

Obra Civil del Laboratorio ANDES en el Túnel Agua Negra

1. Información genérica

El laboratorio ANDES es un laboratorio subterráneo propuesto para ser construido en el interior y como parte integral del túnel Agua Negra. Será el primer y único laboratorio subterráneo del hemisferio Sur. En la actualidad, una docena de laboratorios de similares prestaciones se encuentran en operación en el hemisferio Norte: en Norte América, en Europa y en Asia.

ANDES se ubicará en la parte más profunda del túnel Agua Negra, alrededor de 1750 m debajo de los Andes, lo cual blindará sus instalaciones de la radiación cósmica, partículas de alta energía provenientes del espacio. Al estar protegido de esa radiación, tendrá la sensibilidad necesaria para recibir experimentos únicos en diversos temas:

- búsqueda de materia oscura, la cual representa el 85% de la materia del Universo;
- investigaciones en física de neutrinos, partículas elementales capaces de atravesar la Tierra sin interactuar;
- estudios de geofísica, al observar la tectónica terrestre desde un laboratorio en el interior de una montaña;
- estudios de impacto ambiental; de pureza de materiales; de impacto de la radiación cósmica en micro-chips; biología; y más.

El laboratorio será dirigido por un consorcio Latinoamericano, el CLES (Consortio Latinoamericano de Estudios Subterráneos), con participación de por lo menos Argentina, Brasil, Chile y México.

ANDES recibirá numerosos experimentos, tanto latinoamericanos como internacionales, instalados en las cavernas de sus instalaciones subterráneas. La selección de experimentos se hará en base a su interés e impacto científico, y relevancia para los miembros del CLES. Los experimentos deberán pasar frente a una comisión evaluadora, la cual deberá asegurar en particular los aspectos de seguridad e impacto ambiental. El laboratorio estará acompañado por dos centros de investigación o laboratorios de apoyo en las cercanías del túnel. Dada la elevada altura del túnel, y dada la infraestructura necesaria para los mismos, se prevé que uno de los laboratorios de apoyo esté ubicado en La Serena (Chile) y el otro en Rodeo (Argentina).

El objeto del presente documento se enfoca en la descripción de las instalaciones subterráneas necesarias para la concreción de las actividades propuestas en el Laboratorio Subterráneo ANDES.

2. Ubicación y emplazamiento

El laboratorio ANDES se ubicará alrededor del km 4.5 del túnel Chile-Argentina, al Sur. En ese punto, se logra una cobertura vertical de roca de alrededor de 1750 m, con un blindaje omnidireccional no inferior a 1670 m. Sin embargo, el punto exacto de emplazamiento dependerá fundamentalmente del tipo de roca que se encuentre en esas profundidades. Se deberán tener en cuenta:

- las características de la roca en el posible lugar de construcción, por sus aspectos geomecánicos respecto a la estabilidad de las cavernas;
- la profundidad del lugar, la cual es esencial para proteger el laboratorio de la radiación cósmica;

- y la radiactividad natural de la roca en el lugar, dado que la misma tiene una contribución no despreciable en la radiación de fondo esperada en el laboratorio.

En todo caso, se deberá elegir un espacio no muy lejano del punto de máxima profundidad, esto es en el km 4.5 del túnel atravesando el túnel en el sentido Chile – Argentina.

3. Accesos al Laboratorio

Desde el túnel carretero principal, se accederá al laboratorio por mano derecha. La entrada al mismo deberá ser indicada con suficiente antelación, con carteles viales apropiados, y que pongan énfasis en el hecho de que el laboratorio es una instalación científica de acceso restringido. Deberá diseñarse y dimensionarse el ensanchamiento del túnel vehicular para que vehículos de cualquier porte puedan ingresar al laboratorio. En el diseño del acceso deberá tenerse en cuenta, además, suficiente espacio para que un vehículo de cualquier porte que por error haya tomado el desvío de acceso al complejo científico, pueda acelerar y retomar el túnel vehicular. También deberá estudiarse una conexión de seguridad en la zona de emplazamiento del laboratorio para acceder desde el laboratorio al túnel Argentina – Chile en caso de incendio en el túnel Chile – Argentina a la altura del laboratorio.

Un portón (el portón de acceso 1) mantendrá el acceso al complejo cerrado. Justo después del mismo se instalará una barrera, la cual quedará cerrada durante el día cuando el portón esté abierto. En ese punto deberá instalarse una garita y sistemas de control de acceso automáticos y manuales al laboratorio. De estar habilitado, el vehículo podrá ingresar a la zona de estacionamiento (a dimensionar) contigua al acceso. Pasada la zona de estacionamiento, el túnel de acceso vira 45° hacia al Norte y se ubica en forma paralela al túnel principal. A mano derecha, presenta dos acceso a las instalaciones secundarias (ver puntos 7 y 8). Una primera salida a mano izquierda permite a los automóviles volver al túnel vehicular principal, evitando de esta manera el movimiento de vehículos en las zonas más sensibles del laboratorio. El túnel de acceso continúa entonces hacia el Norte, donde un portón interior (portón de acceso 2) restringe el acceso a las cavernas principal y de servicios (ver puntos 4 y 5). Sólo podrán ingresar a esa zona vehículos de gran porte que transporten los equipos de medición. Deberá ser dimensionado para permitir que un camión tipo carretón bajo portando un contenedor marítimo alto de 24 pies de largo pueda ingresar y maniobrar. En cada caverna un puente grúa será el responsable de la carga y descarga de equipos desde los camiones hacia el interior de las zonas de trabajo. Finalmente, luego de atravesar ambas cavernas el túnel gira hacia la izquierda para empalmar con el túnel principal. Deberá preverse en ambas salidas del complejo (la central vehicular y la posterior para camiones), la instalación de portones (portones de salida 1 y 2 respectivamente) que impidan el acceso al complejo, y una zona de aceleración para que los vehículos salientes puedan unirse al flujo vehicular del túnel principal.

4. Caverna principal

La caverna principal deberá medir 21 m de ancho por 23 m de alto y 50 m de largo, con una forma ovoide para asegurar la estabilidad estructural. La caverna está situada en la parte central del complejo, y se accede desde su extremo izquierdo siguiendo por el túnel de acceso luego de atravesar el portón de acceso 2. También deberá instalarse un túnel de acceso a la caverna secundaria (ver punto 5) en el extremo derecho de la caverna principal.

En su parte superior cuenta con un puente grúa de 40tn de porte que se desliza en el sentido longitudinal sobre rieles. Deberán preverse la instalación de columnas en algunas vigas para permitir que el puente grúa llegue hasta el túnel de acceso, facilitando así la descarga de los camiones. El aprovechamiento total del espacio disponible se logra haciendo que las vigas principales del puente grúa tengan la curvatura del techo de la caverna. De esta manera, el desplazamiento del carro portante en el sentido transversal deberá ser mediante un mecanismo de cremallera. Un sistema electrónico evitará que la carga útil se desplace verticalmente a medida que el carro portante se desplaza en el sentido transversal.

La zona de emplazamiento de los equipos de medición será rectangular, de 35m de largo por 19m de ancho. El nivel de piso terminado de la zona de equipos estará 3m por debajo del nivel de referencia de la caverna (nivel de piso del túnel de acceso). La altura de 23m mencionada anteriormente se calcula desde el nivel de piso terminado de la zona de equipos. De esta manera, se aprovecha la curvatura de la caverna para disponer de una plataforma perimetral de acceso con una altura de 3m. Deberá preverse la instalación de barandas de seguridad removibles a lo largo de toda esta vereda perimetral. También deberá preverse la instalación de una rampa móvil para que un auto-elevador o equipo similar pueda ingresar a la zona de equipos, sin que ocupe espacio útil.

La zona de equipos deberá contar con un sistema de drenaje que permita canalizar eventuales pérdidas de líquidos hacia canaletas laterales longitudinales, y un sistema de bombeo acorde para el desagote de las mismas. El líquido recolectado deberá ser dirigido hacia la caverna de servicios (ver punto 5). Tableros eléctricos convenientemente distribuidos permitirán la conexión de los equipos a la red eléctrica del laboratorio. También debe preverse la instalación de líneas de baja potencia, redes de comunicación y sincronización, aire comprimido, agua, y servicios.

5. Caverna de servicios

La caverna de servicios mide 40m de largo por 16m de ancho y 14m de alto de forma ovoide para asegurar la estabilidad estructural. En este caso no es necesaria la existencia de una depresión central. Al igual que la caverna principal, esta caverna cuenta con un puente grúa con las mismas especificaciones que la anterior, pero con un porte menor de 20tn.

Si bien se prevé la instalación de equipos de mediciones, la función principal de esta caverna es la de albergar a los equipos de servicios para el laboratorio y proveer oficinas. En particular, en la caverna de servicios se instalarán:

- equipos de ventilación principales. Deberán dimensionarse para renovar el volumen total del laboratorio al menos una vez por hora. En este sistema se incluirá el filtrado de radón en el aire del laboratorio;
- equipos de aire acondicionado para mantener todo el laboratorio a una temperatura promedio de 21 grados centígrados. Deberá ser dimensionado para permitir mantener la temperatura cuando el laboratorio esté en su consumo pico de 2MW. La humedad relativa ambiente deberá ser determinada de manera de no afectar el funcionamiento de los equipos, pero en ningún caso podrá estar por fuera de los límites estándar establecidos para el confort higrotérmico humano;
- equipos de alimentación y generador eléctrico para proveer a los laboratorios de energía eléctrica. Se instalará un banco de baterías para alimentar líneas específicas de baja potencial que protegerán al equipamiento crítico contra posibles cortes de electricidad;
- tanques de almacenamiento y planta de tratamiento de agua y efluentes;
- centro de almacenamiento y procesamiento de datos;
- centro de comunicaciones (telefonía, internet, etc.);
- alimentación de servicios básicos a los experimentos: aire comprimido, agua, datos, comunicaciones, etc.
- botiquín médico equipado para la atención en caso de accidente laboral como en caso de mal de altura;
- sistemas mixtos de control de incendios;

La potencia máxima total requerida para el laboratorio será de 2MW. En caso de emergencia solo una pequeña fracción será necesaria, dado que se apagarían la mayoría de los sistemas primarios. La mitad de la potencia será requerida para el sistema de ventilación y de aire acondicionado. La otra mitad quedará a disposición de los experimentos.

El sistema de ventilación deberá mantener el laboratorio con bajos niveles de radón. Se deberá recircular por el sistema de filtros el volumen total del laboratorio por lo menos una vez cada hora. Además de distribuir aire libre de radón en las cavernas, el sistema de ventilación contará con un sistema de monitoreo de la calidad del aire.

Al igual que en otras instalaciones de sala limpia, una leve sobre-presión interior en el complejo permitiría mejorar la limpieza de las cavernas. Se debería obtener naturalmente por el flujo de aire circulando por el laboratorio. El aire entrante al laboratorio provendrá del exterior del túnel Agua Negra, y será transportado utilizando un ducto estanco de acero inoxidable o material similar para evitar que se contamine con el radón que se acumula en el interior del túnel vehicular. Probablemente, el mejor lugar para la instalación de este ducto sea el mismo túnel de ventilación del túnel vehicular. Por lo tanto, deberá preverse en el diseño de este último la instalación del ducto de ventilación de ANDES.

El caudal de agua necesario para el consumo del personal y de los equipos de mediciones será de algunos litros por segundo. En el interior de la caverna de servicios se instalará un depósito de almacenamiento de agua de 50m³. También se instalará una planta de tratamiento de efluentes para poder evacuar los líquidos servidos en el Laboratorio en pleno cumplimiento de las normas ambientales.

El centro de cómputo deberá contar con una conexión de fibra óptica tanto hacia Argentina como hacia Chile. Se usarán fibras mono-modo redundantes para la conexión a internet, y una adicional para propagar una señal temporal de alta precisión calibrada por GPS. Dos líneas de cobre para emergencia deberían ser agregadas para comunicaciones en caso de corte de las conexiones por fibra. El sistema de monitoreo y de seguridad deberá estar instalado en la caverna de servicios y estar fuertemente integrado con el sistema del túnel Agua Negra.

El botiquín médico deberá estar equipado para prestar servicios básicos de primeros auxilios y oxígeno para el tratamiento del soroche o mal de altura. Deberá emplazarse de manera de poder ser utilizado en caso de una emergencia o un siniestro de gravedad en el interior del túnel vehicular, sin afectar las zonas sensibles del laboratorio.

6. Pozo principal

Deberá construirse un pozo de gran tamaño, con 30m de diámetro y 42m de profundidad total. Se accede a la parte superior del mismo por medio de un túnel secundario tangencial o central (a determinar) ubicado en el extremo derecho de la caverna de servicios, a una altura de 30m respecto al fondo del pozo. En el interior de este pozo se instalará un experimento de gran tamaño de altísima sensibilidad. Con el fin de minimizar la contaminación de las mediciones con la radiación ambiente, luego de ser instalado el experimento el pozo será llenado con agua hasta una altura de 30m contando desde el fondo del pozo. Para ello deberá incluirse un sistema de bombeo para el llenado y vaciado del pozo. Este sistema de bombeo podría conectarse con la red de incendio del laboratorio, de manera que el pozo actúe también como tanque cisterna para el agua de incendio. Un acceso a la parte inferior deberá estar presente, tanto por razones constructivas del pozo, cómo para la instalación de equipos. El acceso deberá pensarse para poder quedar cerrado una vez el pozo lleno con agua, resistiendo a la presión de 30m de altura de agua.

En la parte superior del pozo, colgado de la bóveda del mismo, se instalará un puente grúa de 20tn de porte que permita ingresar el equipamiento en el interior. Deberá preverse la instalación de soportaría adecuada para el recibir y mantener al equipo de medición en el interior del pozo lleno de agua y sistemas de plataformas y escaleras para acceder al experimento en el interior. Deberá instalarse un sistema de barandas removibles por tramos en la parte superior del pozo. Finalmente, un cordón umbilical estanco llevará líneas de potencia, datos, telemetría, video y eventualmente aire desde el complejo al interior del sistema de medición sumergido.

7. Pozo secundario

Un pozo secundario de 9m de diámetro y 15m de profundidad total estará dedicado a mediciones en entornos de muy baja radiación. Al igual que el pozo principal, se accede por un pasillo central a la parte superior del pozo, a una altura de 10m respecto al fondo del pozo. En el interior del mismo se ubicará un recinto apto para mediciones de baja radiación, el cual deberá ser convenientemente soportado para evitar la flotación del mismo, puesto que eventualmente el pozo podría inundarse con agua, en función del tipo de mediciones a realizar en el interior, para aumentar el blindaje. Un sistema de cañerías estancas llevarán líneas de potencia, datos, telemetría, video y eventualmente ventilación desde el laboratorio hasta el interior del receptáculo de medición. La zona de inunde puede llegar hasta unos 10 metros de altura contados desde el fondo del pozo, y deberán instalarse barandas removibles en la platea de acceso a la zona de inunde.

8. Cavernas secundarias

Las instalaciones del complejo se completan con la ejecución de tres cavernas secundarias de 10mx10mx10m. Estas proveerán espacio para experimentos de tamaño menor, oficinas, laboratorios, e instalaciones auxiliares y de servicios para el personal afectado a la operación del laboratorio y visitantes eventuales.

9. Terminación

El revestimiento de las cavernas será de hormigón proyectado (shotcrete) de baja radiactividad. Se deberá seguir un protocolo de medición y control de radiactividad en muestras adquiridas sobre el 100% del material a utilizar, aún en instalaciones auxiliares. Además de tableros de potencia eléctrica, se deberá contar con iluminación, ventilación y comunicaciones del sistema de uso habitual como de los sistemas de respaldo en todas las cavernas y los accesos. En todos los sistemas, deberán utilizarse (o al menos priorizarse en los casos donde no hubiera alternativas técnicamente viables) la utilización de materiales ignifugos, retardantes de llama y aquellos cuya combustión no genere humos tóxicos.

10. Planos

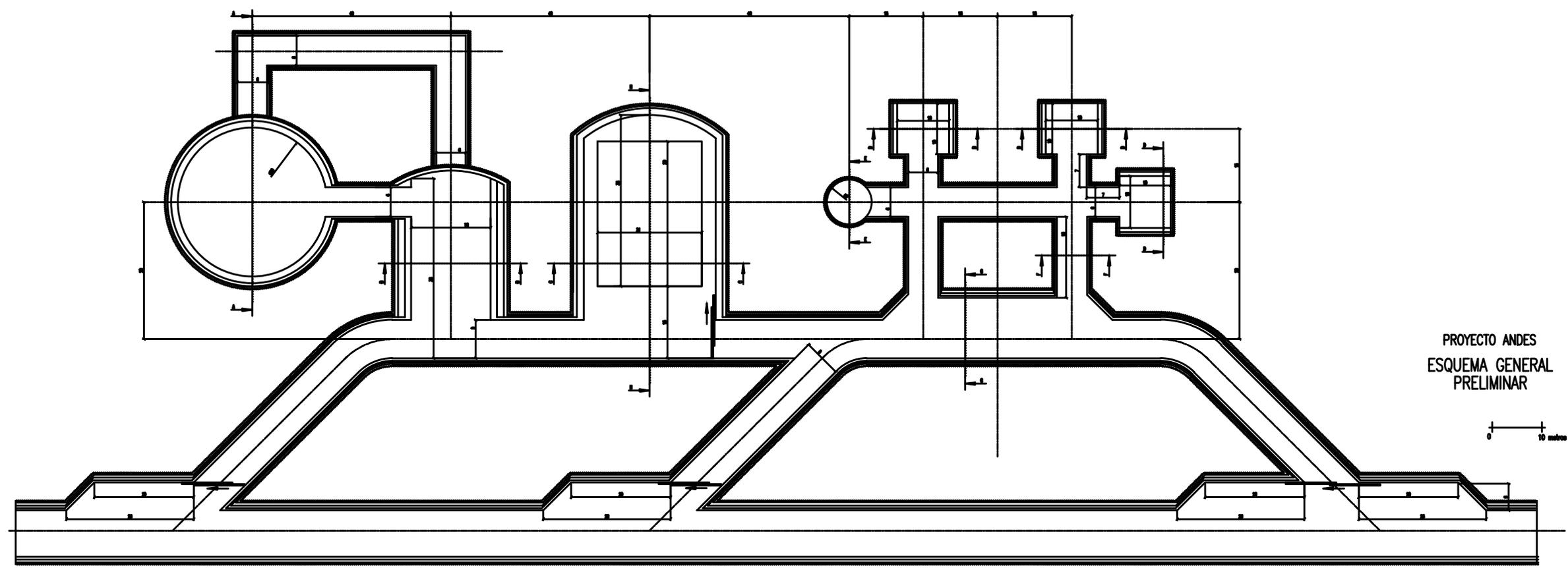
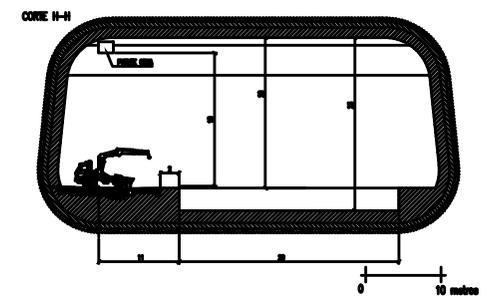
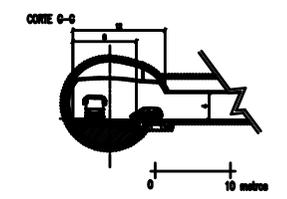
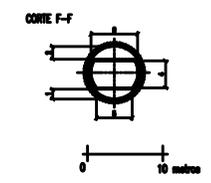
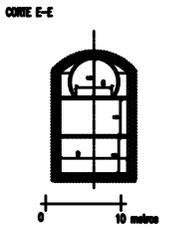
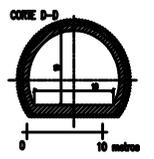
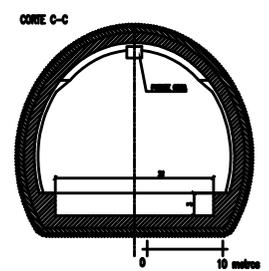
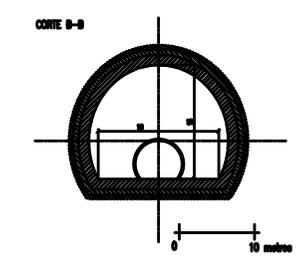
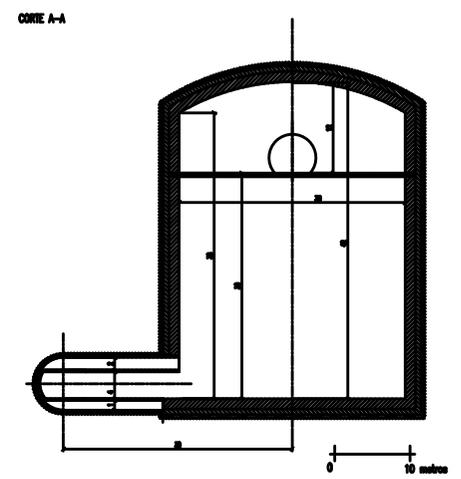
Se adjuntan planos indicativos de una posible distribución del laboratorio, los cuales se consideran parte integrante de este documento. Tanto las medidas indicadas en los planos como en este documento deberán ser consideradas como indicativas, quedando las mismas a consideración de la estabilidad estructural, ambientales y de seguridad de las instalaciones. La ingeniería de detalle deberá tratar de prevalecer las medidas interiores de las cavernas, con el fin de preservar al máximo el espacio útil del laboratorio ANDES. En caso de discrepancia, se considerarán como validas las dimensiones indicadas en este documento. Toda modificación a estas indicaciones deberá ser aprobada por el personal científico responsable de la coordinación del laboratorio subterráneo ANDES.

3

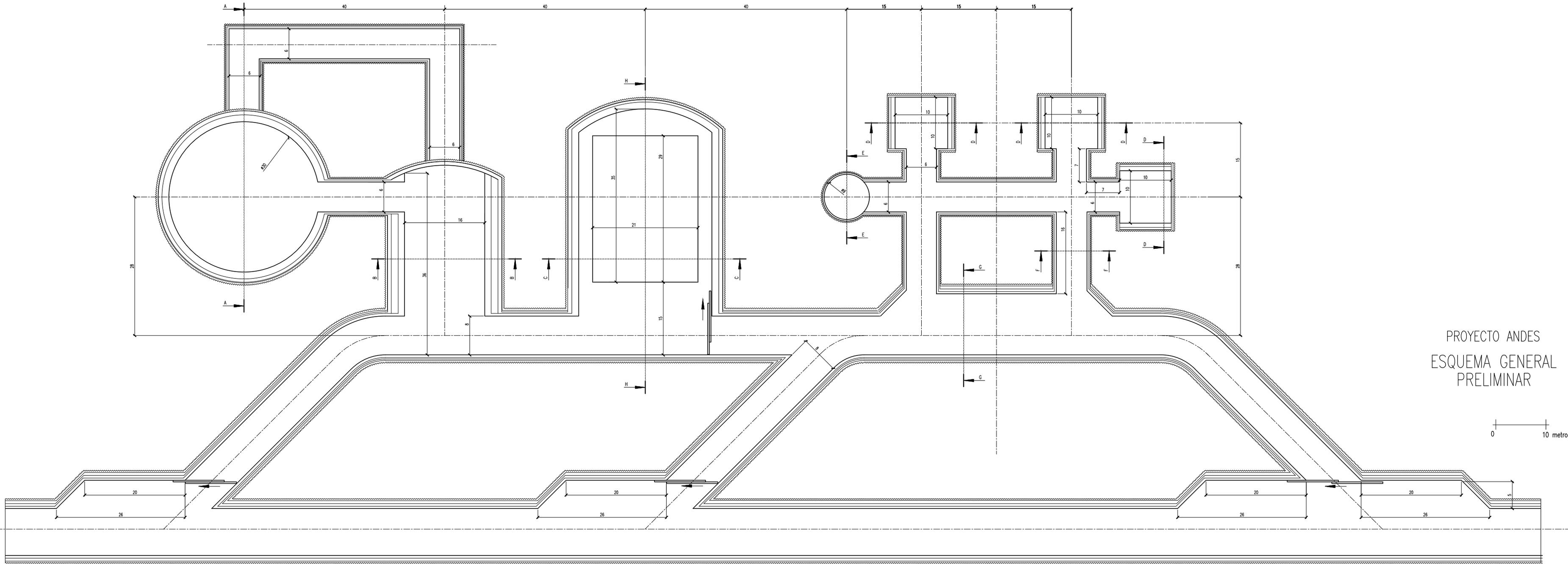
2

3

2



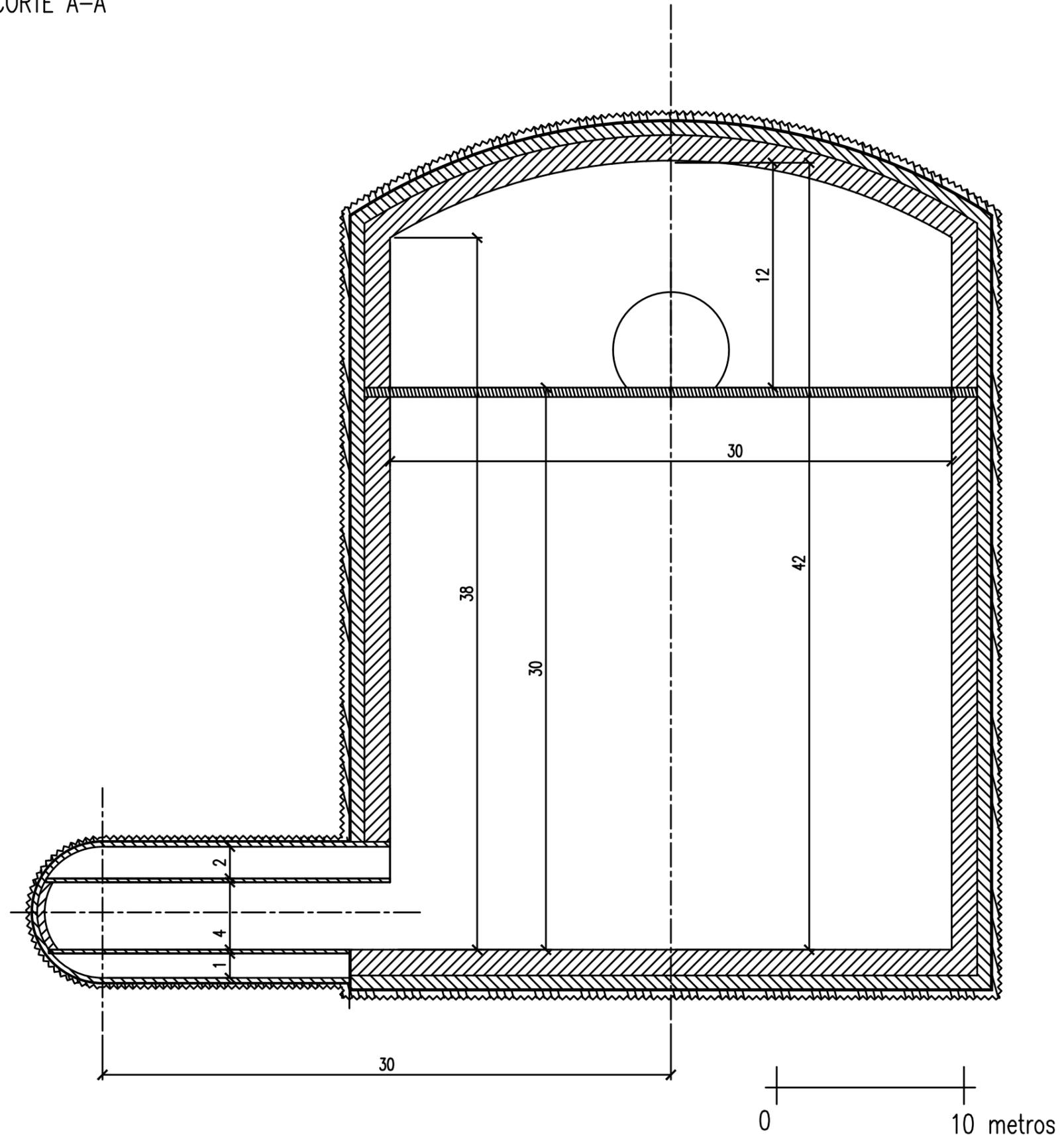
Proyecto	Nombre	Fecha	Firma
Edifico	Yacaré Barrios		
Revisó	José Luis Vial		
Aprobó			
N°			
Esc.	TRALD	PROYECTO ANDES	
		ESQUEMA GENERAL	
		PRELIMINAR	
A1-2		Archivo Esc. :	



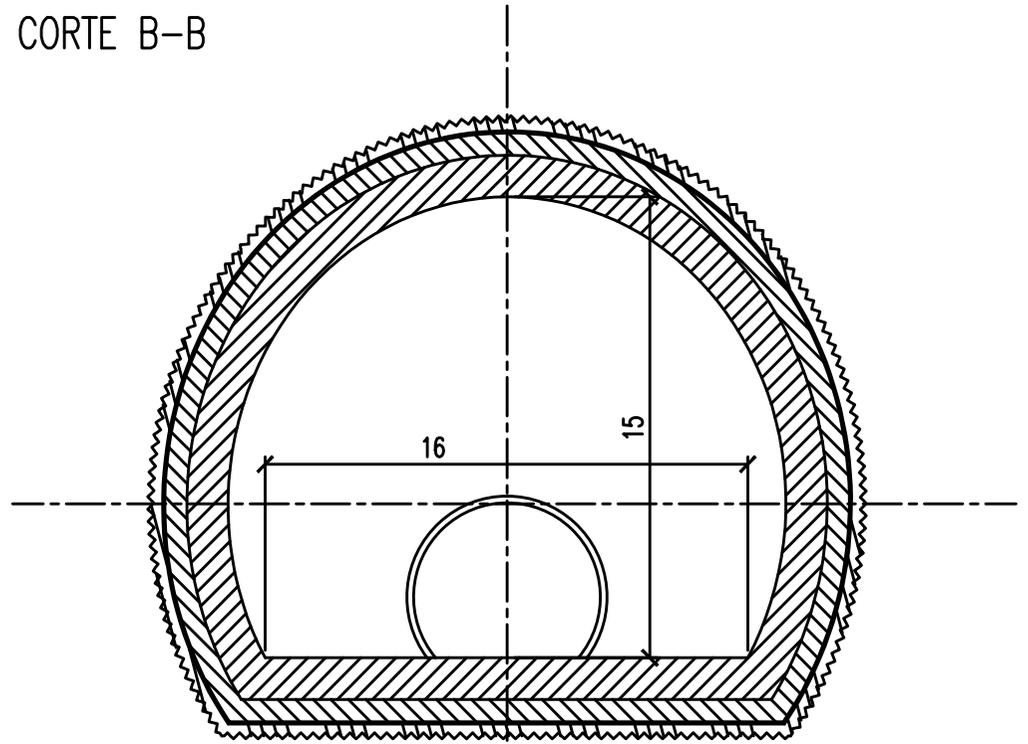
PROYECTO ANDES
 ESQUEMA GENERAL
 PRELIMINAR

0 10 metros

CORTE A-A

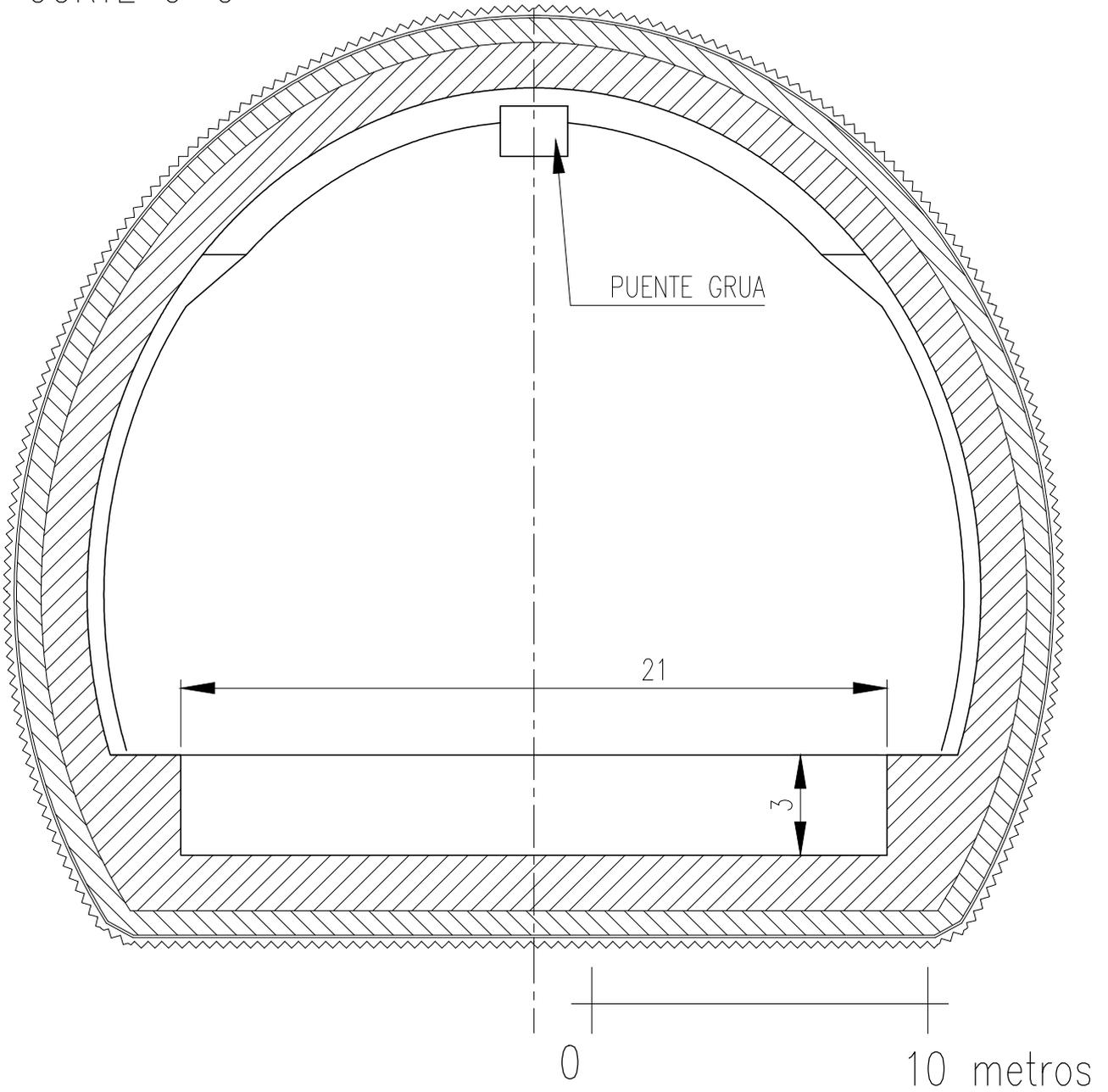


CORTE B-B

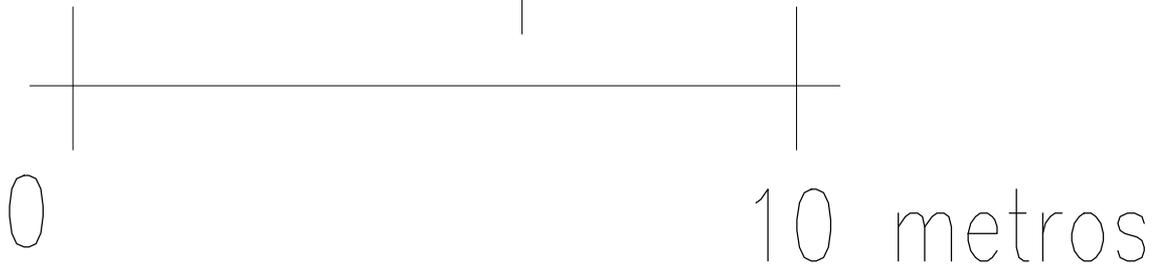
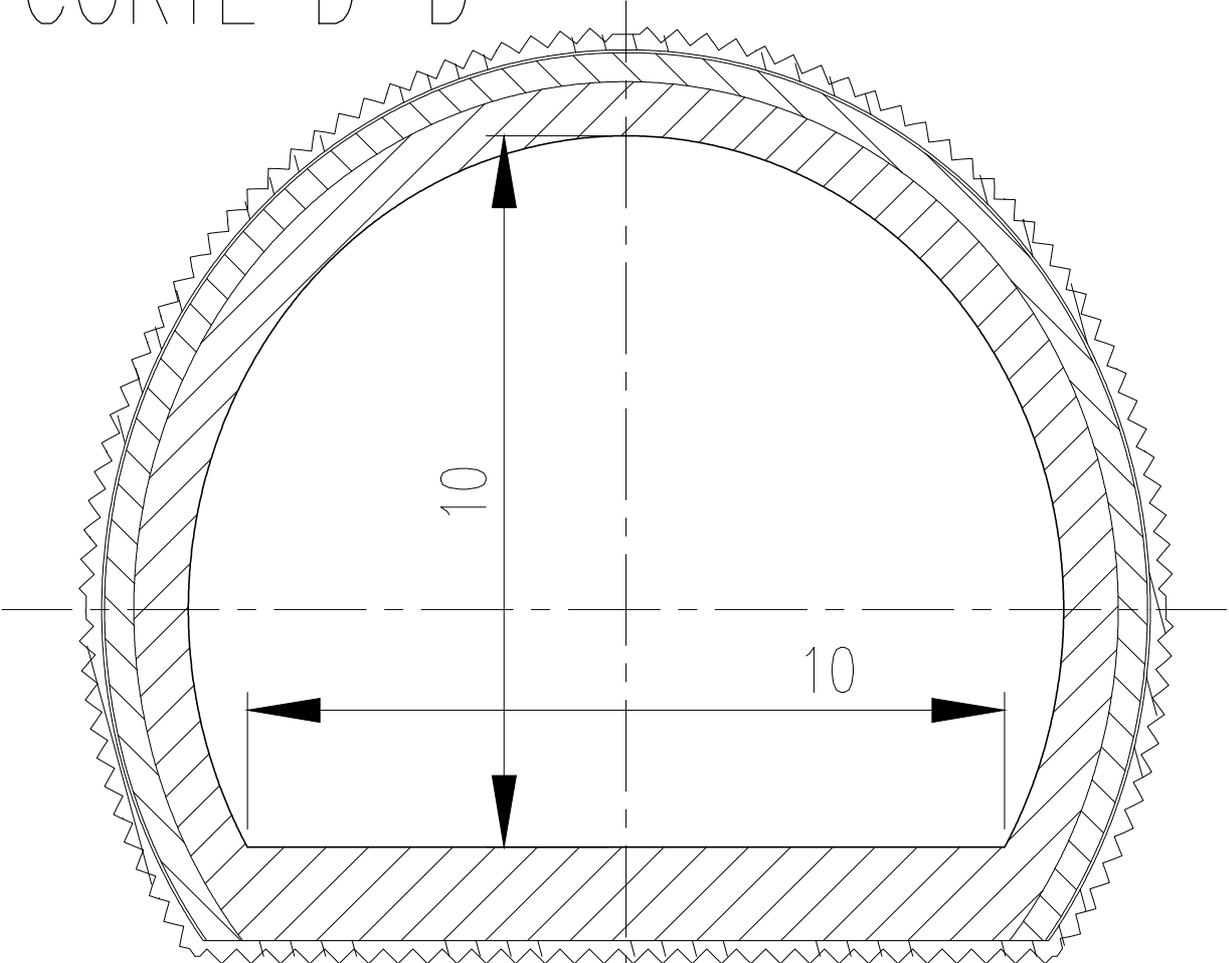


0 10 metros

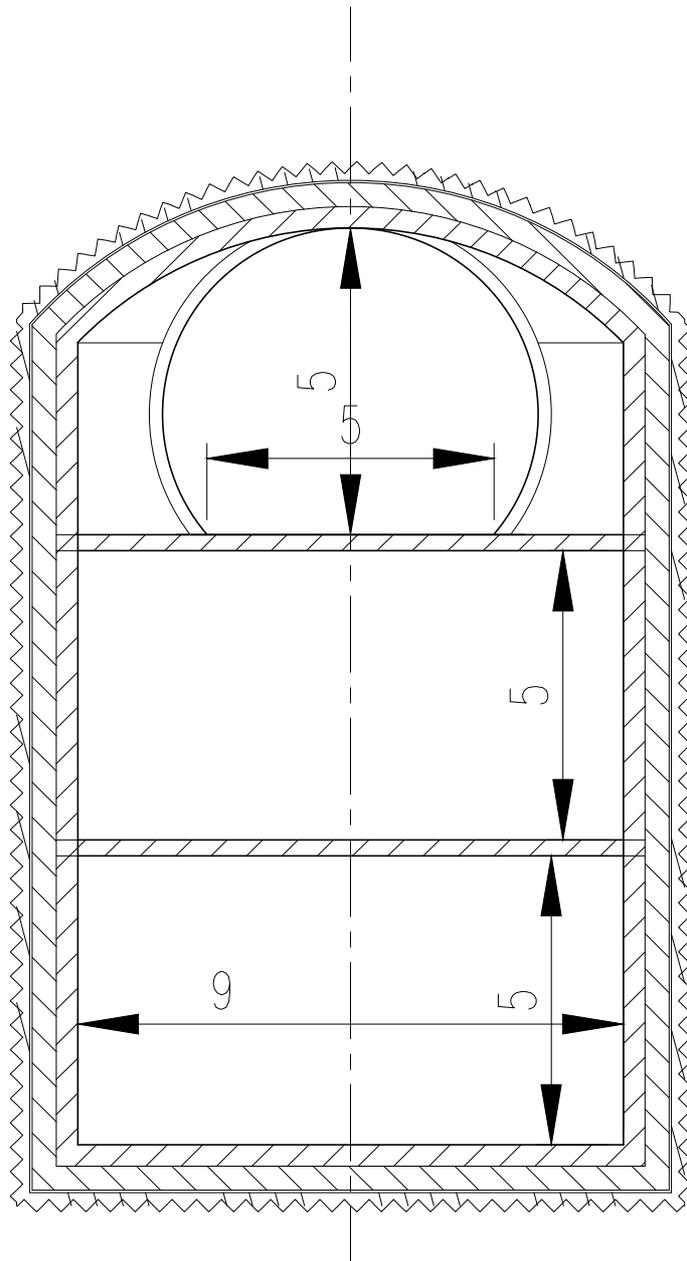
CORTE C-C



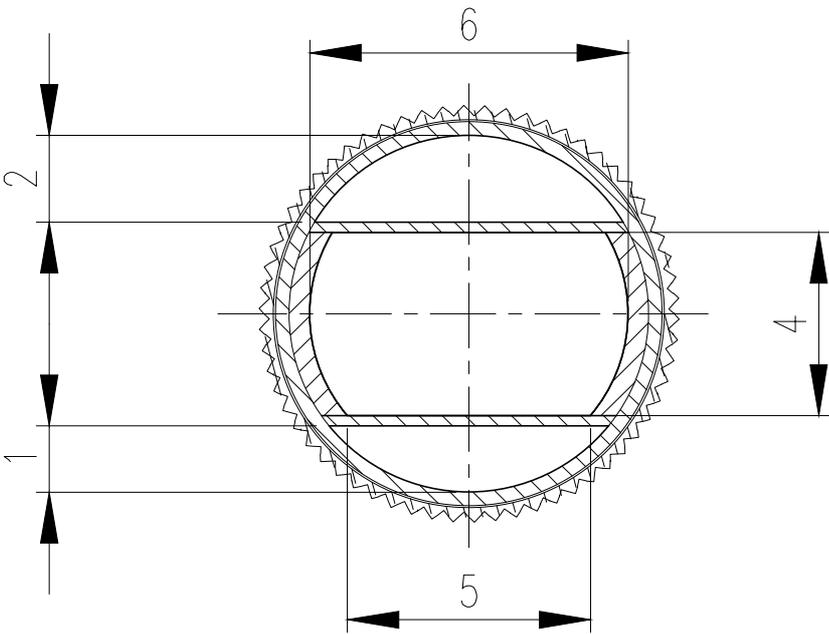
CORTE D-D



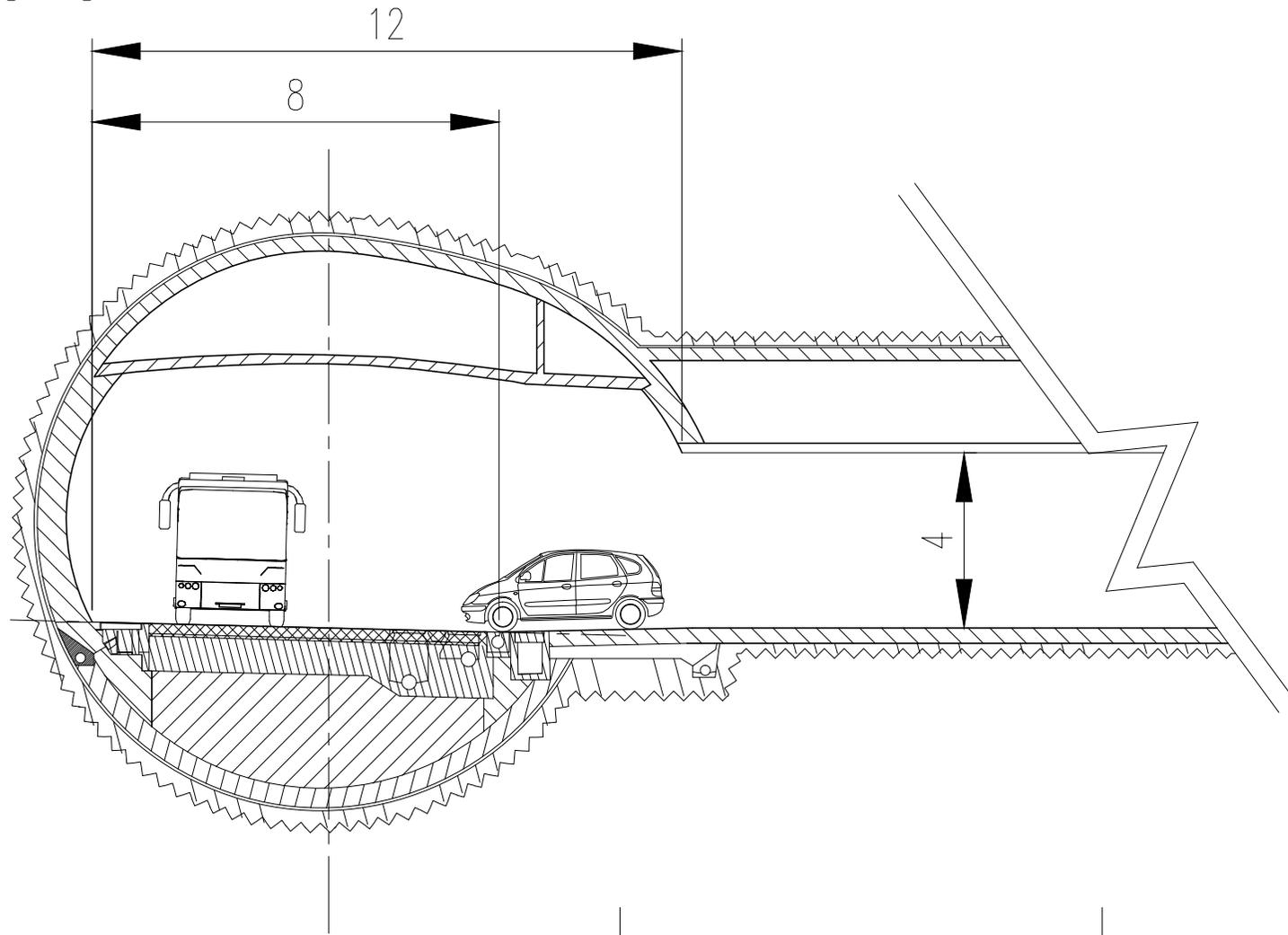
CORTE E-E



CORTE F-F



CORTE G-G



CORTE H-H

