los túneles del Canal de Jabarrella (Huesca, España)
- Proyecto de rehabilitación del túnel ferroviario de Son Sureda (Baleares, España)



Isolíneas de espesor de hormigón proyectado. Túnel de La Aldea, España

2011-12

- Inspección, proyecto de rehabilitación y asesoría durante las obras del túnel Portillo de la CH La Confluencia (VI Región, Chile)

2012

- Proyecto de rehabilitación de los túneles ferroviarios de la Variante de Llanes (Túneles de Altares y El Bolao) (Asturias, España)

2013

- Inspección de los túneles ferroviarios de Forcadilla, Sierra Pequeña y El Molino (Orense, España)

2013-14

- Inspección y proyecto de rehabilitación del túnel de aducción de la CH Pizarras (Cajamarca, Perú)

2015

- Inspección del estado del sostenimiento del Túnel 1 de la autopista Agaete-La Aldea. Análisis del revestimiento y drenaje del túnel. (Gran Canaria, España)



Rehabilitación CH La Confluencia, Chile

2016

- Definición de las soluciones de estabilización de los túneles de San Lorenzo y Belabieta en la A-15 Autopista de Navarra-Gipuzkoa. (Guipúzcoa, España)

2016-17

- Inspección del sostenimiento del túnel de desvío del río Asana. Mina Quellaveco (Perú)

2017

- Inspección y verificación de estado del túnel de la Faja 1, Estocadas y By Pass. Antamina (Perú)
- Asesoramiento especializado en túneles durante la construcción de los túneles del tramo Astigarraga-Irún (España)
- Servicio de inspección y verificación del estado del túnel de la CH Pangal (Chile)

2018

- Mantenimiento túnel terminal. Sistema aducción Colca-Sigüas (Perú)



San Lorenzo y Belabieta, España



3. Trabajos ejecutados

3.1. Proyectos Viales

3.2. Proyectos Ferroviarios

3.3. Proyectos Hidráulicos

3.4. Proyectos Hidroeléctricos

3.5. Proyectos Mineros

Túnel de la Quiebra. Concesión Vial del Nus | Colombia | MINCIVIL

Túnel de Albertia | España | ADIF



3.1. Proyectos viales

Desde su inicio SUBTERRA ha participado en el diseño y/o seguimiento durante la construcción de 49 túneles viales que suman 99,5 km de longitud, en 14 países.

Proyecto	Sección (m ²)	Longitud (m)	Año	País	Ingeniería de Diseño	Interventoría
Carretera Maitenes-Confluencia. Túneles T1, T2 y T3	75	447+989+3.361	2012-15	Chile	X	X
Costanera Norte. "Santiago Centro – Oriente 1". Túnel Vivaceta	92	580	2013-14	Chile		X
Costanera Norte. Túnel AVO bajo Kennedy	284	42	2013	Chile	X	
Costanera Norte. "Santiago Centro-Oriente 2". Túneles Kennedy, Costanera N-S y Lo Saldes	200	1.150	2013-17	Chile	X	X
	80	292	2013-17	Chile	X	X
	90	65	2013-17	Chile		X
Américo Vespucio Oriente. El Salto – Príncipe de Gales (AVO 1)	148	8.360	2014-20	Chile	X	X
Autopista Radial NO. Túnel Chamisero 2	80	2x1.590	2015-17	Chile	X	X
Eje Los Maitenes. Parque Negocios Enea	85	282	2016	Chile	X	
Américo Vespucio Oriente. Príncipe de Gales-Los Presidentes (AVO2)	120	2x5.200	2018-22	Chile	X	X
Concesión Vial del Nus. Túneles de La Quiebra	90	2x4.200	2018-19	Colombia		X
Corredor vial Pamplona-Cúcuta. Túnel de Pamplona y Pamplonita	93/120	1.390	2019	Colombia		X
Eix Diagonal. C15/C37. Túnel de Montconill	90	615	2010	España		X
Autopista Arequipa-La Joya. Túnel de La Joya	90	2x740	2014	Perú	X	
Accesos puerto de Chancay. Túnel de Chancay	75	2.300	2014-15	Perú	X	
Carretera Central. Túnel de Yanango	100	1.062	2014-16	Perú		X
Estudio de viabilidad y definitivo variante Emp. PE-022 km. 101 + 379 (Río Blanco) - Emp. PE-3S km. 21 + 918 (Huari), 70,480 km de vía y tres túneles proyectados	83,18	274	2019-20	Perú	X	
	83,18	207				
	91,25	3213				
Tramo 2 de IIRSA: Pte Ricardo Palma – La Oroya. Túnel Chacahuaro II	-	360	2016	Perú	X	
Interoceánica Sur. Túnel de Ollachea	80,55	1.025+891	2017-18	Perú	X	
Estudio de factibilidad carretera Santa - Huallanca	-	2.007	2018-19	Perú		X
Estudio definitivo proyecto de construcción de la vía de evitamiento La Oroya	113	1.200	2019	Perú	X	
Autopista Tharthri-Kilhotran. Túnel de Kahaljugasar	79	2x4.000	2018-19	India	X	
Carretera Monteagudo -Ipati. Túnel de Incahuasi	72	1230	2010-11	Bolivia	X	
Rodoanel Trecho Norte. Túnel 501	180	2x1.100	2014-16	Brasil		X
Autopista Guayaquil – Santa Elena. Túnel de Santa Elena	92	2x3.000	2014	Ecuador	X	
Túnel del Aeropuerto de Guayaquil	110	2x3.140	2016	Ecuador	X	
Carretera Amazoc-Veracruz. Túnel de Xalpetec	145	302	2009-10	México	X	
Libramiento Acapulco. Túnel María Bonita	210	495	2015	México	X	
Autopista Jala-Las Varas. Túneles de Las Truchas y Paso del Jaguar	190	240+235+120	2017-18	México		X
Autopista Atizapán-Atiacomulco. Túneles de Los Gallos y Cahuacán	215	210+115	2018-19	México		X
Autopista Jala-Las Varas. Túnel Guamúchil	144	1.080	2019-20	México		X

TÚNEL DE XALTEPEC (AUTOPISTA AMOZOC - VERACRUZ), México

El túnel de Xaltepec forma parte del Proyecto de la Autopista Amazoc – Veracruz.

Una de las cuestiones clave para hacer frente a la construcción del túnel Xaltepec es el diseño de la sección transversal, ya que debe abarcar cuatro carriles de 3,5 m de ancho y con un gálibo mínimo de 5,5 m de altura (desde el hastial).

Esta disposición tiene una anchura útil de 18 m, lo que equivale a una anchura de excavación de aproximadamente 19 m, que se puede considerar como una anchura excepcional, aunque hay algún precedente, es evidente que se trata de un túnel único en términos de su ancho de excavación y que significa que, independientemente de la calidad geomecánica del terreno, la construcción de este túnel será un hito importante.



CONSTRUCCIÓN TÚNEL DE YANANGO Y ACCESOS, Perú

La construcción del túnel de Yanango mejora las actuales carencias de la actual carretera Tarma-San Ramón en su cruce con la quebrada del río Yanango, resuelto actualmente mediante un puente colgante que admite el paso de vehículos ligeros y medianos, pero cuyo uso no está permitido para vehículos pesados, que deben usar un vado que ocasiona incomodidad, inseguridad y pérdida de tiempo a los usuarios.

El túnel, de 1.012 m de longitud y 96 m² de área útil, permite albergar tres carriles de circulación, dos de subida y uno de bajada, así como las bermas y aceras recogidas en la normativa. En su desarrollo, el túnel se divide en tres grandes bloques: túnel en suelo coluvial, situado en el portal de entrada, túnel bajo la quebrada en la zona intermedia y túnel en roca en el resto. Esta tramificación condiciona el soporte a emplear en cada caso. Así mismo, se contempla la ejecución, tanto en el portal de entrada como en el de salida, de sendos falsos túneles; siendo el del portal de salida, un medio túnel cuya sección se completa con la estructura.



PROYECTO SANTIAGO CENTRO - ORIENTE (KENNEDY, COSTANERA N-S, LO SALDES), Chile

El MOP dentro del Programa denominado “Santiago Centro - Oriente”, ha delegado a Costanera Norte la responsabilidad de su construcción. Subterra desarrollará el Proyecto Constructivo y la asesoría especializada de las siguientes obras:

- **Túnel Lo Saldes**, de 65 m de longitud y que, con 14.0 metros de anchura de excavación.
- **Túnel Costanera Norte – Costanera Sur**, de 292 m de longitud, con 10.0 metros de anchura alojará dos carriles de circulación vial.
- **Túnel Kennedy**: de 1150 metros de longitud entre la rotonda Perez Zujovic y Américo Vespucio. La sección alojará una plataforma para 4 carriles lo que conlleva anchuras de en torno a 20 metros y secciones de excavación de 200 m². La excavación se desarrollará siguiendo el NATM y mediante la partición de la sección en distintas fases.



3.2. Proyectos ferroviarios

SUBTERRA ha intervenido en el diseño y/o seguimiento durante la construcción de 28 túneles ferroviarios que suman 175 km de túnel de 6 países.

Proyecto	Sección (m ²)	Longitud (m)	Año	País	Ingeniería de Diseño	Interventoría
Asesoría especializada en tuneladoras Línea 7 de Metro	-	7.500	2019	Chile		X
Metro Santiago de Chile. Tramo B. Línea 7	-	10.400 (km)	2019	Chile		X
LAV Burgos-Vitoria. Burgos-Prádanos de Bureba. Túnel de Fresno de Rodilla	77	5.250	2009-10	España	X	
Tren Sur. San Miguel-Arona. Túnel 6	115	2.283	2010	España	X	
Eje Atlántico de Alta Velocidad. Tramo: Vigo-O Porriño	115/77	10.000	2010	España	X	
FFCC Manacor-Artá. Tramo Son Servera-Artá. Túnel de Son Sureda	40	80	2010	España	X	
LAV Bobadilla-Granada. Archidona-A. de la Negra. Túnel Archidona	138	1.053	2010	España		X
Tren de Gran Canaria. El Goro-Aeropuerto. Túnel de El Goro	105	2.000+4.300	2011-12	España	X	
Tren de Gran Canaria. Maspalomas-Maspalomas. Túnel Maspalomas	100	3.000	2011	España	X	
LAV Galicia. O Carballiño-O Irixo. Túneles 1, 2 y 3	78	2.400	2011	España	X	
	110	2.271			X	
	110	2.278			X	
LAV Galicia. Cerededo-Barro. Túneles de Os Campos, O Galo y Barro	110	2.795	2011	España	X	
	110	4.705			X	
	71	7.792			X	
LAV Asturias. Pola de Lena-Oviedo. Túnel de Pola de Lena	118	11.380	2012	España	X	
LAV Madrid-Galicia. Prado-Porto. Túnel de Prado	72	7.606	2012	España	X	
LAV Madrid-Galicia. Cerededelo-Prado. Túnel del Como	72	8.510	2011-16	España	X	X
Metro San Sebastián. Estación de La Concha	150	190	2016	España	X	
APD Tramo 2. Túneles 1, 1A2 y 2	75	600+800	2013	Argelia	X	
	75	18.900	2013-15	Argelia	X	
	52	3.680	2013-15	Argelia	X	
FFCC Obulavaripalle-Venkatachalam. Túnel de Chennai	52	980+6.780	2010	India	X	
Anteproyecto avanzado Metro de Dublin	-	2.339.23+8909	2019	Irlanda	X	
Línea 3 Metro de Guadalajara	120	4.500	2015-17	México	X	X
Ho Chi Minh City Urban Mass Rapid Transit Line 2	-	9.100	2018	Vietnam	X	

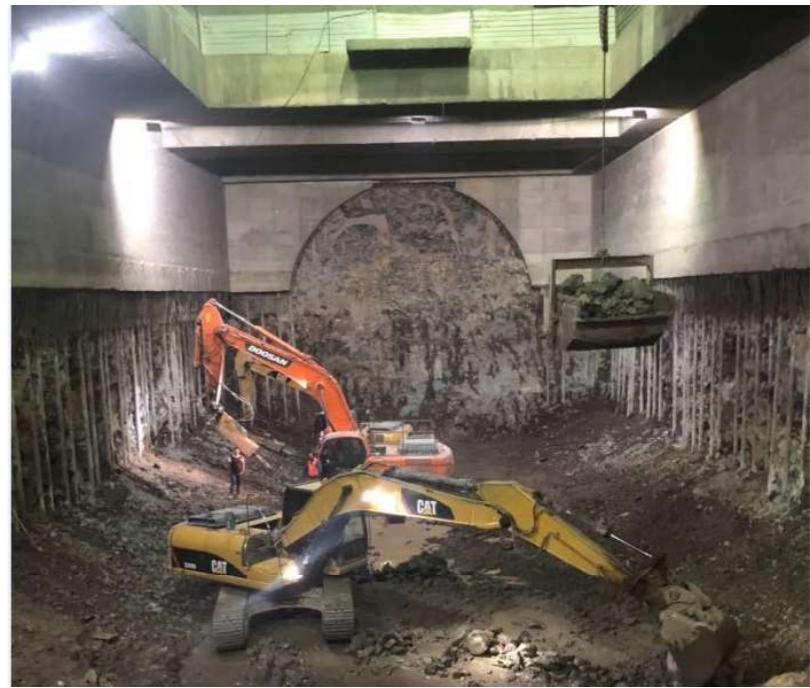
INGENIERIA DE DETALLE DE LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA 3 DEL METRO DE GUADALAJARA, México

La línea 3 del metro de Guadalajara tiene una longitud de 22 km y dispone de 18 estaciones, 13 de ellas elevadas y el resto subterráneas.

Subterra colabora con el Concorcio Túnel Guadalajara S.A.P.I. de CV en la elaboración de la ingeniería de detalle de las estaciones Bandera, Independencia, Normal, Catedral y Alcalde; de 90 m de largo y 20 m de ancho, ejecutadas al abrigo de muros pantalla recalzados con micropilotes.

El proyecto se ubica en la denominada Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) en el estado mexicano de Jalisco. El proyecto discurre de Noroeste a Sureste por la Zona Metropolitana de Guadalajara, entre Zapopan, el municipio de Guadalajara y Tlaquepaque.

El trazado tiene una longitud aproximada de 21.447 m y comprende un primer tramo aéreo de 8.715 m que contempla 7 estaciones elevadas y se desarrolla en su mayor parte en viaducto. Le sigue un tramo subterráneo de 5.337,83 m de longitud, que contempla cinco estaciones subterráneas y cuatro tramos de túnel entre ellas. Tras el tramo subterráneo se continua con un segundo tramo aéreo de 7.393,61 m de longitud que, como el anterior, discurre en su mayor parte en viaducto y en el que se contemplan 6 estaciones aéreas.



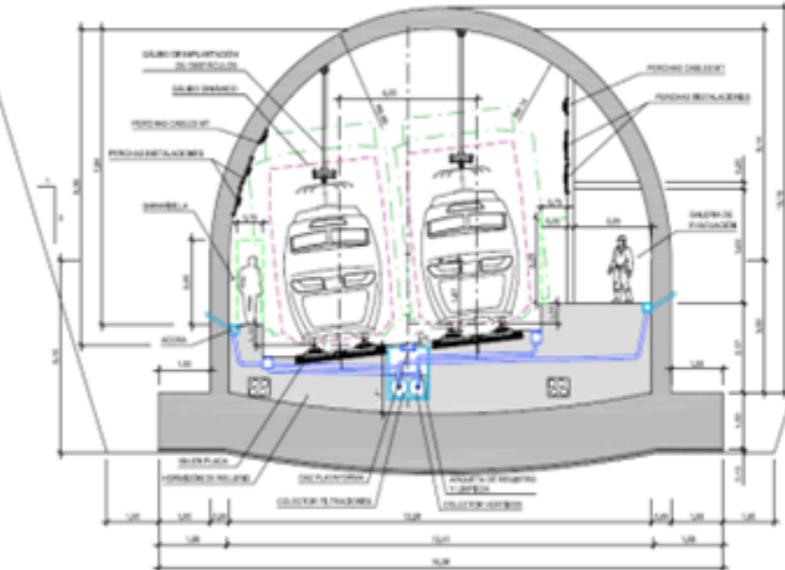
TÚNELES FERROVIARIOS LÍNEA LAS PALMAS-MASPALOMAS, España

Línea Ferroviaria entre Las Palmas de Gran Canaria y Maspalomas, tramo 4: Polígono Industrial de El Goro - Barranco de Guayadeque y, Tramo 7: Playa del Inglés (El Cañizo) - Estación de Meloneras (Faro de Maspalomas).

Tramo 4: se divide en tres túneles con una longitud total de 3 kilómetros y tres falsos túneles con 4 km de longitud, que conectan con el Aeropuerto Internacional de Gran Canaria. 10 secciones han sido necesarias para el diseño de este tramo de túnel que incluye, Cut and Cover y la excavación entre muros pantalla.

Además, el sistema de ventilación exigirá la construcción de pozos intermedios de extracción condicionados por la disposición de las estaciones intermedias.

Tramo 7: es un túnel con 5,6 km de longitud (2,6 km en la estructura del falso túnel). Debido a la construcción de un centro comercial, cerca del emboquille de entrada, coberturas medidas desde la clave del túnel hasta el sótano del edificio entre 12 y 13,7 m.



TÚNEL DE EL CORNO. LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD LUBIÁN - ORENSE, España

El túnel de El Corno, proyectado en el tramo Ceredelo-Porto Línea de Alta Velocidad Lubián - Ourense, es un túnel de doble tubo que tiene una longitud de 8,5 km.

El trazado del túnel cruza en varios puntos la ruta actual de la vía del tren, que es un hito importante a considerar en el análisis de la estabilidad del túnel.

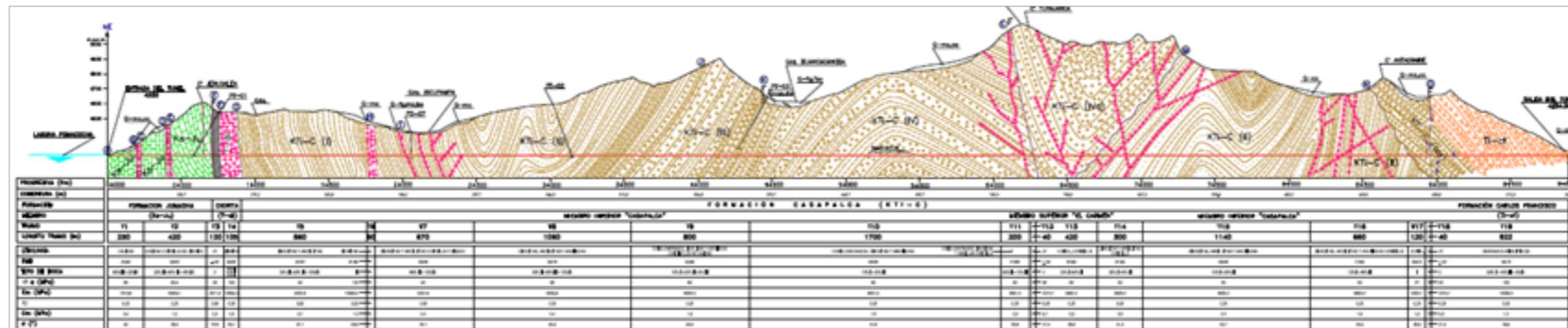
Está diseñado un túnel de ataque de cerca de 800 m. con el fin de llevar a cabo la excavación del túnel de El Corno mediante cuatro frentes de excavación. Además, se ha diseñado la unión entre el túnel y la Adit en un área donde el aporte de agua a la excavación es elevado.



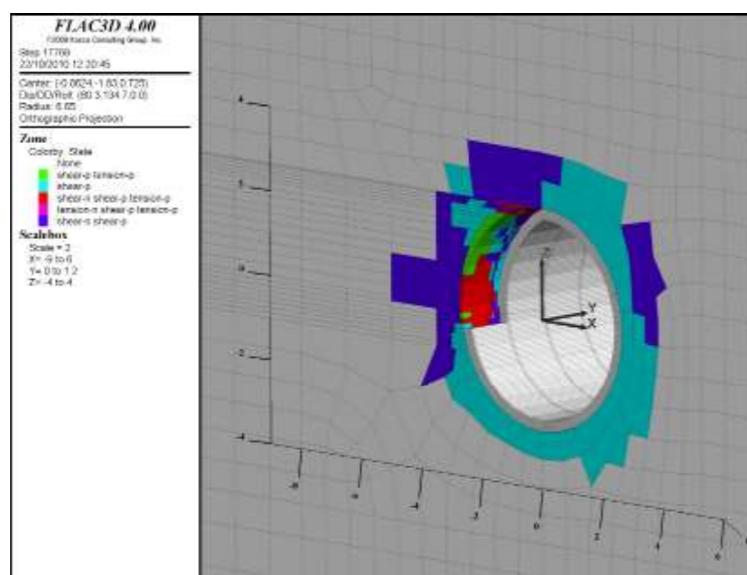
3.3. Proyectos hidráulicos

SUBTERRA ha participado en el diseño de 10 túneles hidráulicos, saneamiento y abastecimiento, que suman 53,5 km de túneles en tres países.

Proyecto	Sección (m ²)	Longitud (m)	Año	País	Ingeniería de Diseño	Interventoría
Embalse de Chironta. Túnel de desvío	70	473	2018	Chile		X
Planta desalinizadora Región de Atacama, Copiapó, Caldera, Chañaral y Tierra Amarilla	14	25	2017-18	Chile	X	
Nueva linea de aducción PTAR Rio Cali	9	1.630	2019	Colombia		X
Colector-interceptor de Pozuelo de Alarcón	6.5	4.572	2010	España	X	
Trasvase Majes – Siguas. Túneles Transandino y Pucara	25	11.410+6.450	2011	Perú	X	X
Derivación Lluella-Siguas. Túneles 1, 2 y 3	25	4.600	2012-14	Perú	X	
		2.500				
		3.100				
Abastecimiento Agua Potable a Lima. Túnel de cabecera	15	9.898	2014-15	Perú	X	



Ingeniería básica de las obras de cabecera y abastecimiento de agua potable a Lima | Perú | PROINVERSIÓN



Colector Pozuelo de Alarcón | España | EUROCONSULT



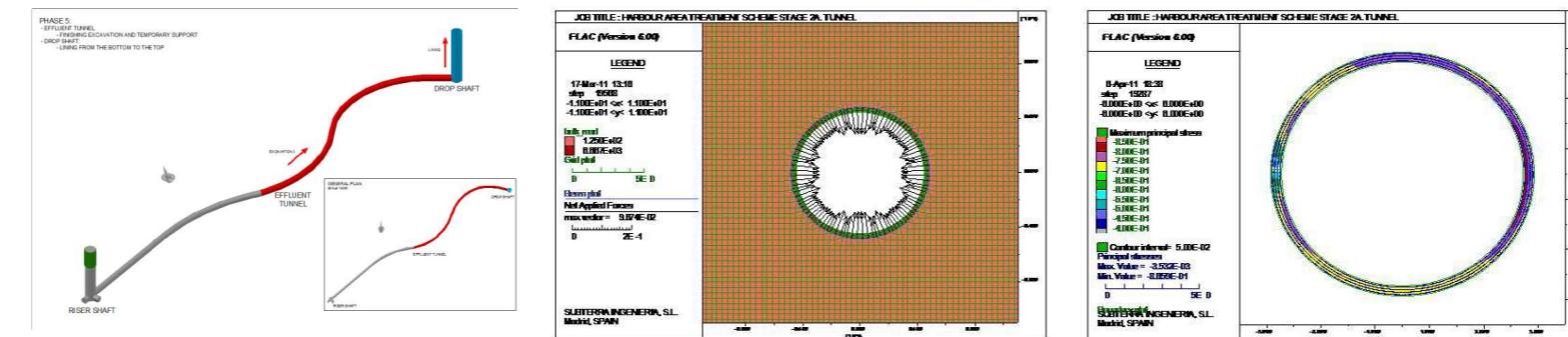
Ingeniería conceptual y PC de los túneles del trasvase Majes - Siguas | Perú | COBRA-COSAPI.

COLECTOR ISLA STONECUTTER, Hong Kong

Para mejorar la calidad de las aguas de Victoria Harbour, el Harbour Area Treatment Scheme (HATS), también nombrado como "Plan estratégico de eliminación de aguas residuales" (SSDS), se ha comprometido a proporcionar tratamiento para las aguas residuales provenientes de las áreas urbanas en ambos márgenes del puerto. Actualmente se está desarrollando la Fase 2A cuyos principales objetivos son la mejora de las ocho obras existentes de tratamiento preliminar en la Isla de Hong Kong y la mejora de la depuración de aguas residuales existente desde la capacidad de tratamiento actual de 1,7 millones de metros cúbicos por día hasta la capacidad de tratamiento correspondiente al completo desarrollo del SSDS.

El proyecto implica la construcción de un túnel de conducción de las aguas desde las plantas de tratamiento de Stonecutter Island hasta el emisario submarino. Este túnel se excavará mediante el método de perforación y voladura. Tendrá aproximadamente 880 m de longitud, 8,5 m de diámetro interior y conecta con un pozo de 80 m de profundidad en cada extremo.

La geología de la alineación del túnel y de los pozos se encuentra compuesta por granitos pertenecientes a la Lion Rock Suite (Periodo Jurásico o Cretácico). El lecho de roca es generalmente de grano medio a grueso, con espaciamiento medio y apertura cerrada. Por lo general, a la cota del eje del túnel se encuentran granitos moderadamente descompuestos o de calidad superior. Los depósitos superficiales, cuyo espesor varía entre 15,0 y 25,0 metros, consisten principalmente en rellenos antrópicos, suelos aluviales y suelos marinos.



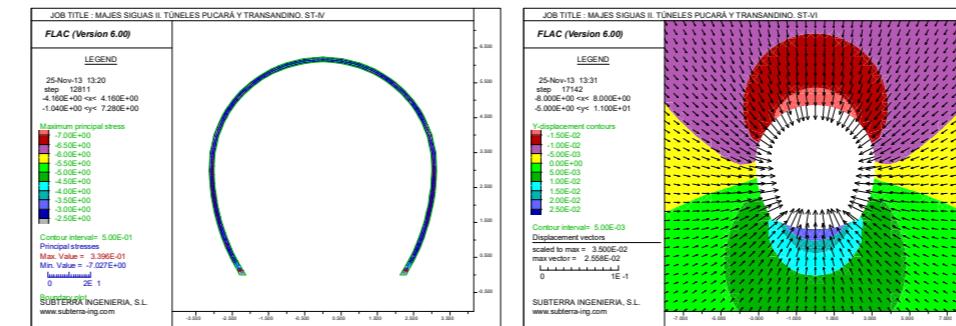
PROYECTO MAJES - SIGUAS (FASE 1), Perú

El consorcio formado por COBRA Instalaciones y Servicios y COSAPI ha resultado adjudicatario de la concesión de "Obras mayores de afianzamiento hídrico y de infraestructura para la irrigación de las pampas de Siguas", en el Perú. Incluido en las obras de la concesión, se encuentra la conducción en túnel que permitirá tomar el agua almacenada por la presa de Angostura y entregarla en el río Chalhuanca.

La conducción, denominada Túnel Pucará-Transandino, está conformada por dos túneles: túnel Pucará y túnel Transandino de 6.341,29 y 9.617,00 m de longitud respectivamente. Estos túneles, marcados por los condicionantes hidráulicos y constructivos, cuentan con una sección en herradura de 2.95 m de radio interior y 5.95 m de altura útil.

Debido a la longitud de ambos túneles, se ha definido un adit de ataque intermedio para cada uno de ellos, siendo sus longitudes 67 y 750 m para el túnel Pucará y Transandino respectivamente. Por cuestiones constructivas, la sección de estos adits es una sección baúl de 6,5 m de alto y 6,5 m de ancho.

Por último, también se ha definido el túnel de desvío, de 394,70 m, que permitirá la construcción de la presa de Angostura y que posteriormente trabajará como túnel de toma tras la ejecución de un pique inclinado de 45 m de longitud.



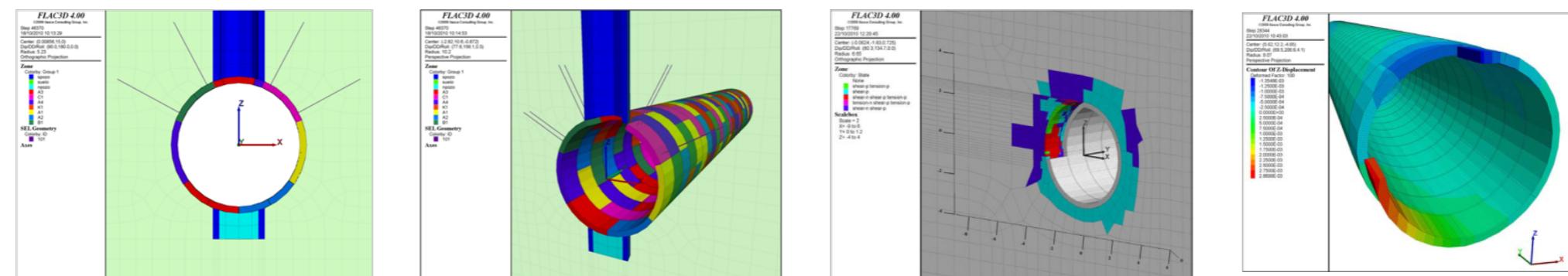
COLECTOR DE POZUELO, España

El colector-interceptor Pozuelo de Alarcón se ha diseñado de forma subterráneo, por lo que propuso la construcción de un túnel de 4.543 m de longitud, que se realizará por las aguas pluviales procedentes de las nuevas áreas urbanas, que no pueden ser llevadas a cabo por la red de saneamiento urbano.

Se realizó un análisis detallado de la estabilidad del frente de la excavación por TBM y la unión de los segmentos de las dovelas.

Además, se diseñó una singular unión entre el colector de túnel, Adit, y el conducto de ventilación.

Las litologías afectadas por el colector de Pozuelo pertenecen al denominado material detrítico de Madrid (arcillosas y arenas).



3.4. Proyectos hidroeléctricos

A consecuencia de la importante demanda energética en Latinoamérica en los últimos años, SUBTERRA ha intervenido en el diseño y seguimiento durante la construcción de 33 centrales hidroeléctricas, desde México a Chile, que totalizan 193 km de túnel.

Proyecto	Sección (m ²)	Longitud (m)	Año	País	Ingeniería de Diseño	Interventoría
CH La Confluencia. Túneles de Portillo y Tinguiririca	20/35.5	9.040	2009-10	Chile		X
CH El Paso. Túnel de conducción	28	4.500	2011	Chile	X	
CH La Confluencia. Lining del túnel de Portillo	35.5	11.290	2011-12	Chile	X	X
CH Itata. Pique de ataque y túnel de descarga	51	70	2013	Chile	X	X
CH Alto Maipo. Túneles de El Volcán, Suelo y Alafafal	13/21	22.000	2013-17	Chile	X	X
CH Edrada-San Esteban	50	5.900	2010	España	X	
CH Belesar III. Túneles, cavernas, chimenea y pozos	45	1.650	2010-11	España	X	
CH Los Peares III. Túnel y pozo	45	450	2010-11	España	X	
CH Salas-Conchas	50	6.100	2010-11	España	X	
CH Chira-Soria. Caverna de Casa de Máquinas	22	60	2012	España	X	
CH Chira-Soria. Túneles, pozo, y cavernas	22	5.200	2015-16	España	X	
CH Cheves. Túneles y caverna	16/41	15.776	2010-14	Perú	X	X
CH La Virgen. Túnel de conducción	18	4.600	2011	Perú	X	
CH Colca. Túneles de conducción	10	545+1.945	2016	Perú	X	
CH Manta. Túnel de conducción	10	1.800	2016-19	Perú	X	X
CH Larreynaga. Túnel de conducción y chimenea	17	2.500	2009-10	Nicaragua	X	
CH Torito. Túneles de conducción y carga	40	3.700	2011	Costa Rica	X	X
CH Los Negros. Túnel de conducción	12	3.000	2016-17	Costa Rica		X
CH Minas-San Francisco. Túneles, chimenea, pozos y cavernas	50/90	1.270+350	2012-16	Ecuador	X	X
CH Renace 2. Túnel 1, 2 y desarenador	21	8.200	2012-14	Guatemala	X	X
CH Renace 3. Túnel de conducción y pozo	21	4.750	2014-15	Guatemala	X	X
CH El Recreo. Túnel de conducción	15	1.800	2014-15	Guatemala		X
Proyectos Hidroeléctricos PH-3 y Cuetzalán	10	1.180+1.280	2014	México	X	
Proyecto Hidroeléctrico Tatatila	22	1.360	2014-15	México	X	
CH Banda Azul	12/24	7.500+6.800	2015-16	Bolivia	X	
CH Miguillas. Túnel de Palillada	18	9.000	2016	Bolivia	X	

PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHEVES, Perú

El proyecto de la Central Hidroeléctrica de Cheves se encuentra localizado en el río Huaura, entre los pueblos de Sayán y Churín (Perú). Esta central hidroeléctrica captará agua de los ríos Huaura y Checas a unos 2 km aguas arriba de su confluencia a una altitud de 2.170 msnm y lo retornará al río Huaura a través del túnel de descarga ubicado unos 1.5 km aguas abajo, a una altitud de 1.548 msnm.

Este proyecto se realiza con el objeto de poder aprovechar los recursos hídricos de la cuenca del río Huaura, para la generación de energía eléctrica con una potencia instalada de 168 MW dividido en dos turbinas Pelton utilizando un salto de 599 m y un caudal de diseño de 33 m³/s.

Se ha proyectado la construcción de los siguientes túneles:

- Túnel de transferencia: 2.580 metros.
- Túnel de conducción: 9.915 m.
- Caverna: 31,5 x 15,5 x 62,7 m (alto x ancho x largo).
- Túnel de descarga: 3.700 m.
- Túnel de acceso a la caverna: 960 m.
- Túnel de ataque intermedio 1: 860 m.
- Chimenea de equilibrio: 697 m.

Las unidades litoestratigráficas afectadas por el proyecto de la Central Hidroeléctrica Cheves están constituidas por la Formación Chimú (bancos de cuarcita con finas intercalaciones de estratos de arenisca cuarzosa, lutitas bituminosas y ocasionales lentejones carbonosos), el Grupo Casma (secuencias estratificadas de rocas volcánicas, principalmente andesitas, con intercalaciones de rocas sedimentarias), y Stock Churín Bajo (rocas intrusivas con composición tonalítica a cuarzo-monzonítica).



PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO, Chile

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) se ubica en la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera, Región Metropolitana de Santiago, Chile. Las obras subterráneas incluidas en el PHAM son:

- Túnel "Alfalafal II" de 6.250 m de longitud de los cuales los 3.250 m iniciales se construirán con D+B en una sección en baúl de 4,75 x 4,90 m (20,8 m²), y el resto con TBM de unos 4,10 m de diámetro (13,2 m²).
- Túnel "Suelo" de 1.020 m de longitud a excavar íntegramente mediante métodos convencionales, de sección en baúl de 4,0 x 4,0 m (13 m²).
- Túnel "El Volcán" de 14.100 m de longitud de los cuales los 7.100 m se construirán con D+B en una sección en baúl de 3,80 x 4,90 (4,60) m (17/16 m²), y el resto con TBM de 4,10 m de diámetro (13,2 m²).

El área está formada por secuencias estratificadas de rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias, con intrusiones granitoides. Sobre estos materiales se encuentran grandes depósitos de materiales no consolidados cuaternarios.

Así mismo se incluye dentro del alcance, el seguimiento geotécnico de todas las obras subterráneas de este aprovechamiento hidroeléctrico.



PROYECTO HIDROELÉCTRICO RENACE II Y III, Guatemala

El Proyecto Hidroeléctrico Renace II se encuentra ubicado inmediatamente aguas abajo de la Casa de Máquinas de Renace I.

Constituye el segundo de los tres elementos de la cascada del aprovechamiento del Río Cahabón, ubicado en el municipio de San Pedro Carchá, departamento Alta Verapaz, Guatemala.

El túnel de conducción tendrá una longitud total aproximada de 4,1 km.

Renace III: En concreto el alcance ataÑe a la excavación y sostenimiento de las obras subterráneas así como a su posterior revestimiento con hormigón armado y/o blindaje. Las obras más destacadas a realizar son: Túnel de conducción de unos 4.750 m que tendrá dos tramos uno de baja presión de unos 3.600 m de longitud y otro de media presión de 1.150 m, Tramo blindado de unos 100 m de longitud, Chimenea de equilibrio de 275 m de profundidad, Adit de 72 m de longitud, y Portales de entrada y salida del túnel de conducción y del adit.



3.5. Proyectos mineros

Los proyectos mineros, tanto subterráneos como a cielo abierto, constituyen una actividad muy importante para SUBTERRA.

Proyecto	Sección (m ²)	Longitud (m)	Año	País	Ingeniería de Diseño	Interventoría
Mina Los Bronces. Túnel Sur	20	8.125	2010	Chile		X
Mina Collahuasi. Túnel Rosario Oeste	16	1.150	2011	Chile		X
PM Chuquicamata Subterráneo. Túneles Acceso y Transporte	70	7.600+6.300	2013-17	Chile		X
Mina Quebradona	9	5.700	2019	Colombia		X
Mina Muga. Ramps de Acceso y Transporte	50	2 x 2.500	2015-18	España	X	
Mina Cabanasas. Rampa de Transporte	50	4.500	2015-20	España	X	X
Mina Las Cruces. Rampa y galería de investigación	35	1.200	2016-18	España	X	X
Mina Toquepala. Túneles de transporte	32/25	2.027	2011-13	Perú	X	X
Mina Quellaveco. Túnel de desvío del río Asana	25	6.500	2016-17	Perú		X
Mina Romina. Rampa de Exploración Romina 2	22	850	2016-17	Perú	X	
Mina Antamina. Túnel de Transporte	30	2.600	2017	Perú		X
Mina Corocochuayco. Túnel de Transporte	25	7.500	2017	Perú	X	
Mina Antamina. Túnel Side-Hill y Decantación	17	940+320	2018	Perú	X	
Mina Parcoy. Túnel de Yuracayacu	24	11.400	2018	Perú	X	
Mina Las Bambas. Túnel de derivación T-6	20	3.572+4.080	2018	Perú	X	

Principales referencias de minería a cielo abierto

- Diseño y dirección de obra de la Fase 1 de la balsa de estériles de tratamiento de la explotación minera La Parrilla. ESPAÑA. IBERIAN RESOURCES SPAIN. 2018-19
- Análisis de la interacción entre el open pit y la infraestructura subterránea. Proyecto Minero Corocochuayco. PERÚ. COMPAÑÍA MINERA ANTAPACCAY (GLENCORE). 2017
- Plan de cierre y expediente técnico para la remediación de pasivos ambientales mineros generados Ex U.M. Carhuacayán. PERÚ. ACTIVOS MINEROS SAC. 2017-18
- Proyecto constructivo del depósito de residuos no inertes en el interior de corta CLC.COBRE LAS CRUCES (FIRST QUANTUM). 2016-18
- Caracterización de la instalación de estériles de tratamiento del proyecto minero de AGUABLANCA. ESPAÑA. RIO NARCEA RECURSOS, S.A. (LUNDIN MINING). 2016
- Auditoría Geotécnica Depósito de Pasta Seca. ESPAÑA. MATSA (Mubadala & Trafigura). 2016
- Proyecto constructivo de la bocamina de las rampas del proyecto minero Muga. ESPAÑA. GEOALCALI. 2015
- Análisis de sensibilidad sísmica en la estabilidad de las estructuras mineras, Cortas y escombreras del Proyecto Rio Tinto. ESPAÑA. EMED MINING. 2014
- Proyecto Constructivo de la escombrera El Chamorro de estériles de inertes (margas) de mina. COBRE LAS CRUCES (FIRST QUANTUM). 2014
- Asesoría geotécnica Mina de Cobre las Cruces. ESPAÑA. COBRE LAS CRUCES (INMET). 2012-19
- Proyecto Constructivo de la escombrera El Esparragal de estériles de inertes (margas) de mina. COBRE LAS CRUCES (INMET). 2012
- Análisis geológico-geotécnico de las balsas nº2 y nº3 de residuos de Jarosita de la fábrica de San Juan de Nieve (Avilés, Asturias). ESPAÑA. XSTRATA. 2012
- Anteproyecto de abandono definitivo de las labores de Corta Atalaya (corta y escombreras) Río Tinto, Huelva. ESPAÑA. EMED MINING. 2012
- Asesoría geotécnica durante la construcción de Nuevo acceso al Rajo Sur y botaderos. Mina El Teniente. CHILE. SACYR CHILE - AGUASANTA (CODELCO). 2011-13
- Proy. Constructivo Instalaciones Residuos Mineros Proy. Río Tinto: Escombreras Norte y Sur. Escombreras Corta Atalaya. ESPAÑA. EMED MINING. 2011-12
- Estudio de alternativas para limitar la generación de lixiviados en las escombreras Norte y Sur del PRT. ESPAÑA. EMED MINING. 2011
- Estudio geotécnico, hidrológico, hidrogeológico y proyecto de rehabilitación de la corta Cerro Colorado. Minas de Río Tinto. ESPAÑA. EMED MINING. 2010
- Proy. Constructivos de las escombreras Oeste, Sur, Norte, La Ramira, Temporal Este y Ampliación escombrera Sur. COBRE LAS CRUCES (INMET). 2009-11

Principales referencias de minería subterránea

- Análisis de la estabilidad de la explotación de carbón mediante el método de cámaras y pilares. Mina La Gitana. COLOMBIA. FRONTIER COAL. 2019
- Estudios y diseños de prefactibilidad. Desarrollos subterráneos Mina Quebradona. COLOMBIA. ANGLOGOLD ASHANTI. 2019
- Revisión del sistema de pre-factibilidad de los túneles mineral y desmonte, ventanas de construcción y galerías de interconexión. PERÚ. ANTAMINA. 2019
- Estudio Geotécnico y diseño a nivel de pre-factibilidad avanzada del túnel de derivación T-6. PERÚ. LAS BAMBAS. 2018
- Estudio de ingeniería para el túnel para la faja transportadora, túnel de Yuracayacu. Unidad Minera de Parcoy. PERÚ. CONSORCIO MINERO HORIZONTE. 2018
- Ingeniería de diseño Túnel Side-Hill y Decantación. Mina Antamina. ANTAMINA. PERÚ. 2018
- Análisis técnico-económico túnel para la faja transportadora mina subterránea Corocochuayco mediante TBM. PERÚ. CÍA MINERA ANTAPACCAY (GLENCORE). 2017
- Inspección y verificación de estado del túnel de la Faja 1, Estocadas y By Pass. PERÚ. ANTAMINA. 2017
- Anteproyecto e ingeniería de detalle de los piques de ventilación. Fase Cardener. ESPAÑA. IBERPOTASH-ICL IBERIA. 2017-19
- Inspección del sostentamiento del túnel de desvío del río Asana. Mina Quellaveco. PERÚ. COSAPI-MAS ERRÁZURIZ. 2016-17
- Estudio geomecánico conceptual de la rampa de exploración Romina II. PERÚ. DCR. 2016-17
- Diseño de la rampa de investigación. Proyecto minero Cobre las Cruces. ESPAÑA. COBRE LAS CRUCES (FIRST QUANTUM). 2016
- Modelo geotécnico mina subterránea de Cobre las Cruces. ESPAÑA. COBRE LAS CRUCES (FIRST QUANTUM). 2016-17
- Asesoría geomecánica y constructiva de la rampa de transporte de la Mina de Cabanasas. ESPAÑA. IBERPOTASH - ICL IBERIA. 2015-19
- Diseño del sistema constructivo y los sostentamientos del pique o wince Picasso. PERÚ. DCR. 2015-16
- Asesoramiento geotecnico. Análisis del pilar corona en la Mina Cerro Bayo. CHILE. MANDALAY RESOURCES. 2014-15
- Diseño del portal del túnel de acceso. Mina de Kusipongo, Kangra Coal. SUDÁFRICA. GNF ENGINEERING. 2014
- Aplicación del método Sublevel Caving a la mina de carbón Tipong, Assam. INDIA. AITEMIN. 2013-14
- Asesoramiento especializado obras del Interior Mina túneles de Acceso y Transporte Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea (PMCHS) CHILE. ASTALDI. 2012-16
- Proyecto de explotación de Hierro Tibirita (Cundimarca). COLOMBIA. PACIFIC IRON. 2012
- Diseño infraestructura y caserones Sector Manto Norte. Mina Atacama Kozan. CHILE. SCM ATACAMA KOZAN. 2011-12
- Optimización de los soportes del túnel Rosario Oeste (ROW) Mina Collahuasi. CHILE. COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI. 2011
- Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica. Túnel de transporte. Mina Toquepala. PERÚ OBRAS SUBTERRÁNEAS (SOUTHERN COPPER). 2011-12
- Estudio de viabilidad. Rampa de acceso a fondo de Corta. ESPAÑA. COBRE LAS CRUCES (INMET). 2010
- Estudio Geológico-Geotécnico. Análisis de la estabilidad de una explotación abandonada de yesos en La Peñona (Asturias). ESPAÑA. AIC. 2009

CORTA MINERA DE COBRE LAS CRUCES, España

El proyecto minero Las Cruces tiene por objeto la explotación de las reservas de mineral de cobre secundario de una mineralización de sulfuros masivos encajado en rocas volcánicas y sedimentarias del Paleozoico, oculto bajo sedimentos terciarios.

Las reservas de mineral de cobre secundario (Zona HC), objeto del proyecto minero, se han estimado en 17.625.000 toneladas de mineral con una ley de 6,22% de cobre, con un total de 1.096.275 toneladas de cobre extraíble y 978.504 toneladas de cobre recuperable y comercializadas en forma de cátodos de cobre.

El recubrimiento está constituido por unos 140 m de margas del Terciario, bajo las que subyace una capa de areniscas, calcarenitas y conglomerados con espesor variable de 5 a 10 m, que constituye el acuífero Niebla-Posadas. El yacimiento es explotado mediante el método de corta a cielo abierto, lo que permitirá la extracción del 97% del metal de cobre contenido en las reservas. La corta final tendrá forma ovalada con 1500 m de longitud en dirección Este-Oeste, 900 m de anchura en dirección norte-sur y profundidad máxima de 245 m.

Subterra es la responsable del seguimiento geotécnico de la explotación, incluyendo tanto la mina a cielo abierto como los botaderos. Esto incluye el mapeo, los cálculos de estabilidad y el monitoreo geotécnico.



ASESORÍA GEOTÉCNICA DEL SECTOR MANTO BLANCO. MINA ATACAMA KOZAN, Chile

La mina de Atacama Kozan se encuentra en la zona de Tierra Amarilla, Chile. Subterra ha realizado una caracterización geomecánica del sector productor llamado Manto Norte, que abarca los niveles de perforación a una profundidad de 165 y salida en la cota 136, Caserones Manto Norte 01, 04, 05, 06 y Manto Noreste y galerías adyacentes.

El objetivo de este estudio fue el desarrollo de un modelo de predicción siguiendo las recomendaciones geotécnicas y geomecánicas para anticipar los riesgos potenciales asociados con el progreso del desarrollo de los túneles, la explotación y la secuencia de extracción de las salas. Se llevó a cabo un estudio litológico y un mapeo estructural de 1.335 m de túnel, repartidos en diferentes galerías de la mina, permitiendo la caracterización geotécnica de la calidad del macizo rocoso e incluyendo el análisis de la estabilidad de las salas y pilares.

De la información obtenida de los trabajos de campo se definieron las secciones de sostenimiento asadas en la calidad geotécnica del macizo y usándose modelos empíricos, analíticos y numéricos.

Se ha utilizado el siguiente software geotécnico: Dips, Unwedge, Rocsupport, Examine 2D y 3D y 2D Flac.



TÚNEL DE TRANSPORTE MINA TOQUEPALA, Perú

El proyecto se ubica dentro del área geográfica de la concesión minera Mina de Toquepala (Sur del Perú), departamento de Tacna, comprende el túnel en línea recta desde el suroeste de la corta a la pila de la planta existente. La mina está ubicada a 3,300 metros de altitud.

El proyecto incluye la construcción de un túnel de 2,19 km de largo, que se extiende desde la ubicación proyectada del edificio de trituración primaria hasta la pila de productos intermedios, que se conectará con el transporte del mineral a través de una cinta transportadora.

Además, se han diseñado otros dos túneles, un túnel minero mediante de 155 m de longitud y un falso túnel que cruza las vías actuales del tren. Los litotipos afectados por los túneles son andesitas, riolitas, rocas intrusivas y depósitos cuaternarios.

Finalmente se ha realizado el proyecto de ventilación del túnel para garantizar la seguridad de los trabajadores.





4. Clientes



Túnel de Yanango | Perú | BALZOLA





Central Hidroeléctrica La Confluencia. VI Región | Chile | HOCHTIEF

Subterra

SUBTERRA Ingeniería Ltda.

Alfredo Barros Errázuriz 1960, Of. 901
C.P. 7500521 Providencia
Santiago. Chile
T./ +(56) 2 2797 6822
chile@subterra-ing.com

SUBTERRA Ingeniería SAS

Calle 5A # 43B-25 Of. 808. El Poblado
Medellin. Colombia
T./ +(57) 4 260 8018
colombia@subterra-ing.com

SUBTERRA Ingeniería S.L.

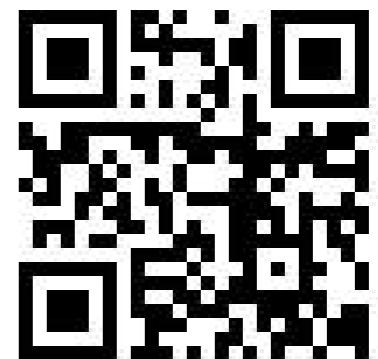
Vallehermoso, 18
28015 Madrid. España
T./ + (34) 91 534 05 30
F./ + (34) 91 533 14 75
spain@subterra-ing.com

SUBTERRA Engineering Pvt. Ltd.

204, Deenar Bhawan
44, Nehru Place
Opp. Eros Hotel, 110019 New Delhi. India
T./ + (91) 11 426 57 311
india@subterra-ing.com

SUBTERRA Ingeniería SAC

Ca. General Recavarren 103, of 901
Miraflores. Lima. Perú
T./ + (51) 1 242 3918
F./ + (51) 1 440 6656
peru@subterra-ing.com



www.subterra-ing.com