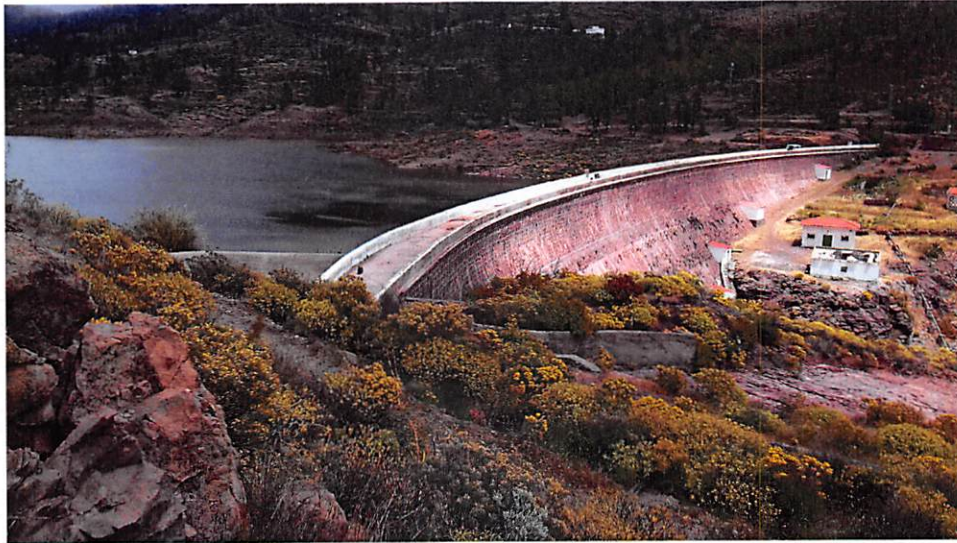


RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO-GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA).



Las Palmas de Gran Canaria, 10 de Mayo de 2018

	Preparado	Aprobado	Aprobado
Firma			
Nombre	P. Medina	R. Mínguez	C. Calvo
Fecha	10/05/2018	10/05/2018	10/05/2018



ÍNDICE

I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	4
II. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	5
III. METODOLOGÍA	9
III.1 Tomografía Eléctrica 2D y 3D	9
III.2. Tomografía Sísmica	11
III.3. Down-Hole.....	14
III.4 Análisis de Desviación de Sondeos.....	15
III.5. Tomografía Sísmica Cross-Hole.....	16
III.6. MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	18
IV. TRABAJOS REALIZADOS	20
VI.1 Trabajos de campo	20
VI.1.1 Estudio Geofísico	20
VI.1.2 Estudio Geotécnico	28
VI.1.3 Topografía	30
VI.2 Trabajos de Gabinete	32
V. RESULTADOS	36
V.1. Tomografía Eléctrica y Tomografía Eléctrica 3D.....	37
V.2. Tomografía Sísmica.....	40
V.3. Tomografía Sísmica Cross-Hole	41
V.4. DOWN-HOLE	43
V.5. MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	46
VI. INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES.....	47

ANEXOS

- ANEXO A: PLANO DE LOCALIZACIÓN.**
- ANEXO B: MODELOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.**
- ANEXO C: MODELOS DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA DE SUPERFICIE.**
- ANEXO D: MODELOS DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA DE CROSS-HOLE.**
- ANEXO E: GRÁFICOS Y TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO
DOWN-HOLE.**
- ANEXO F: GRÁFICOS DE VELOCIDAD DE ONDAS S DE MASW.**
- ANEXO G: TESTIFICACIÓN GEOTÉCNICA.**
- ANEXO H: RESULTADOS ENSAYOS LUGEON.**
- ANEXO I: ENSAYOS DE LABORATORIO.**
- ANEXO J: TOPOGRAFÍA.**
- ANEXO K: MODELO SINTÉTICO DE LA ESTRUCTURA DE LA PRESA.**

I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Según el contrato de "ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO DE LA PRESA DE CHIRA" en San Bartolomé de Tirajana con el **CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE GRAN CANARIA**, **Aplicaciones Geofísicas Insulares** ha realizado este "Estudio geofísico-geotécnico" en la citada presa.

Los trabajos se han enfocado en obtener información mediante técnicas Geofísicas (no destructivas) en las siguientes tres zonas de la Presa:

- **Cuerpo de la presa.** Se ha estudiado el cuerpo de la presa para analizar con detalle las zonas próximas a las distintas interrupciones de la construcción, estado del núcleo de la presa y la existencia de líneas de corriente a través del cuerpo de la presa.
- **Cimiento de la presa.** Se ha determinado en qué materiales apoya la presa, o más concretamente, si existe aluvial debajo del cimiento de la presa, antes de alcanzar el sustrato rocoso formado por ignimbritas.
- **Cauce aguas abajo.** En la zona del cauce aguas abajo, ante la sospecha que pudiera existir un accidente geológico (grieta o discontinuidad) entre las márgenes de la cerrada, se ha realizado un estudio encaminado a determinar si existe algún aspecto de relevancia en esta zona.

Inicialmente se ha procedido al análisis de la información facilitada por el **CONSEJO INSULAR DE AGUAS**, tanto en cuanto a datos de su geometría como fotografías de la época de su construcción, además de los resultados de varios sondeos realizados por **OFITECO**, dentro de un estudio del análisis de la presa encargado por **RED ELECTRICA DE ESPAÑA** en el ámbito del desarrollo del proyecto del salto hidroeléctrico.

El 9 de Febrero de 2018 se realiza la visita previa a la Presa de Chira. La visita sale desde las oficinas del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria, asistiendo a la misma D. Raúl Mínguez, Geólogo Colegiado y Dña. Pilar Medina, Ingeniero de Obras Públicas parte de Aplicaciones Geofísicas Insulares, SL y D. Yonay Jesús Concepción Guodemar, Ingeniero de Caminos por parte del Consejo.

Una vez realizada la visita previa y analizada la información de la que disponemos, se plantea una campaña de geofísica de superficie consistente en la realización de perfiles de Tomografía Eléctrica, Tomografía Sísmica, MASW y Tomografía eléctrica 3D en las mismas implantaciones recogidas en el informe previo fechado el pasado 16 de Febrero de 2018.

Se ejecuta la primera fase del estudio (Geofísica de Superficie) entre los días 13 y 15 de Marzo de 2018, emitiéndose un informe inicial el pasado día 26 de Marzo de 2018. Basado en los resultados obtenidos en la primera fase, se diseña el resto de la campaña a realizar, así como la ubicación de los sondeos geotécnicos. Los sondeos se realizan entre los días 10 de abril y 5 de Mayo y los trabajos de geofísica y topografía entre los días 7 y 11 del mismo mes.

Con la información aportada por la primera campaña de geofísica, los trabajos de geotecnia, topografía y los datos obtenidos de la segunda campaña de geofísica se elabora el presente informe.

II. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

La presa de Chira se encuadra en el Término Municipal de San Bartolomé de Tirajana, en la Provincia de Las Palmas, en el noreste de Gran Canaria (**Figura 1**).

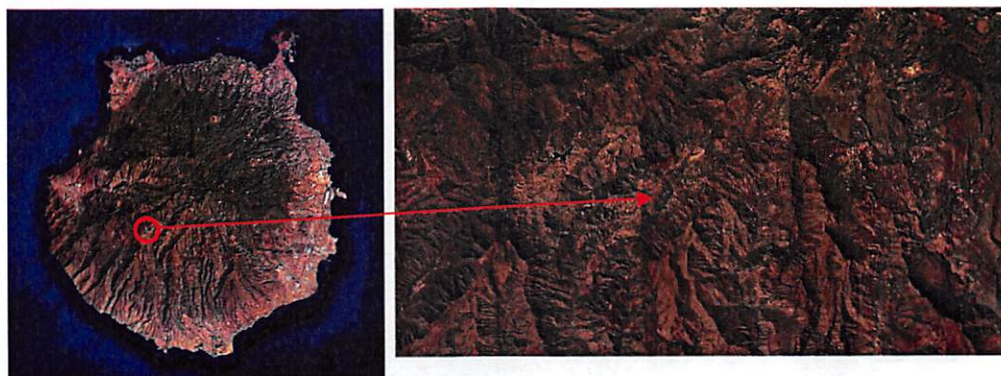


Figura 1. Ortofotografías de la zona en la que se ejecuta el estudio. En la imagen de la **izquierda**, la elipse de color rojo indica la zona en la que se lleva a cabo el estudio. En la imagen de la **derecha**, se presenta de forma ampliada la ortofotografía de la zona de estudio.

La Presa de Chira se ejecutó en tres fases distintas terminándose su construcción en el año 1964. Según el libro de Grandes Presas publicado en el año 2005, está emplazada a una altitud de 875 m.s.n.m. en el Barranco de Chira, que es un afluente por la margen izquierda del Barranco de Arguineguín. La Presa es del tipo de gravedad de fábrica de mampostería con acabados de paramentos mediante sillares. Su paramento de aguas arriba está impermeabilizado con 15 cm de hormigón en masa, su altura sobre cauce es de 32 metros y la longitud de coronación alcanza los 260 metros en desarrollo curvo de 400 metros de radio de curvatura. Los taludes son 0,05 aguas arriba y 0,75 aguas abajo con una anchura de coronación de 4 metros.

Además de lo expuesto, la cerrada se localiza sobre ignimbritas traquítico-riolíticas del Ciclo I (Mioceno) y tiene una morfología en "V" hasta la cota 885, abriéndose progresivamente a partir de esa cota.

La presa dispone de aliviadero en lámina libre de labio fijo de vertido frontal con una longitud de 42,50 m que descarga a un canal que aguas abajo de la coronación se queda sobre el sustrato rocoso, sin revestimiento alguno. La presa no dispone de desagüe de fondo, galerías ni red de drenaje.

A partir de la información desprendida del "Mapa Geológico Continuo digital a escala 1:50.000 GOEDE, Zona Z2912 (Gran Canaria)", los materiales predominantes en la zona de estudio son (Figura 2):

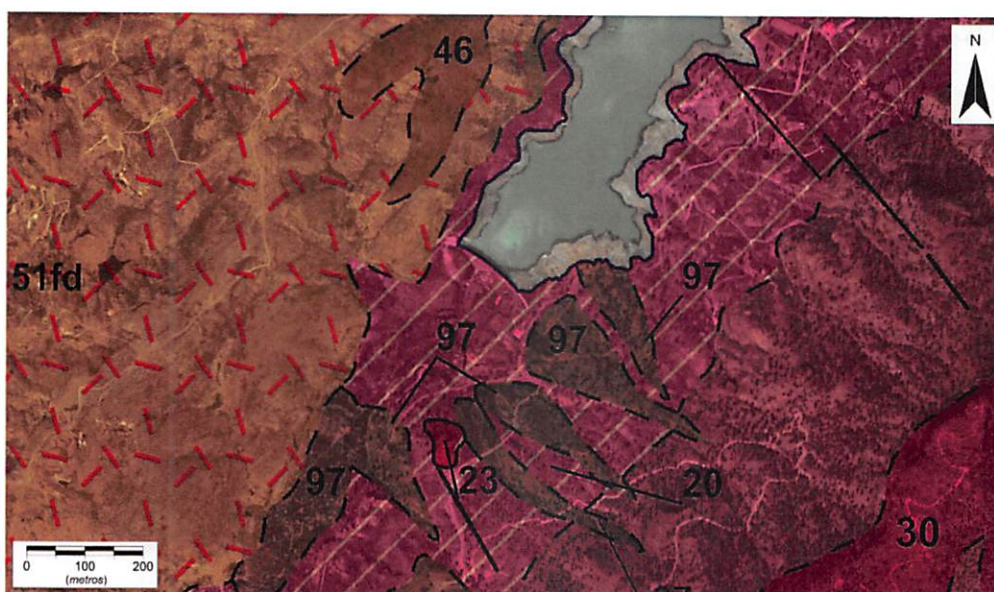


Figura 2. Plano geológico de la zona en la que se ubica la presa de Chira.

- **20 (Ig):** Tobas ignimbríticas y coladas riolítico – traquíticas peralcalinas. Mioceno medio.
- **23:** Domos, domos – diques, pitones e intrusiones de fonolitas y fonolitas nefelínicas. Mioceno medio.
- **30:** Lavas fonolíticas, fonolítico-nefelínicas y, a veces, traquíticas, peralcalinas. Mioceno superior.
- **46:** Lavas basálticas, basáltico olivinico-piroxénicas, ankaramíticas, basaníticas y tefríticas. Hawaiitas, benmoreitas. Plioceno.
- **51fd (Bv):** Brecha volcánica Roque Nublo, facies deslizadas (fd). Plioceno
- **97:** Depósitos y derrubios de ladera y coluviones. Pleistoceno superior.

En el marco de este proyecto de reconocimiento Geofísico-Geotécnico de la Presa de Chira se han realizado dos sondeos geotécnicos con recuperación de testigos S-01 y S-02 (**Plano A-11, Anexo A**) cuya testificación se resume a continuación:

Sondeo S0-1:

- **De 0,0m a 39,0m:** Bolos y gravas cementadas compuestas por clastos fonolíticos, ignimbríticos y en menor porcentaje basálticos, cementados por hormigón en masa y arenas gruesas con limos con hormigón a techo. A los **6,4 m** de profundidad presenta un nivel de gravas con arenas de 0,8 m de espesor. A partir de los **7,2 m** el relleno antrópico presenta además de los materiales previamente descritos, bolos de piroclastos soldados de colores rojizos.
Asimismo se suceden tres (3) niveles intercalados de hormigón a **12,5 m**, **15,0 m** y **23,0 m** de profundidad, con espesores de 0,9 m, 1,8 m y 0,5 m respectivamente. A esta unidad se la va a denominar Relleno granular **Rg**.
- **De 39,0 m a los 46,0 m:** Bajo una primera capa de aproximadamente 2,0 m de espesor de hormigón ciclópeo con bolos basálticos y fonolíticos aparece un nivel de bolos limpios con algo de argamasa como cementante que se aprecia en las paredes de los bolos. La recuperación en este estrato ha sido muy baja debido a que es posible que existan huecos entre los bolos, pudiéndose asemejar a un muro de escollera. A esta unidad se la va a denominar Mampostería hidráulica **Mh**.
- **De 46,0m a 59,0m:** Ignimbrita traquítico riolítica formada por ignimbrita de color rojizo debido a los procesos de meteorización. Presenta textura vesicular en la que se observan restos de pómez aplastados. Los líticos, en general son de tamaños milimétricos aunque se aprecian algunos de tamaños centimétricos. Las fracturas están rellenas de óxidos y/o carbonatos. De techo a muro disminuye la fracturación y la meteorización. A esta unidad se la va a denominar Ignimbrita alterada **Ig A**.
- **De 59,0m a 67,0m:** Ignimbritas traquítico riolíticas soldadas de matriz microcristalina en la que se observan algunos cristales de plagioclasas. Los líticos, aunque en general presentan tamaños milimétricos, se observan algunos de 5-7 cm. Los fragmentos de pómez aparecen aplastados y soldados. Las fracturas y los huecos están rellenos de óxidos y en menor porcentaje de carbonatos con espesores inferiores a 2 mm. A esta unidad se la va a denominar Ignimbrita soldada o sana **Ig S**.

Sondeo S-02:

- **De 0,0m a 11,0m:** Gravas y bolos cementados, formada por clastos fonolíticos, ignimbríticos y en menor porcentaje basálticas, cementados por hormigón en masa y arenas gruesas con limos. A techo presenta un nivel de bolos no cementados. A muro se aprecia un incremento en el porcentaje de arenas y limos como material cementante. El muro de esta unidad (10,5m a 11,0m) está formado por un nivel de gravas limpias de tamaños inferiores a 6-7cm. Unidad **Rg**.
- **De 11,0m a 27,0m:** Ignimbritas traquítico riolíticas soldadas formada por ignimbritas soldadas de colores gris claro con algunos niveles con coloraciones rojizas de alteración. En detalle se puede observar el bandeado que presentan estas formaciones. La matriz es microcristalina en la que se observan algunos cristales de plagioclasas. Los líticos, aunque en general presentan tamaños milimétricos, se observan algunos de 5-7cm. Los fragmentos de pómez aparecen aplastados y soldados. Las fracturas y los huecos está rellenos de óxidos y en menor porcentaje de carbonatos con espesores inferiores a 2mm. Unidad **Ig S**.

Se ha de tener en cuenta, a la hora de interpretar los distintos modelos geofísicos de los estudios realizados, que el nivel de agua en la presa ha aumentado entre las distintas fases de ejecución de los trabajos de campo.



Figura 3. Derecha. Vista del nivel de agua de la presa en febrero (visita) mucho más bajo que durante la realización de los trabajos de geofísica de superficie en marzo (centro) y el nivel, algo superior que éste último, en el mes de mayo, durante la ejecución de la geofísica en pozo (izquierda).

III. METODOLOGÍA

III.1 Tomografía Eléctrica 2D y 3D

El método de la tomografía eléctrica consiste en la introducción en el terreno de una corriente eléctrica continua, por medio de dos electrodos denominados A y B, conectados a una fuente de energía de intensidad conocida. Mediante otros dos electrodos (M y N) se mide la diferencia de potencial (**Figura 4**). Con estas dos medidas (intensidad y diferencia de potencial) se obtiene la resistividad aparente del material afectado por la corriente eléctrica en varios puntos del subsuelo.

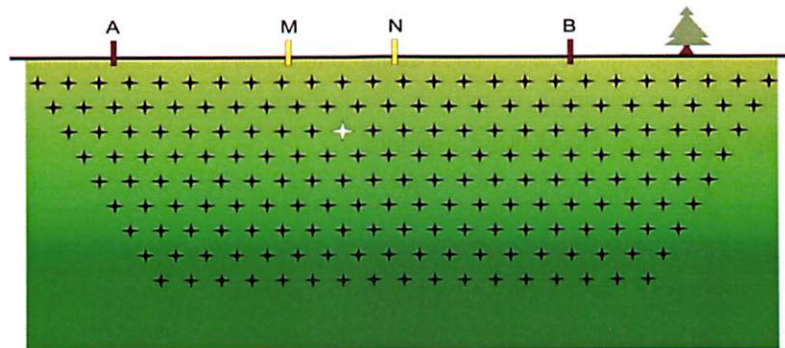


Figura 4. Esquema de dispositivo de medición utilizando una configuración electródica Wenner – Schlumberger, en donde se muestra el punto de medida (punto blanco) para las posiciones mostradas de los electrodos del cuadrípulo y los puntos de medida que se obtendrían desplazando y variando la distancia entre electrodos (puntos negros).

Para optimizar la adquisición de los datos se colocan numerosos electrodos en la superficie del terreno. En cada punto de medida se seleccionan cuatro electrodos que forman las diferentes combinaciones AB-MN. De este modo se obtiene un pseudo-perfil con resistividades aparentes del terreno que tras un proceso de inversión y posterior análisis e interpretación permite identificar el modelo de subsuelo (capas de resistividad y espesor individualizados) generando un perfil interpretable de zonas semejantes eléctricamente (**Figura 5**).

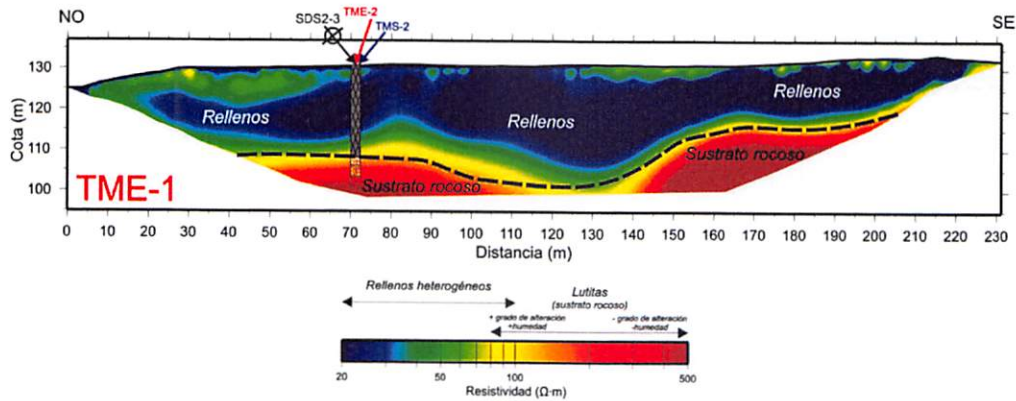


Figura 5. Modelo de resistividad del subsuelo (perfil) generado a partir de las lecturas de resistividad aparente obtenidas en una implantación de tomografía eléctrica.

En el caso de la tomografía eléctrica 3D los electrodos se colocan conformando diferentes planos de medida. Al disponer los electrodos según diferentes planos se obtiene una malla de medidas que afecta a un volumen de terreno. En la **Figura 6** se muestra un ejemplo de la disposición de las medidas de resistividad aparente.

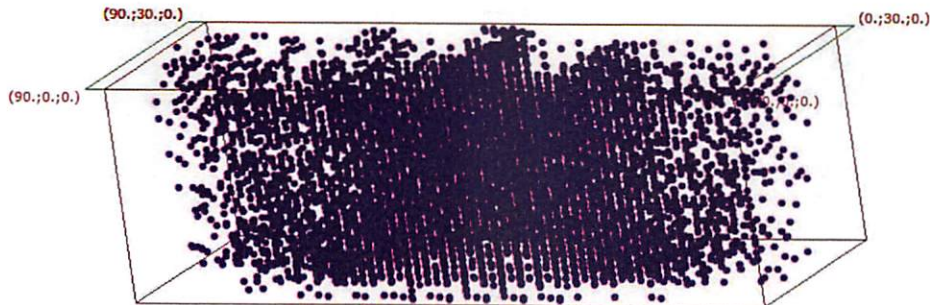


Figura 6. Ejemplo de los puntos de medida que se obtienen en un perfil de tomografía eléctrica tridimensional.

Los valores de resistividad aparente obtenidos en campo deben ser procesados para obtener un modelo de resistividad del terreno interpretable (**Figura 7**).

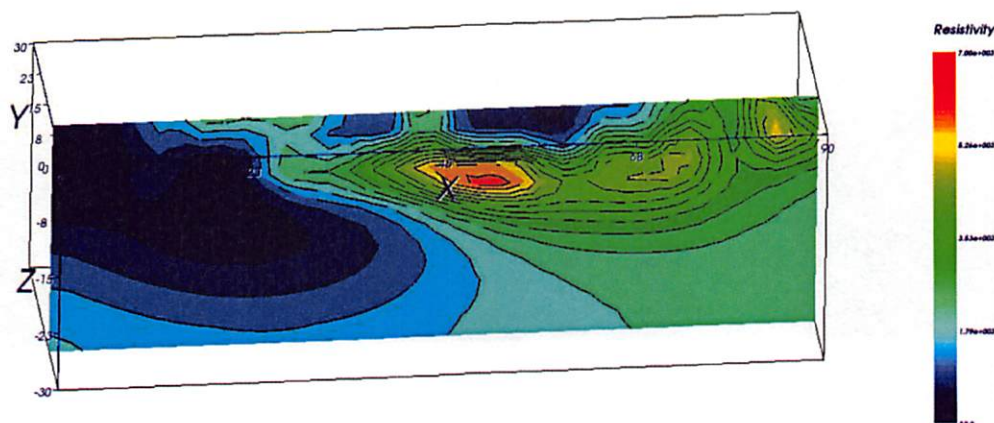


Figura 7. Modelo de resistividad del subsuelo (perfil) generado a partir de las lecturas de resistividad aparente obtenidas en una implantación de tomografía eléctrica 3D.

El contraste de resistividades obtenido permite caracterizar el terreno, pudiendo llegar a diferenciar litologías en función de sus valores de resistividad. Este método permite discriminar zonas de mayor porosidad y/o menor contenido en finos (valores de resistividad relativamente altos), de valores de mayor humedad y/o mayor contenido en finos (valores más bajos de resistividad).

Hay que destacar que existen varios factores que influyen en los valores de resistividad del terreno como son el grado de humedad y la porosidad. Un incremento de la humedad conlleva una disminución de la resistividad de los materiales, lo que permite determinar la profundidad del nivel freático en determinados contextos. Por el contrario, un porcentaje elevado de porosidad conlleva un aumento de los valores de resistividad, siempre y cuando la porosidad no esté ocupada por agua.

III.2. Tomografía Sísmica

La Tomografía Sísmica de Refracción se basa en generar una perturbación mecánica en el terreno (por lo general mediante una maza) y determinar el tiempo que las ondas P (generadas en el punto de impacto) tardan en recorrer el trayecto que separa la fuente y una serie de sensores (geófonos) situados a lo largo de una línea de adquisición (**Figura 8**). Conociendo la distancia recorrida por las ondas sísmicas y el tiempo empleado se puede determinar la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el subsuelo.

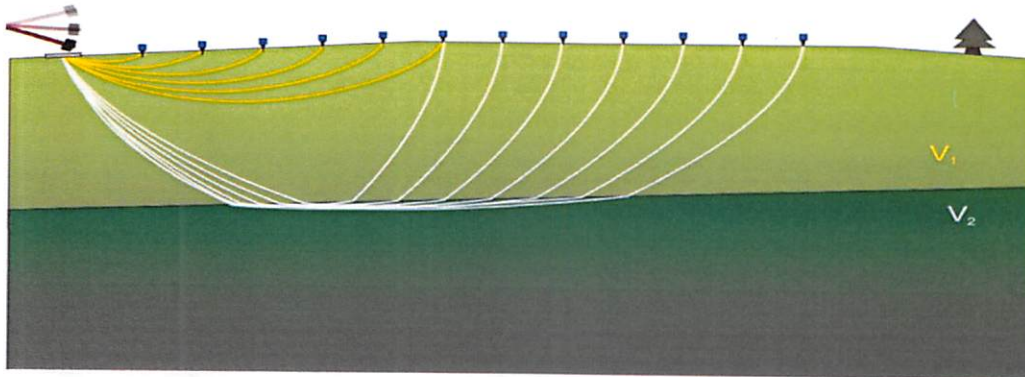


Figura 8. Diagrama esquemático de un ensayo de Tomografía Sísmica de refracción. Se golpea una placa metálica, situada sobre el terreno, con una maza, y la energía producida se propaga en forma de ondas P a través de las distintas unidades litológicas que componen el subsuelo. Las ondas P son registradas en varios sensores (geófonos) colocados a intervalos regulares en el terreno.

La Tomografía Sísmica de Refracción, se considera una evolución de la sísmica de refracción tradicional, presenta como principales ventajas el mayor grado de detalle de los modelos obtenidos y que la presencia de capas de baja velocidad, fuertes gradientes laterales, o elevados buzamientos, no son grandes limitaciones tal y como ocurre en la sísmica de refracción tradicional.

Uno de los aspectos más importantes de la Tomografía Sísmica de refracción es que se trata de un método basado en la inversión de "residuos". Se denomina "residuo" a la diferencia entre los tiempos de recorrido de las ondas P observados y los tiempos de recorrido teóricos. Por ello es muy importante emplear una herramienta de procesado que sea capaz de reproducir de manera precisa los tiempos de recorrido de las ondas P en un medio complejo. Una de las formas más precisas que existen es resolver la ecuación Eikonal mediante un proceso de diferencias finitas. Esta ecuación describe el tiempo de propagación de un frente de ondas en un medio isótropo.

De esta forma es posible reproducir de manera muy precisa el trayecto recorrido por la onda P desde la fuente hasta el receptor. El proceso de inversión que dará lugar al modelo final es un proceso iterativo, en el que el modelo inicial se va actualizando en cada iteración hasta dar lugar al modelo final.

En la tomografía sísmica de refracción el modelo inicial de velocidades se obtiene definiendo un modelo 1D en el que la velocidad depende únicamente de la profundidad ($v(z)$). Este modelo se determina automáticamente a partir de los tiempos de recorrido de las ondas P observados empleando el método Delta-t-v. Este método consiste en obtener una curva $v(z)$ bajo cada sensor (geófono). Una vez calculadas las curvas $v(z)$ bajo cada estación se calcula el valor promedio y se genera un modelo 2D a partir de este valor promedio que se extiende

lateralmente en toda la longitud del modelo. Este método maximiza las probabilidades de que el proceso iterativo parta desde un punto lo suficientemente próximo a la solución correcta.

Una vez definido el modelo inicial se resuelve la ecuación Eikonal anteriormente descrita y se obtienen los residuos de la primera iteración. El modelo inicial se actualiza y se crea un segundo modelo de velocidades a través del que se vuelven a calcular los tiempos teóricos de recorrido y se obtienen nuevos residuos. El proceso continua hasta que la suma de los residuos alcanza el mínimo.

Otra ventaja de la Tomografía Sísmica es que permite determinar, tanto de manera cuantitativa (valor del mínimo de los residuos) como de manera cualitativa (a través de la distribución espacial de los frentes de ondas P dentro del modelo, **Figura 9**), el grado de certeza de las soluciones alcanzadas, lo cual es muy útil a la hora de realizar la interpretación del modelo.

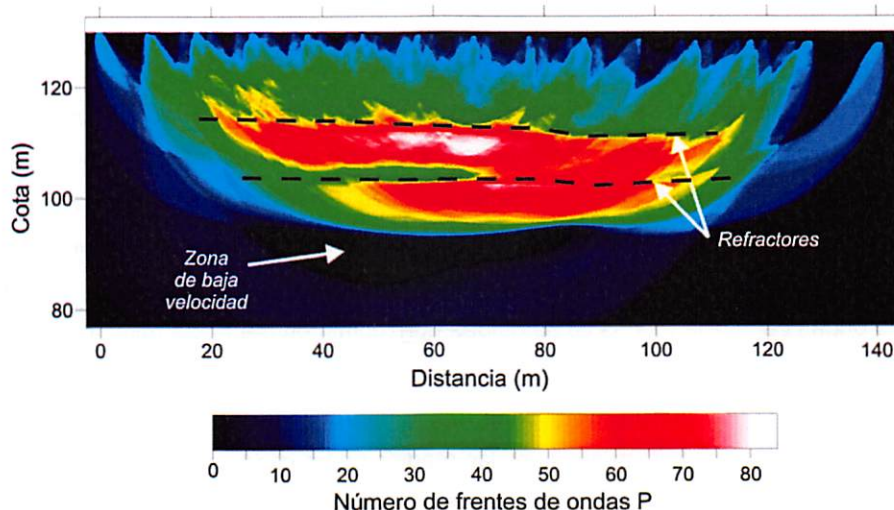


Figura 9. Identificación de refractores y zonas de baja velocidad a partir de la imagen de cobertura de frentes de ondas P de un modelo de Tomografía Sísmica. Los tonos cálidos indican las áreas con más densidad de muestreo en el modelo (zonas con mayor resolución) mientras que los tonos fríos indican las zonas de menor resolución. Estos diagramas se emplean como indicador cualitativo a la hora de interpretar los modelos de velocidad obtenidos mediante tomografía sísmica.

Es importante destacar que, gracias a los gráficos de cobertura de las trayectorias de frentes de ondas P (**Figura 9**), además de definir con precisión las zonas cubiertas por los frentes de ondas sísmicas (de alta fiabilidad) permiten identificar "refractores" (*interfases entre dos materiales con distintas propiedades físicas*) y zonas de "sombra" (áreas, dentro de la zona de cobertura, por donde las ondas sísmicas P tienden a no viajar). Estos "refractores" son la respuesta a una interfase entre dos medios con velocidades distintas, que produce una focalización de los frentes de onda (head waves) que se puede identificar en los diagramas de cobertura. Estos dos medios no han de ser necesariamente materiales litológicamente distintos, ya que variaciones en la concentración de humedad o en el grado de compactación

producen cambios en las propiedades físicas de un mismo material, dando lugar a una interfase.

Estos datos proporcionan información adicional para la interpretación de los modelos de velocidad; como por ejemplo la existencia de zonas de baja velocidad sísmica relativa asociadas a zonas de sombra, o ausencia de frentes de onda, lo que indica variaciones graduales de la velocidad, etc.

III.3. Down-Hole

Los ensayos de Down-Hole permiten estimar, los módulos dinámicos de deformación del terreno, basados en la determinación de la velocidad de propagación de las ondas de compresión (ondas P) y de cizalla (ondas S), de paquetes discretos de terreno.

Para generar las distintas ondas sísmicas (P y S) se suele utilizar el golpeo con una maza, y la señal sísmica generada se registra mediante un geófono de pozo de tres componentes provisto de una brújula para orientar los sensores dentro del pozo. En el caso de las ondas P, se golpea sobre una viga metálica hincada y cementada en el terreno a una distancia de entre 1,0 y 3,0 metros desde el centro del sondeo (en el sentido indicado por la flecha azul, **Figura 10**). Para generar las ondas de cizalla (ondas S) se golpea horizontalmente en esta misma viga metálica. Para una mejor detección de las ondas S, se repiten las medidas golpeando la viga metálica en sentidos opuestos (como indican las flechas roja y marrón, **Figura 10**). En todos los casos (ondas P y ondas S) se repiten varias veces las medidas para cada nivel y se suman las trazas obtenidas (*stacking*). De este modo se mejora la calidad de los registros aumentando la relación señal-ruido.

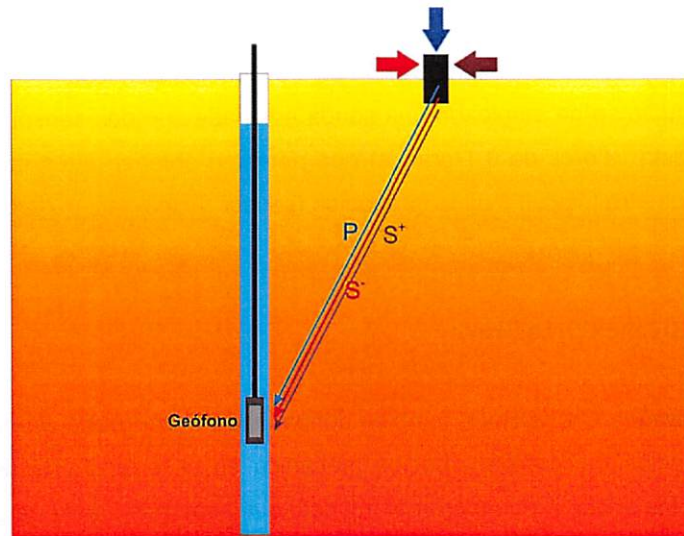


Figura 10. Diagrama esquemático de la realización de los Down-Hole en el que se muestran los diferentes tipos de ondas sísmicas analizadas y la forma de generarlas.

Las lecturas se repiten a intervalos regulares a lo largo de la longitud completa del sondeo. Conociendo la distancia que separa el sondeo de la fuente sísmica, se puede obtener la velocidad de transmisión de las ondas sísmicas para cada nivel de profundidad analizado y a su vez calcular los módulos elásticos dinámicos de deformación del terreno.

III.4 Análisis de Desviación de Sondeos

Para la realización de ensayos sísmicos en pozo, es necesario determinar con un elevado grado de precisión, tanto el tiempo de recorrido empleado por las ondas sísmicas, como la distancia existente entre el emisor y el receptor.

Las desviaciones producidas en sondeos geotécnicos pueden llegar a suponer la mayor fuente de error en los ensayos de pozo (**con errores superiores al 40% en los resultados finales**). Para evitar este tipo de errores es necesario conocer la posición exacta de fuentes y sensores en ambos sondeos a lo largo de toda su longitud.

Mediante el empleo de sondas de verticalidad o desviación se evalúa la dirección real del sondeo, es decir, el acimut, la inclinación y la desviación respecto a la trayectoria original.

El conocimiento de la trayectoria real del sondeo y su desviación son de gran utilidad en aspectos como el cálculo de las profundidades reales alcanzadas por el sondeo, necesarias para la correcta interpretación del resto de los registros efectuados en el mismo, así como la regeneración, en su caso, de la verticalidad del sondeo, y poder así establecer las geometrías reales existentes entre emisor y receptor empleados para la ejecución de ensayos. De este

modo se pueden realizar correcciones precisas de los tiempos de llegadas de ondas P o S, fundamentales en el procesado e interpretación de los modelos sísmicos.

En el presente estudio se ha empleado una sonda equipada con dos sensores específicos de alta resolución (hasta valores de 0,1 grados) que permiten obtener datos muy precisos de la dirección (magnetómetro triaxial) y de la inclinación (sensor de inclinación de dos ejes).

III.5. Tomografía Sísmica Cross-Hole

La **Tomografía Sísmica Cross-Hole**, también denominada **Tomografía Sísmica en Pozo**, se basa en la generación de una perturbación mecánica en el terreno y la determinación del tiempo que tardan las ondas P en recorrer el trayecto que separa la fuente de generación y una serie de sensores (geófonos o hidrófonos) situados a lo largo de una línea de adquisición (colocada en este caso dentro de un pozo o sondeo). Conociendo la distancia recorrida por las ondas sísmicas y el tiempo empleado se puede determinar la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el subsuelo.

Uno de los aspectos más importantes de la Tomografía Sísmica es que se trata de un método basado en la inversión de "residuos". Se denomina "residuo" a la diferencia entre los tiempos de recorrido de las ondas P observados y los tiempos de recorrido teóricos. Por ello es muy importante emplear una herramienta que sea capaz de reproducir de manera precisa los tiempos de recorrido de las ondas P en un medio complejo. Una de las formas más precisas que existen es resolver la ecuación Eikonal mediante un método de diferencias finitas. Esta ecuación describe el tiempo de propagación de un frente de ondas en un medio isótropo mediante la expresión:

$$(\nabla \tau)^2 = p^2(x, y, z)$$

Donde:

$\tau(x,y,z)$ es el tiempo de recorrido desde la fuente hasta el punto de coordenadas (x,y,z) ,

p es la lentitud (inversa del vector velocidad) en el punto (x,y,z) ,

De esta forma es posible reproducir de manera muy precisa el trayecto recorrido por la onda P desde la fuente hasta el receptor. El proceso de inversión que dará lugar al modelo final es un proceso iterativo, en el que el modelo inicial se va actualizando en cada iteración hasta dar lugar al modelo final.

Cada ensayo de Tomografía Sísmica en Pozo consta de dos sondeos, uno que actúa como fuente o emisor y otro como receptor. En otros casos se realizan golpes paralelos al sondeo receptor o en superficie en puntos topográficamente seleccionados, como en este caso en el

paramento de la presa. En el sondeo opuesto (sondeo receptor) se introduce una ristra de sensores espaciados equidistantemente (en este caso cada metro). Estos sensores, denominados hidrófonos, registran los cambios sutiles de presión que se producen a su alrededor. La señal sísmica obtenida de los golpes, está inicialmente compuesta por un movimiento puramente impulsivo (ondas P), que producen compresiones (y dilataciones) del medio en la dirección de propagación de la energía. Estas compresiones producen variaciones en la presión de las moléculas que componen el terreno, que son registradas por los hidrófonos. Las variaciones de presión son registradas simultáneamente por todos los hidrófonos que se encuentran en el sondeo receptor y la señal obtenida se almacena en una unidad de registro digital para su posterior tratamiento.

Los hidrófonos se desplazan a lo largo del sondeo fuente a intervalos regulares, y se registra la señal generada en cada uno de los puntos de golpeo para todos y cada uno de los hidrófonos situados en el sondeo opuesto. La **Figura 11** muestra un ejemplo de las señales (llamadas sismogramas o trazas) obtenidas en este tipo de ensayo.

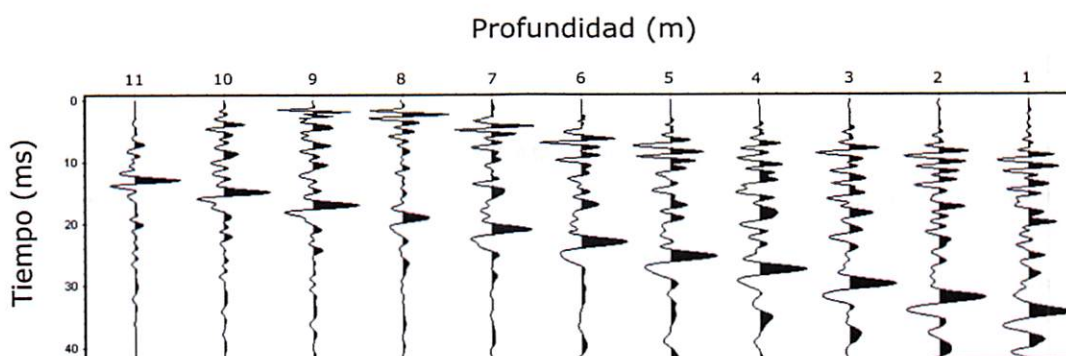


Figura 11. Ejemplo de sismogramas registrados desde el sondeo receptor por la serie de hidrófonos en un ensayo de tomografía sísmica en pozo.

El resultado final de este tipo de ensayos es una sección vertical del subsuelo (**Figura 12**) en la que se observa la distribución de velocidad de ondas P que se puede correlacionar con los distintos materiales que componen el terreno. Estas implantaciones pueden ser de mayor complejidad, con zonas de golpeo no paralelas, y colocando sensores en superficie, añadidos a los hidrófonos de pozo, lo que confiere una mayor definición de registro en función de las necesidades específicas de cada proyecto.

Para una correcta ejecución del ensayo de Tomografía Sísmica en Pozo es necesario conocer con precisión la distancia entre la fuente o emisor y el sondeo receptor, a lo largo de los mismos, para lo que se hace necesaria la medición de la desviación de los sondeos.

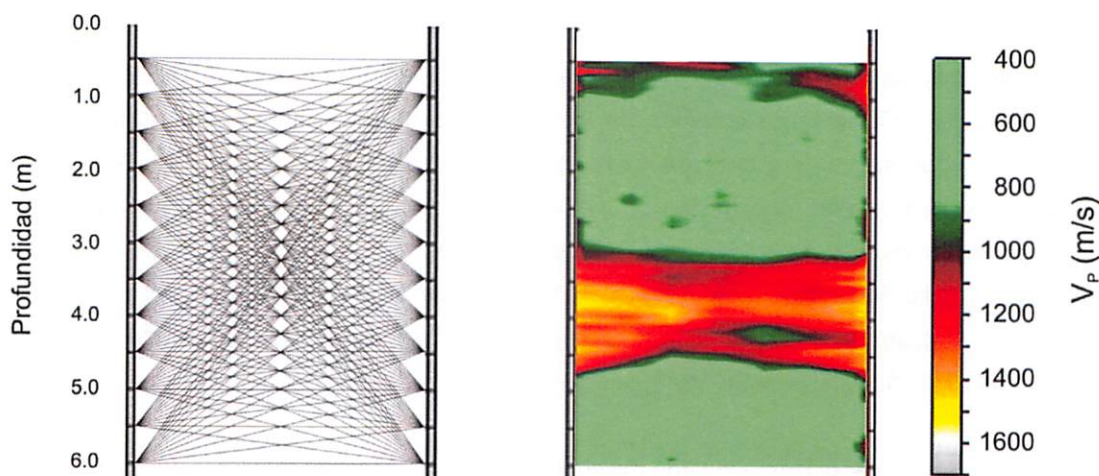


Figura 12. *Izquierda.* Combinación de trayectos recorridos por las ondas P desde todas las posiciones del sondeo fuente hasta todas las posiciones del sondeo receptor. *Derecha.* Tomograma con la distribución de la velocidad de propagación de las ondas P entre los dos sondeos.

III.6. MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

El análisis multicanal de ondas de superficie, **MASW**, es un método que permite evaluar las condiciones elásticas de los materiales del subsuelo. Mediante este método se obtiene una distribución de la velocidad de ondas de cizalla con la profundidad a partir del análisis espectral de registros de vibración del terreno.

El método se basa en el principio físico de la dispersión de las ondas sísmicas superficiales en el terreno. En un medio elástico no dispersivo, las ondas se propagan sin sufrir ningún tipo de deformación. En realidad, todos los medios son, en mayor o menor medida, dispersivos y, por lo tanto, las distintas frecuencias que componen un determinado paquete de ondas se propagan a diferente velocidad (**Figura 13**). A medida que el paquete de ondas se desplaza en el medio, las frecuencias individuales se van separando las unas de las otras, ya que las velocidades de propagación respectivas son diferentes.

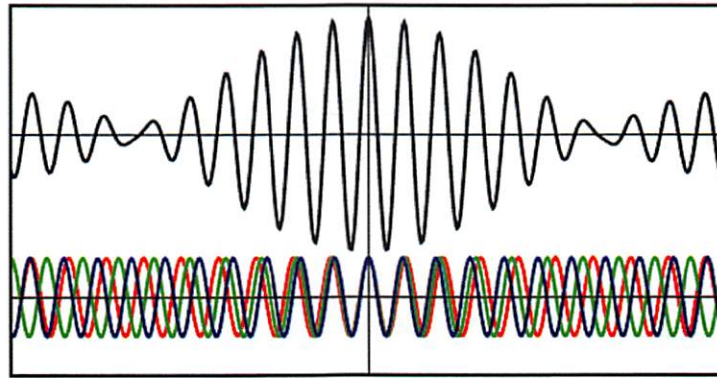


Figura 13. Paquete de ondas compuesto por la superposición de distintas frecuencias. Cuando este paquete de ondas se propaga a través de un medio dispersivo (abajo), las distintas frecuencias (representadas mediante colores) se propagan a diferentes velocidades.

Para la realización de un ensayo MASW es necesario implementar un dispositivo de geófonos de componente vertical a lo largo de una línea de registro. Una vez que la línea de registro ha sido implementada se realizan lecturas con una ventana de registro adecuada para cada caso concreto, y una razón de muestreo suficiente. Como fuente sísmica de ondas Rayleigh se golpea el terreno con una maza, o cualquier otro método.

Para cada ensayo se obtiene un espectro de amplitudes (*Overtone Record*) a partir del cual se determina la curva de dispersión del modo fundamental de la Onda Rayleigh (**Figura 14**).

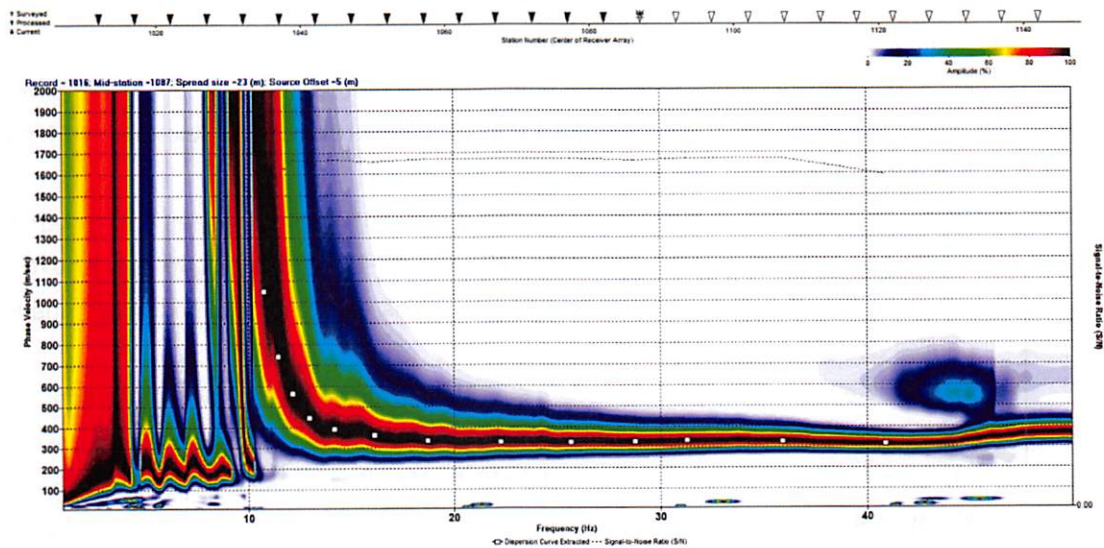


Figura 14. Ejemplo de espectro de amplitudes obtenido en un ensayo de MASW.

A partir de la curva de dispersión observada en cada caso se obtiene un modelo 1D de velocidad V_s del terreno mediante un proceso de inversión iterativo (el modelo que se obtiene es para el centro geométrico de la implantación de geófonos).

IV. TRABAJOS REALIZADOS

VI.1 Trabajos de campo

VI.1.1 Estudio Geofísico

El estudio geofísico para el reconocimiento de la Presa de Chira, han consistido en dos fases, una fase inicial (Fase I) basada en ensayos geofísicos de superficie, realizada en Marzo de 2018; y una segunda fase (Fase II) posterior a los trabajos de Geotécnia, para completar la geofísica de superficie y realizar los ensayos geofísicos de pozo, una vez realizados y acondicionados los sondeos, en Mayo de 2018.

Fase I:

- Tomografía Eléctrica: Los trabajos de campo han consistido en la ejecución de cuatro (4) perfiles de Tomografía Eléctrica, **TME-1, TME-2, TME-3 y TME-4 (Plano A-1, Anexo A; y Planos B-1, B-3 y B-4, Anexo B).**
- Tomografía Eléctrica 3D: Se ha realizado un (1) ensayo de Tomografía Eléctrica 3D en el pie de la presa, aguas abajo, con una superficie de medida de 10,0 x 33,0 metros y una densidad de electrodos de entre 1,0 y 2,0 metros (**Plano A-1, Anexo A; y Planos B-5 y B-6, Anexo B).**
- Tomografía Sísmica de Refracción: Se han ejecutado cinco (5) perfiles de Tomografía Sísmica de Refracción, **TMS-1, TMS-2, TMS-3, TMS-4 y TMS-5, (Plano A-1, Anexo A; y Planos C-1, C-2, C-3 y C-4, Anexo C),** solapados en las mismas posiciones que los perfiles de TME, excepto el **TME-4.**
- MASW : Se han realizado un total de ocho (8) ensayos de MASW, adquiridos sobre las implantaciones de tomografía sísmica, de forma que se han realizado cuatro ensayos (4) para la implantación sísmica del TMS-1 (**MASW-1.1, MASW-1.2, MASW-1.3 y MASW-1.4,**) y un (1) ensayo por cada una de las restantes implantaciones (**MASW-2, MASW-3, MASW-4 y MASW-5**)(**Plano A-1, Anexo A; y Planos F-1 y F-2, Anexo F).**

Fase II:

- Tomografía Eléctrica: Se ha realizado un (1) perfil de Tomografía Eléctrica, **TME-1.1 (Plano A-1, Anexo A; y Planos B-2 y B-3, Anexo B)**, solapado al perfil **TME-1** realizado en la Fase I, y ampliado hacia el talud del estribo oeste.
- Ensayo Down-Hole: Se ha realizado un (1) ensayo de Down-Hole sobre el sondeo **S-01, DH-01 (Plano A-1, Anexo A; y Planos E-1, E-2, E-3 y E-4, Anexo E)**.
- Tomografía Sísmica Cross-Hole: Se han ejecutado tres (3) perfiles de Tomografía Sísmica Cross-Hole, **TMS-XH-1, TMS-XH-2, y TMS-XH-3, (Plano A-1, Anexo A; y Planos D-1, D-2 y D-3, Anexo D)**, empleando el sondeo **S-01**, para la realización de estos ensayos.

Tomografía Eléctrica

Se han realizado un total de 670,5 metros lineales de Tomografía Eléctrica, distribuidos en cinco implantaciones (**TME-1, TME-1.1, TME-2, TME-3 y TME-4**).

Para la ejecución de estos perfiles se han colocado electrodos con un espaciado entre ellos de 4,0 metros para los perfiles **TME-1 y TME-1.1**, de 2,5 metros para el **TME-2 y TME-3**, y de 2,0 metros para el **TME-4**, y se ha utilizado una configuración electródica tipo Wenner-Schlumberger y Dipolo-Dipolo para los perfiles **TME-1 y TME-1.1** y Dipolo-Dipolo para el resto de perfiles, utilizando diferentes espaciados entre dipolos de corriente y potencial con el fin de obtener una malla de datos más densa, así como una mayor estabilidad de la lecturas de resistividad eléctrica, hasta la máxima profundidad investigada en cada caso.

En la **Tabla 1** se muestran las características de cada implantación de Tomografía Eléctrica con: longitud en superficie, número total de electrodos y número de medidas adquiridas.

Tabla 1. Características de los perfiles eléctricos realizados

Nombre	Longitud en superficie (m)	Número de electrodos	Número de lecturas	
			Wenner - Schlumberger	Dipolo - Dipolo
TME-1	244,0	62	985	1323
TME-1.1	244,0	62	985	1323
TME-2	72,5	30	-	565
TME-3	60,0	29	-	532
TME-4	50,0	26	-	424

Para la realización de los modelos de tomografía eléctrica 3D se ha dispuesto un dispositivo de 72 electrodos, conformado por una malla irregular de 10 metros por 33 metros, realizando mediciones reales mediante diferentes combinaciones de dipolos, utilizándose un total de 2.060 cuádrupolos (ver **Figura 15**). Esta configuración ha permitido obtener una alta calidad de las lecturas de resistividad eléctrica, hasta la máxima profundidad investigada, que ha sido de 11 metros.

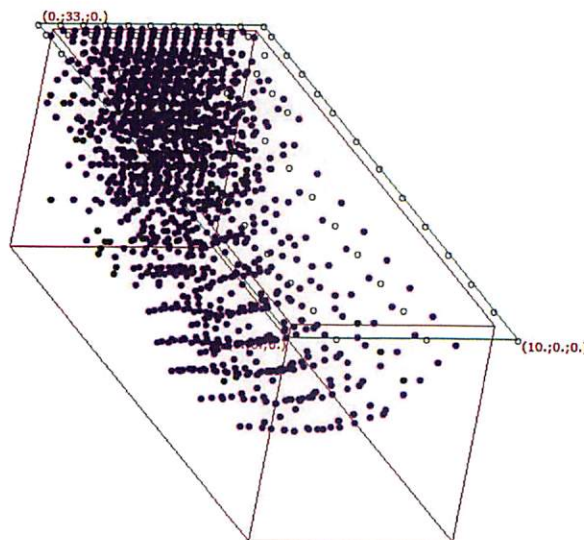


Figura 15. Número total de puntos de medida que se obtienen en los perfiles de tomografía eléctrica tridimensional realizados en este estudio.

Tomografía Sísmica

En este estudio se han realizado un total de 537,5 metros lineales de Tomografía Sísmica, mediante la implantación de cinco (5) perfiles (**TMS-1**, **TMS-2**, **TMS-3**, **TMS-4** y **TMS-5**). Se ha utilizado un espaciado entre sensores (geófonos) de 5,0 metros para el **TMS-1** y de 2,5 metros para el resto de perfiles. Las características de las implantaciones sísmicas se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Características de los perfiles sísmicos realizados				
Nombre	Longitud en superficie (m)	Número de geófonos	Número de disparos	Disparos exteriores
TMS-1	260,0	48	19	± 15,0, 10,0, 2,5
TMS-2	72,5	24	11	± 7,5, 1,25
TMS-3	70,0	24	12	± 7,5, 1,25
TMS-4	72,5	24	11	± 7,5, 1,25
TMS-5	62,5	24	9	± 2,5

El equipo utilizado para la adquisición de datos ha sido un equipo multicanal (sismógrafo), provisto de un sistema de filtrado, reforzamiento de señal y grabación en soporte digital, y geófonos de componente vertical de 10 Hz. La fuente de energía utilizada para la generación de la onda de compresión fue una maza de cinco (5) kilos golpeando sobre una placa metálica de 20 x 20 cm.

Tomografía Sísmica Cross-Hole

En este estudio se han realizado tres (3) ensayos de Tomografía Sísmica Cross-Hole, **TMS-XH-1**, **TMS-XH-2** y **TMS-XH-3 (Plano A-1, Anexo A)**. Para la realización de los tres ensayos se ha empleado el sondeo **S-01**, acondicionado expresamente para estos estudios, para alojar los sensores (sondeo receptor).

Para el ensayo **TMS-XH-1** se ha realizado una doble implantación sísmica, utilizando el sondeo para alojar los sensores, e implantando una línea en superficie hacia el estribo oeste de la presa, con el fin de obtener información del cuerpo de la presa y el sustrato en dicho estribo, ya que con el perfil de Tomografía sísmica de superficie **TMS-1**, se produjo un vacío de información en esta zona. En el sondeo se alojó una línea de hidrófonos especialmente diseñados para registrar en pozo, que consta de 24 sensores de 10Hz de frecuencia dominante, separados cada metro, y mediante la realización de secuencias roll-along, con un solape de 4 sensores se alcanzó una profundidad máxima de 64,0 metros. En la superficie se realizó una implantación de sísmica de superficie de 24 geófonos, separados 2,0 metros entre ellos, y golpes cada 8,0 metros, de forma que se cubriera todo el lateral de la presa hasta la balsa del aliviadero.

En el ensayo **TMS-XH-2**, se emplazaron los hidrófonos en el sondeo **S-01**, realizando dos secuencias de roll-along, para alcanzar una profundidad de investigación de 44,0 metros. Los golpes se realizaron en el paramento de aguas arriba hasta el nivel del agua, 13,0 metros desde la coronación de la presa, en el momento del ensayo. Se realizaron cuatro golpes, cada 4,0 metros, por cada secuencia de roll-along. La poca longitud disponible de golpes restringió la realización de un tercer roll-along hasta los 64,0 metros, debido a que por la geometría del modelo no se obtuviese información de estos últimos metros.

Para la realización del ensayo **TMS-XH-3**, se empleó la misma configuración de hidrófonos en el sondeo que en el ensayo **TMS-XH-1**, con tres secuencias de roll-along hasta 64,0 metros de profundidad. Los disparos se realizaron cada 4,0 metros sobre el paramento de aguas abajo continuando estos por el terreno hasta la máxima longitud practicable.

Para la adquisición de datos se emplearon varios sismógrafos multicanales, con registro digital de hasta 24 geófonos, coordinados en tiempo mediante el empleo de múltiples triggers en el mismo golpeo. Las ventanas de registro fueron de alta densidad de datos, 16 trazas por milisegundo y 256 milisegundos de apertura.

La realización de los golpesos fueron con una maza de 5 Kg, provista de triggers de apertura de registro electrónicos, golpeando sobre una placa de acero de 20x20 cm, en el terreno y sobre la estructura en las zonas donde el empleo de esta placa no ha sido factible (paramento y coronación).

Los golpesos en los paramentos han sido realizados por personal cualificado de trabajos en altura, contratados expresamente para los trabajos en los que ha sido necesario (**Figura 16**).



Figura 16. Imagen de los trabajos verticales empleados en la realización de los ensayos de Tomografía Sísmica Cross-Hole, en el paramento de aguas abajo.

Down-Hole

En el marco del Reconocimiento Geofísico de la Presa de Chira, se ha realizado un ensayo de Down-Hole **DH-01**, en el sondeo **S-01**, hasta los 66,0 metros practicables del sondeo, realizándose lecturas cada 1,0 metros.

Para la correcta realización de este tipo de ensayos, el sondeo se realizó teniendo en cuenta las especificaciones necesarias según dicta la norma ASTM D 7400 – 08, informando a la

empresa encargada de la realización de los sondeos y con la supervisión del personal de **APLICACIONES GEOFÍSICAS INSULARES**.

El equipo utilizado para la adquisición de datos ha sido un equipo multicanal, provisto de un sistema de filtrado, reforzamiento de señal y grabación en soporte digital, conectado a un geófono de pozo orientable de tres componentes (**Figura 17**).

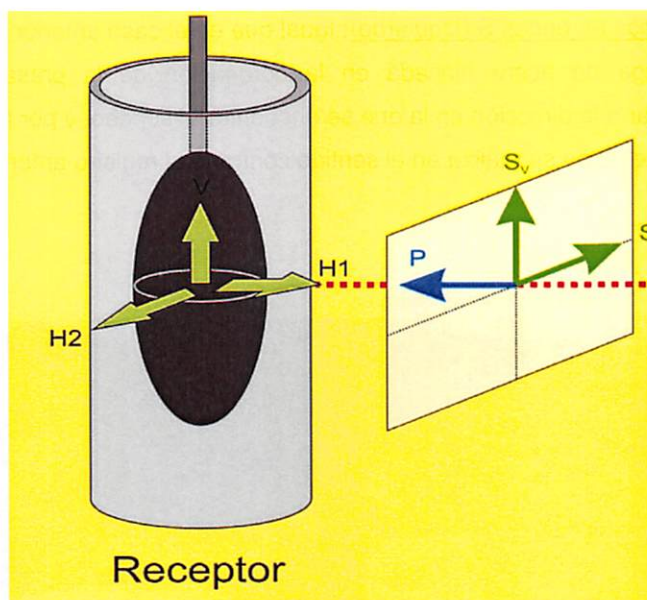


Figura 17. Diagrama esquemático que representa las componentes ortogonales registradas en un geófono de pozo triaxial orientable como el empleado en este estudio. En la figura, la componente H1 corresponde a la dirección de propagación y es en la que se identifica la onda P, mientras que las ondas S se identifican en las componentes H2 (S_H) y V (S_V).

El **geófono de pozo** utilizado para la realización de los ensayos tipo Down-Hole, es un geófono triaxial orientable por medio de una brújula digital. Mediante este tipo de sensor se realiza la adquisición de datos polarizados, a 180° , facilitando durante el trabajo de gabinete la identificación de las ondas S (en realidad su componente horizontal S_H) en las componentes H₂ y H₁ que corresponde al eje situado perpendicularmente a la dirección de propagación del frente de ondas, perpendicular a la dirección de propagación en el plano horizontal (**Figura 17**). Para cada una de las medidas obtenidas a diferentes profundidades, se han adquirido tres (3) registros sísmicos, mediante diferentes golpes que generan distintas direcciones preferentes de viaje de las ondas sísmicas (**Figura 19**):

- Registros ricos en ondas P: Se realizan golpes en la dirección preferente en la que son registradas las ondas P (onda directa).

- Registros ricos en ondas S (Derecho): Para la realización de los golpes ricos en ondas S se golpeó sobre una viga de acero hincada en la coronación de la presa (**Figura 18**), siguiendo las indicaciones de la normativa de aplicación en este tipo de ensayos (ASTM D 7400 – 08). Los golpes realizados sobre la viga se realizaron en la dirección perpendicular a la dirección en la que se encuentra el sondeo, y por tanto el geófono de registro. Este golpe se realiza en un solo sentido (derecha).
- Registros ricos en ondas S (Izquierdo): Igual que en el caso anterior se realizan golpes, sobre la viga de acero hincada en la coronación de la presa, en la dirección perpendicular a la dirección en la que se encuentra el sondeo, y por tanto el geófono de registro. Este golpe se realiza en el sentido contrario al registro anterior (izquierdo).



Figura 18. Imagen de la viga de acero hincada en coronación durante los trabajos de adquisición de datos de Down-Hole.

Ensayo Down-Hole

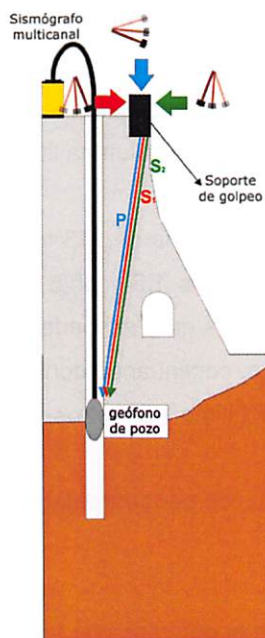


Figura 19. Esquema de la ejecución de un ensayo de Down-Hole mediante un geófono triaxial orientable y la generación de ondas sísmicas polarizadas en las direcciones preferentes de viaje de las ondas P y S.

En cada punto de golpeo se ejecuta un sumatorio de señales ("stack"), entre 3 y 12 disparos, aumentando así la relación señal /ruido.

MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Para la realización de los ensayos de **MASW** se ha empleado un sismógrafo multicanal con registro continuo digital de hasta 24 geófonos. Este sismógrafo está provisto de sistema de filtrado, reforzamiento de señal y grabación en soporte digital.

Se han realizado ocho (8) ensayos 1D de MASW mediante el empleo de las implantaciones de tomografía sísmica en los puntos de interés, y que cumplieran con un mínimo de sensores implantados registrando a fin de poder obtener una dispersión efectiva para este tipo de registros.

Para la ejecución de cada ensayo de MASW se ha tomado una ventana de registro de 1.024 milisegundos de duración con una razón de muestreo de 0,25 milisegundos.

VI.1.2 Sondeos Geotécnicos

El reconocimiento geotécnico de la Presa de Chira, ha consistido en la ejecución de dos sondeos mecánicos a rotación **S-01** y **S-02 (Plano A-1, Anexo A)** de 67,0 y 27,0 metros de profundidad respectivamente, bajo supervisión técnica a fin de reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo, posibilitar la toma de muestras y levantar la columna litológica que se adjunta en los anexos.

El sondeo **S-01** se ha ejecutado con batería de 113 mm los primeros 1,5 metros, continuando con batería de 101 mm entre los metros 1,5 y 65,5 metros para finalizar la perforación con batería de 76 mm de diámetro mientras que, el sondeo **S-02** se comenzó el primer 1,5 metros con batería de 101 mm de diámetro, continuando con batería de 86 mm hasta los 25,5 metros finalizando con batería de 76 mm el último 1,5 metros.

En ambos sondeos se realiza prueba de permeabilidad en roca LUGEON en el último 1,5 metro de la perforación.

Se eligen un total de seis (6) muestras para ensayar en laboratorio.

- Nº1: (CAJA 13) de 47,3 a 47,7 m
- Nº2: (CAJA 14) de 50,0 a 50,4 m
- Nº3: (CAJA 15) de 50,4 a 51,0 m
- Nº4: (CAJA 16) de 53,6 a 54,2 m
- Nº5: (CAJA 17) de 55,5 a 56,0 m
- Nº6: (CAJA 18) de 58,4 a 58,8 m

Ensayos de permeabilidad Lugeon

El **ensayo Lugeon** es un tipo de investigación geotécnica realizado en el interior de un sondeo (*ensayo in situ*). Define el valor de la *permeabilidad* (K) en rocas (macizos rocosos) variablemente fracturados, donde se introduce agua a presión constante en tramos aislados y semiaislados.

En el caso que nos ocupa se ha realizado con obturador neumático simple en fondo de sondeo, aislando un tramo de 1,40 metros. Se procede a su ejecución, una vez obturado el citado tramo, en intervalos de tiempo a presión constante en los que se mide el caudal admitido.

El **Ensayo Lugeon** se ha realizado empleado cinco (5) escalones sucesivos de carga y descarga de 2, 5, 10, 5 y 2 Kp/cm².



Figura 20. Imagen manómetro y caudalímetro empleado en la ejecución del ensayo.



Figura 21. Obturador y varillaje empleado en la ejecución del ensayo.

El **ensayo lugeon** se define como la absorción de agua de 1 litro por metro de sondeo y por minuto, realizando el ensayo a 10 atmósferas de presión durante 10 minutos y una *unidad Lugeon* equivale a un coeficiente de permeabilidad de 10⁻⁵ cm/s (U.L. = 1 l/m x min = 10⁻⁵ cm/s).

Los resultados de los dos ensayos realizados se adjuntan en el anexo correspondiente.

Los trabajos de laboratorio realizados han consistido en:

- Determinación de la rotura a **compresión uniaxial de testigo de roca**, según norma UNE 22950-1:1990.

Los equipos utilizados han sido:

- Máquina de ensayos a compresión con control de velocidad marca Proeti, modelo H05-3000 kN.
- Balanza de sobremesa marca Gibertini Europa modelo 100.
- Estufa de desecación marca Proeti con termostato de Mufra.
- Pie de rey con identificador PDR-1 con rango de medida 0-500 mm y escala 0,02 mm.
- Pie de rey marca ATM con rango de medida 0-150 mm y escala 0,01 mm

En el anexo correspondiente se adjuntan certificados de calibración de los equipos.

- Determinación de la resistencia a compresión simple con bandas extensométricas transversales y longitudinales, según norma UNE 2295-3:90: Determinación módulo de elasticidad (Young) y coeficiente de Poisson.

VI.1.3 Topografía

La metodología empleada ha consistido en la realización de una planificación del vuelo fotogramétrico con la herramienta de software PREPLAN, los datos utilizados son:

- Longitud del perfil.
- Dirección del perfil
- Heading
- Altura de vuelo
- Velocidad de vuelo
- Distancia entre fotos a realizar

- Distancia entre perfiles a realizar
- Número de perfiles a realizar

Una vez obtenidos estos datos, se realiza la ubicación de puntos mediante GPS de alta precisión para ser utilizados como puntos de fotocontrol.

A continuación se efectúa el vuelo. Los equipos utilizados para el vuelo fotogramétrico han sido: *EQUIPO FV-8 TOPODRON*, el cual está formado por:

- Estructura multirrotor de ocho motores en fibra de carbono, electrónica de control y navegación automática, placa de potencia con variadores electrónicos de control.
- 8 motores brushless de alta eficiencia, hélices para multirrotor equilibradas.
- Módulo transmisor y receptor con telemetría incorporada.
- Placa de navegación por GPS. automático con almacenamiento en dron con capacidad de almacenaje 20000 WP y sin necesidad de PC en campo.
- Transmisor de video navegación en tiempo real con monitor de doble frecuencia y batería integrada.
- Bancada giroestabilizada portasensores.
- Sensor semimétrico CMOS retroiluminado para fotogrametría s/e 20 MPX.

Posteriormente, en gabinete, se realiza el procesamiento de imágenes con las siguientes herramientas de software *ATygeo* y *PIX4D pro mapper*, obteniéndose los siguientes resultados:

- Ortoimágenes,
- Nube de puntos,
- Modelo digital de elevación y,
- Curvas de nivel.

Finalmente, se realiza la importación de estos con MDT POINT CLOUD y TCP MODELO DIGITAL DEL TERRENO.

En los trabajos de fotogrametría los parámetros iniciales de los tres vuelos han sido los siguientes:

VUELO 1

- Longitud del perfil: 300 metros.
- Dirección del perfil: 128.67º
- Heading: 0º
- Camnick: 90º



- Altura de vuelo: 55 metros
- Velocidad de vuelo: 7 m/seg
- Distancia entre fotos a realizadas: 15 m.
- Distancia entre perfiles realizados: 50 metros
- Número de perfiles realizados: 5

VUELO 2

- Longitud del perfil: 300 metros.
- Dirección del perfil: 128.67º
- Heading:39.45º
- Camnick: 45º
- Altura de vuelo: 55 metros
- Velocidad de vuelo: 7 m/seg
- Distancia entre fotos a realizadas: 15 m.
- Distancia entre perfiles realizados: 50 metros
- Número de perfiles realizados: 5

VUELO 3

- Longitud del perfil: 300 metros.
- Dirección del perfil: 128.67º
- Heading:221.59º
- Camnick: 45º
- Altura de vuelo: 55 metros
- Velocidad de vuelo: 7 m/seg
- Distancia entre fotos a realizadas: 15 m.
- Distancia entre perfiles realizados: 50 metros
- Número de perfiles realizados: 5

VI.2 Trabajos de Gabinete

El trabajo de gabinete ha consistido en el procesado e interpretación de los datos obtenidos en las campañas geofísicas de campo, la realización de planos de posicionamiento, la integración de la información geotécnica, la preparación de perfiles de síntesis y la elaboración de este informe.

Los datos adquiridos en campo, tanto sísmicos, como eléctricos, fueron registrados en soporte digital para su procesado posterior mediante el empleo de diferentes programas de interpretación comerciales y de desarrollo propio.

El posicionamiento y corrección topográfica de los perfiles y ensayos geofísicos ha sido realizada mediante la cartografía digital de detalle realizada expresamente para este proyecto. La posición de los perfiles han sido tomados en campo mediante GPS y corregidos topográficamente mediante la información extraída del modelo digital del terreno aportado por la Topografía.

Tomografía Eléctrica

Los datos de resistividad eléctrica aparente registrados en campo se procesaron e interpretaron utilizando diferentes parámetros de inversión para obtener modelos geoelectrónicos del terreno.

Los datos teóricos producidos por los modelos de inversión de la resistividad eléctrica generados en gabinete se comparan, de manera iterativa, con los valores de resistividad aparente medidos en campo. Si la comparación es buena, es decir, “residuos” pequeños entre valores observados y teóricos, se detiene el proceso de iteración. Si el ajuste no es bueno, el proceso continúa hasta que se alcanza la convergencia entre dichos valores. La comparación entre los valores medidos y los obtenidos por el modelo de inversión y la rapidez de la convergencia, son indicativos del error RMS de ajuste del modelo.

El RMS proporciona un valor estimativo de la calidad de la solución ya que depende de la cantidad de residuos (número de lecturas de resistividad aparente obtenidos en campo) que se incorporen al problema y por lo tanto no define de manera exacta la calidad de la inversión. Por ejemplo, en las mismas condiciones de inversión (parametrización, damping, etc.) y desviación estándar de los datos de campo, un modelo con más residuos puede producir mayores valores de RMS que un modelo con una menor cantidad de residuos sin perjuicio en la calidad del modelo. En este estudio se han obtenido datos de resistividad aparente del terreno de buena calidad, y se ha alcanzado la convergencia de los modelos en las primeras tres (3) iteraciones, con un error (RMS) bajo.

Tomografía Sísmica y Tomografía Sísmica Cross-Hole

Los datos adquiridos en campo mediante las implantaciones sísmicas, fueron registrados en soporte digital para su procesado posterior. Este procesado se ha realizado utilizando diferentes programas de interpretación comerciales y de desarrollo propio de **GEOFÍSICA CONSULTORES**, que en resumen ha consistido en:

- Edición de la geometría de los perfiles (disparos y geófonos) y de la topografía.
- Tratamiento de los sismogramas mediante filtros pasobanda.
- Identificación de las llegadas de las ondas P a cada geófono.
- Edición de las curvas tiempo-distancia (dromocronas).
- Generación de modelos iniciales de velocidad sísmica.
- Inversión tomográfica de los modelos de velocidad y análisis de trayectorias de ondas P.
- Edición gráfica de los modelos de velocidad y de cobertura de frentes de ondas P.

Down-Hole

Los datos adquiridos en campo fueron registrados en soporte digital para su procesado posterior. Este procesado se ha realizado utilizando diferentes programas tanto comerciales como de desarrollo propio de **Geofísica Consultores**.

El trabajo de gabinete ha consistido en el procesado e interpretación de los datos geofísicos obtenidos en campo y la elaboración de este informe. Para el tratamiento de datos y cálculo de resultados de los ensayos tipo Down-Hole realizados se ha seguido las recomendaciones de la norma ASTM D 7400 – 08, desarrollándose las siguientes etapas:

1. Identificación de los tiempos de llegada de las ondas P y S. Para el reconocimiento de ambos tiempos de llegada (P y S) se ha construido un ensamblaje de trazas (alineación ordenada de trazas según la profundidad), con las diferentes componentes del geófono triaxial, los registros polarizados y diferentes direcciones de golpeo para la correcta determinación de los tiempos de llegada de ondas P y S (**Figura 18**).

2. Corrección de los tiempos de llegada observados. Los tiempos de llegada observados corresponden a ondas cuyo origen se sitúa a una distancia d de la boca del sondeo. Para calcular el tiempo de llegada de las ondas sísmicas que se obtendría situando la fuente sobre el sondeo, se utiliza la siguiente expresión:

$$T_C^{P,S} = T^{P,S} \cdot \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{d}{z}\right)\right) \text{ Donde,} \quad (1)$$

$T_C^{P,S}$ es el tiempo de llegada corregido en ms,

$T^{P,S}$ es el tiempo de llegada observado en ms,

d es la distancia desde la fuente al sondeo en metros,

z es la profundidad en metros

3. Cálculo de la velocidad mediante el **método de intervalos**, el cual es altamente sensible a la alternancia de capas con diferente rigidez en profundidad. Consiste en el cálculo de la velocidad a partir de la posición de dos receptores situados a diferentes profundidades, y de los diferentes tiempos de llegada obtenidos mediante la siguiente ecuación.

$$V_{p,s} = (L_2 - L_1) / (T_2 - T_1) \text{ Donde:} \quad (2)$$

$V_{p,s}$ es la velocidad calculada de ondas P o S.

L_2 y L_1 son las diferentes profundidades a las que se adquiere el registro de señal.

T_2 y T_1 son los tiempos de llegada de ondas P o S a las diferentes profundidades.

4. Obtención de los parámetros elásticos. Con las velocidades anteriormente calculadas, y asumiendo unos valores de densidad para cada capa, se obtienen los parámetros elásticos por medio de las siguientes relaciones:

$$\text{Coeficiente de Poisson: } \sigma = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (3)$$

$$\text{Módulo de Rigidez: } G = \rho \cdot V_s^2 \quad (4)$$

$$\text{Módulo de Young: } E = 2G(1 + \sigma) \quad (5)$$

Módulo de compresibilidad volumétrica o de Bulk:

$$K = \frac{1}{3} \left(\frac{E}{1 - 2\sigma} \right) \quad (6)$$

Donde:

ρ es la densidad del material de subsuelo en kg/m^3

V_P es la velocidad de ondas P en m/s.

V_S es la velocidad de las ondas S en m/s.

MASW

Los trabajos de gabinete han consistido en el procesado e interpretación de los datos geofísicos obtenidos en campo, en función de la información geológica existente y las observaciones realizadas in-situ, la elaboración de planos de posicionamiento, y la generación de este informe.

Los datos adquiridos en campo fueron registrados en soporte digital para su procesado posterior. Este procesado se ha realizado utilizando diferentes programas de interpretación comerciales y de desarrollo propio, que en resumen ha consistido en:

- Edición de geometría
- Ecuación de los sismogramas
- Cálculo de los espectros de amplitud obtenidos
- Determinación de la curva de dispersión (*overtone*)
- Obtención de modelos unidimensionales de velocidad de ondas S con distintos parámetros de inversión.
- Edición gráfica de los resultados obtenidos.

V. RESULTADOS

A continuación se describen los resultados obtenidos para cada una de las técnicas geofísicas realizadas, Tomografía Eléctrica y Tomografía Eléctrica 3D (**Anexo B**), Tomografía Sísmica de Refracción (**Anexo C**), Tomografía Sísmica Cross-Hole (**Anexo D**), Down - Hole (**Anexo E**) y MASW (**Anexo F**):

V.1. Tomografía Eléctrica y Tomografía Eléctrica 3D

Tomografía Eléctrica

En el presente proyecto se han realizado cinco (5) perfiles de Tomografía Eléctrica (**TME-1**, **TME-1.1**, **TME-2**, **TME-3** y **TME-4**), (**Plano A-1**, **Anexo A**) de los cuales se han obtenido un modelo geoelectrico para cada perfil, que se muestran en los planos **Plano B-1**, **B-2**, **B-3** y **B-4** del **Anexo B**.

Estos modelos muestran una variación, según un degradado de color, de los valores de la resistividad eléctrica del terreno, que para este proyecto han estado comprendidos entre 20 y 2.000 $\Omega\cdot m$ (**Figura 22**). Teniendo en cuenta la información geológica/geotécnica disponible, se han definido una serie de rangos de resistividad los cuales pueden correlacionarse con los siguientes tipos de materiales:

- **Rango 1:** Incluye un amplio rango de resistividad, que va desde 100 a 2.000 $\Omega\cdot m$ (**Figura 22**), en los que quedan representados los materiales que conforman la estructura de la presa, que según la información disponible se divide en Materiales de relleno (**Rg I:** Relleno granular I y **Rg II:** Relleno granular II) que conforman el núcleo de la presa, y Mampostería hidráulica **Mh**, que forma la base de la presa. Para cada uno de estos materiales se ha definido unos subrangos de resistividad eléctrica, teniendo en cuenta que los límites de estos rangos no son netos, ya que los valores de resistividad están influenciados principalmente por la porosidad, el contenido en humedad y de finos (materiales limo-arcillosos normalmente conductores).
 - **Rango 1.1 (Rg I):** Se incluyen en este rango los valores más altos obtenidos en los modelos de resistividad, entre 300 y 2.000 $\Omega\cdot m$ (**Figura 20**). Aparecen en la parte superior del núcleo de la presa, desde la coronación hasta unos 15,5 metros de profundidad a lo largo de toda presa, acunándose en los extremos. Esta capa se encuentra en los dos perfiles realizados en coronación, **TME-1** y **TME-1.1** y en el perfil que cruza el estribo oeste **TME-3**. Sus valores relativamente altos pueden estar relacionados con la menor presencia de finos y/o humedad, respecto a los niveles inferiores. En el modelo **TME-1**, la distribución de las resistividades es mucho más homogénea que en el perfil **TME-1.1**, que presenta entre los sondeos **S-01** y **S-02** una disminución relativa de la resistividad. Debido a que el perfil **TME-1** se realizó antes de la ejecución de los sondeos, mientras que el perfil **TME-1.1**, se realizó poco después, se puede pensar que las variaciones de resistividad están relacionadas con la presencia de humedad derivada de los trabajos de perforación.

- **Rango 1.2 (Rg II):** Presenta un rango de resistividad de entre 200 y 500 $\Omega\cdot m$ (**Figura 22**). Aparece en el perfil **TME-1.1** y con menos detalle en el perfil **TME-1**, bajo los materiales de **Rango 1.1**, estrechándose hacia el centro del perfil siguiendo aproximadamente la morfología de la presa. No presenta un límite neto de resistividades a muro del nivel, en su contacto con el Rango 1.3. Este límite se ha interpretado en base a los datos obtenidos con otras técnicas geofísicas y la información geotécnica.
- **Rango 1.3 (Mh):** Comprende los valores más bajos dentro del **Rango 1**, entre 100 y 300 $\Omega\cdot m$ (**Figura 22**). Sin un límite definido con los materiales superiores del **Rango 1.2**, se extiende desde estos hasta la máxima profundidad alcanzada en la zona de la presa.
- **Rango 2 (Ig):** Este rango se asocia a la presencia del sustrato rocoso, que según la información recogida en la testificación y la geología de la zona se trata de ignimbritas. Las resistividades que comprenden este rango están entre 20 y 500 $\Omega\cdot m$ (**Figura 22**), correspondiendo los valores de menor resistividad de las Ignimbritas de menor grado de alteración, o soldadas, según la testificación, y las de mayores valores de resistividad de las Ignimbritas con mayor grado de alteración o no soldadas, debido al mayor porcentaje de aire que contienen. Aparecen en todos los modelos de tomografía eléctrica, siendo los materiales mayormente representados.
- **Rango 3 (Al/Cl):** Se trata de un rango de resistividades de valores intermedios, de entre 100 y 800 $\Omega\cdot m$ (**Figura 22**), asociado a los materiales aluviales y coluviales que se presentan como un nivel superficial de unos 1,0 y 5,0 metros aproximadamente, en los modelos realizados en los estribos y en el cauce del barranco de chira junto a la presa aguas abajo.

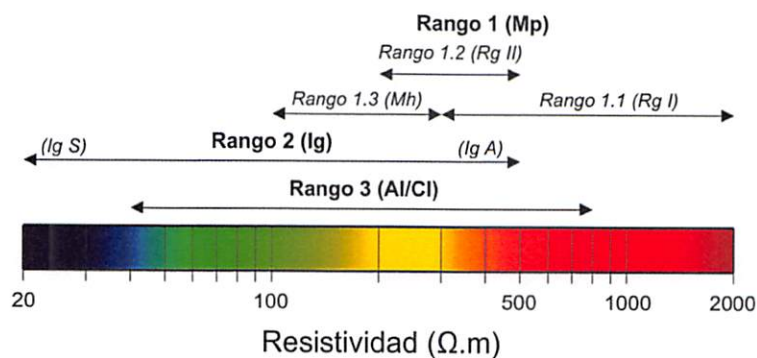


Figura 22. Imagen de la distribución de Rangos de resistividades eléctricas identificados en los modelos de Tomografía Eléctrica.

Tomografía Eléctrica 3D

A partir de la implantación en superficie de 10 x 33 metros, realizado sobre el cauce del barranco de Chira al borde de la presa aguas abajo, se ha obtenido un modelo tridimensional de resistividades eléctricas. Este modelo muestra según un degradado de color los valores de resistividad, que para este proyecto han estado comprendidos entre 20 y 2.000 Ω -m.

Cabe destacar que los valores obtenidos en este modelo no tienen una correlación directa con los valores obtenidos de los perfiles de tomografía eléctrica, debido a los diferentes algoritmos de modelización implementados para cada una de las técnicas. A pesar de esta diferencia la distribución de las resistividades entre ambas técnicas presenta una buena correlación.

Como puede observarse en las secciones en planta extraídas del modelo tridimensional de resistividad eléctrica (**Anexo B, Plano B-5**), la zona más próxima a la base de la presa presenta una anomalía resistiva, que puede asociarse a los materiales del cuerpo de la presa (**Rango 1**), que generalmente presentan las resistividades más altas. La morfología de esta anomalía se representa de forma tridimensional en el **Plano B-6**, del **Anexo B**. El desarrollo de esta anomalía en profundidad puede estar limitado por el descenso de densidad de datos en el borde del modelo (Figura 23).

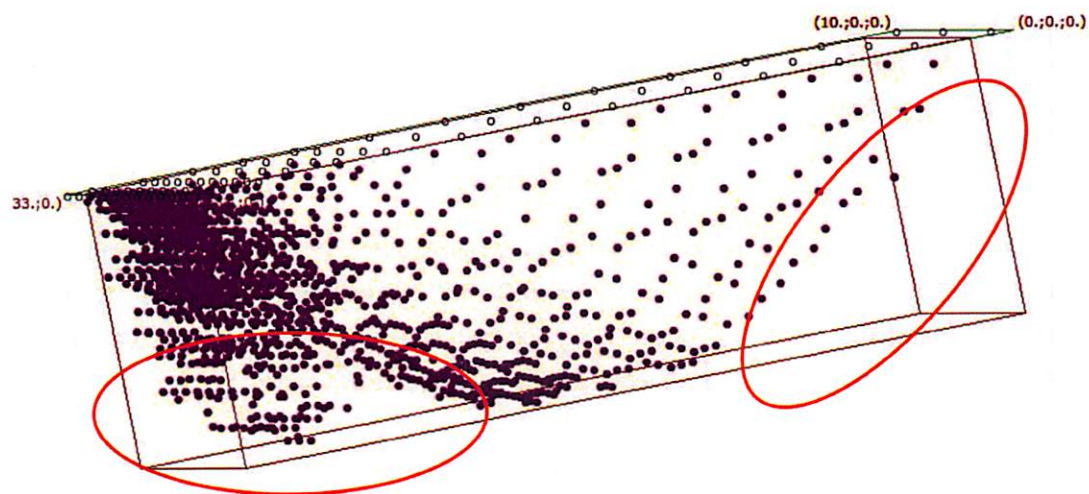


Figura 23. Imagen de la malla de puntos obtenida a partir de la implantación tridimensional de Tomografía eléctrica. Las elipses de color rojo marcan la zona de baja densidad de datos en la zona más próxima a la presa.

En el resto del modelo 3D de Tomografía eléctrica se observa una variación en la distribución de las resistividades, siendo más heterogénea en las secciones superiores a 2,5 metros, lo que se puede interpretar como materiales aluviales, mientras que las secciones más profundas las

distribución de resistividades es más homogénea, lo que puede ser indicativo de la presencia del sustrato (**Ig**).

V.2. Tomografía Sísmica

En el presente proyecto se han ejecutado cinco (5) perfiles de Tomografía Sísmica de Refracción (**TMS-1 a TMS-5**), (**Plano A-1, Anexo A**). Para cada uno de los perfiles sísmicos ejecutados en campo se ha obtenido un modelo de velocidad sísmica de ondas P y un gráfico de cobertura de frentes de ondas P (ver los **Planos del Anexo C**).

En los modelos de velocidad sísmica obtenidos se muestra la variación de la velocidad de propagación de las ondas P mediante un degradado de color. En estos modelos se han obtenido velocidades de propagación de ondas P que varían entre **500 y 5.000 m/s**, y se han representado isolíneas de velocidad a intervalos de 500 m/s. Además también se han obtenido gráficos de cobertura de frente de ondas P (**Anexo C**), en los que se ha identificado la presencia de refractores, marcados mediante una línea discontinua de color negro, (definición de *refractor* en el *Apartado III. Metodología, página 10*), que coinciden aproximadamente con las isolíneas de velocidad de **2.000 m/s**, y de **3.000 m/s**; el primer refractor marcado nos indica el límite entre materiales muy alterados y poco competentes a materiales alterados, y el segundo refractor marcado nos indica el límite entre sustrato rocoso alterado a sustrato rocoso sano (soldado). Se ha marcado un tercer refractor en el modelo **TMS-1 y TMS-3** que coincide con la isolínea de **2.500 m/s** y que marca el límite entre la ignimbrita alterada y los materiales del cuerpo de la presa.

A continuación se detallan a modo de resumen los resultados obtenidos para los perfiles de Tomografía Sísmica (**Plano A-1, Anexo A**) (**Plano C-1 a C-3, Anexo C**). Teniendo en cuenta la información geológica/geotécnica disponible y los refractores marcados en los gráficos de cobertura de frentes de Ondas P, se pueden distinguir las siguientes capas:

- **Capa 1 (Vp 1.000-3.000 m/s)**: Se trata de un rango de velocidades sísmicas de Ondas P, en los que quedan representados los materiales que conforman el núcleo de la presa, que según la información disponible se divide en Materiales de relleno (**Rg I**: Relleno granular I con Vp entre 1.000 y 2.500 m/s y **Rg II**: Relleno granular II con Vp entre 2.000 y 3.000 m/s). Los materiales que se representan en esta capa aparecen en el perfil **TMS-1** y en el **TMS-3**, y el límite de esta Capa con la Capa 2 que se describe a continuación, viene marcado por el refractor que coincide con la isolínea de 2.500 m/s.

- **Capa 2 (Vp 500 a 5.000 m/s):** Se trata de un amplio rango de velocidades sísmicas de ondas P, en los que quedan representados los materiales que conforman el sustrato, que según la información disponible se divide en Materiales aluviales/coluviales (**Al**) e Ignimbritas (**Ig A**: ignimbrita alterada y **Ig S**: ignimbrita soldada). Para cada uno de estos materiales se ha definido unas subcapas de velocidades sísmicas, teniendo en cuenta la información geológica disponible y los límites marcados por los refractores en los gráficos de cobertura:
 - **Capa 2.1 (Vp <1.000 m/s):** esta capa está formada por materiales de baja compacidad y se asocia a materiales aluviales/coluviales (**Al/Ci**) presentes en los modelos localizados en los estribos de la presa y en la zona del barranco.
 - **Capa 2.2 (Vp 1.000 a 3.000 m/s):** esta capa está formada por materiales de compacidad y grado de alteración variables, dentro de la cual marcamos en los gráficos de cobertura de frentes de ondas P un refractor que coincide con la isolínea de 2.000 m/s, que marca el límite entre un sustrato rocoso muy alterado y poco competente de un material alterado. Este límite solo se aprecie en los perfiles realizados en los estribos de la presa, sobre terreno natural. Los materiales que se asocian a esta capa son las ignimbritas alteradas (**Ig A**). Esta capa aparece en todos los modelos de Tomografía sísmica y el límite con la siguiente capa lo marca el refractor que coincide con la isolínea de 3.000 m/s, que si es coincidente en los perfiles realizados tanto en terreno natural como en coronación de la presa.
 - **Capa 2.3 (Vp 3.000 a 5.000 m/s):** esta capa tiene valores de Vp que corresponden con un material sano y competente y que se asocia a ignimbritas soldadas (**Ig S**) presentas en la zona de estudio. Esta capa aparece hasta la máxima profundidad de investigación en todos los modelos de tomografía sísmica.

V.3. Tomografía Sísmica Cross-Hole

Para este proyecto se han realizado tres (3) ensayos de Tomografía Sísmica Cross-Hole (**TMS-XH-1**, **TMS-XH-2** y **TMS-XH-3** (**Plano A-1**, **Anexo A**), cuyas características particulares se describen en el anterior apartado (“*IV. Trabajos Realizados \ IV.1 Trabajos de campo \ IV.1.1 Estudio Geofísico*”).

Para cada uno de los perfiles sísmicos ejecutados en campo se ha obtenido un modelo de velocidad sísmica de ondas P y un gráfico de cobertura de frentes de ondas P (ver los **Planos del Anexo D**).

En los modelos de velocidad sísmica obtenidos se muestra la variación de la velocidad de propagación de las ondas P mediante un degradado de color. Para estos modelos se ha utilizado los parámetros definidos para la Tomografía Sísmica de superficie (V_p entre **500 y 5.000 m/s**, con isolíneas de velocidad a intervalos de 500 m/s). Además también se han obtenido gráficos de cobertura de frente de ondas P (**Anexo D**), en los que se ha identificado la presencia de refractores, marcados mediante líneas discontinuas de color negro, (definición de *refractor* en el **Apartado III. Metodología, página 10**), que coinciden aproximadamente con las definidas en la Tomografía Sísmica de superficie (isolíneas de velocidad de **2.000 m/s**, y de **3.000 m/s**). La mayor definición de los modelos de Tomografía Sísmica Cross-Hole ha permitido definir una serie de refractores intermedios, en gran medida en el ensayo **TMS-XH-03**, que presenta una alta densidad de sensores y golpes en el cuerpo de la presa. Estos refractores no se asocian a isolíneas de velocidad, ya que indican variaciones menores dentro de la distribución de velocidades sísmicas.

A continuación se detallan a modo de resumen los resultados obtenidos para los perfiles de Tomografía Sísmica (**Plano A-1, Anexo A**) (**Plano D-1 a D-3, Anexo D**). Teniendo en cuenta la información geológica/geotécnica disponible y los refractores marcados en los gráficos de cobertura de frentes de Ondas P, se pueden distinguir las siguientes capas:

- **Capa 1 (V_p 1.000-4.000 m/s)**: Se trata de un rango de velocidades sísmicas de Ondas P, representativos de los materiales que conforman la presa, tanto materiales de Relleno (Rg), como Mampostería hidráulica (Mh). Teniendo en cuenta la información geológica/geotécnica disponible y los límites definidos por los refractores en los gráficos de cobertura, podemos diferenciar los siguientes niveles:
 - **Capa 1.1 (V_p 1.000-2.500 m/s)**: se trata de los materiales de menor compacidad de los que componen el núcleo de la presa **Rg I**.
 - **Capa 1.2 (V_p 2.000-3.500 m/s)**: este nivel intermedio se asocia con los materiales de mayor compacidad del núcleo de la presa **Rg II**. Dentro de este nivel se pueden identificar dos refractores intermedios, que pueden ser representativos de distintos niveles de relleno dentro de la capa.
 - **Capa 1.3 (V_p 2.500-3.500 m/s)**: Se trata de los materiales de mayor compacidad, junto con el muro de la **Capa 1.2**. El límite inferior está definido por un refractor principal, interpretado como la base de la presa, y esta capa

según la información disponible como Mampostería Hidráulica (**Mh**), que conforma la base de la presa.

- **Capa 2 (Vp 500 a 4.000 m/s):** Se trata de un amplio rango de velocidades sísmicas de ondas P, en los que quedan representados los materiales que conforman el sustrato, que según la información disponible se divide en Materiales aluviales/coluviales (**Al**) e Ignimbritas (**Ig A:** ignimbrita alterada y **Ig S:** ignimbrita soldada): En los modelos de Tomografía Sísmica Cross-Hole esta capa aparece solo en las zonas de borde de modelo y a mayor profundidad, lo que ha impedido reconocer límites claros, tanto con refractores como por rangos de velocidad. Los materiales aluviales aparecen de forma residual en el modelo **TMS-XH-3**, en la zona de golpeo del terreno natural. El límite entre la Ignimbrita alterada y la Ignimbrita soldada solo queda definido en la parte más profunda del mismo modelo. Este límite se asocia a la isolinéa de **2.500 m/s**.

V.4. DOWN-HOLE

En este estudio se ha realizado un ensayo de Down-Hole, **DH-1 (Plano A-1, Anexo A)**, sobre el sondeo **S-01**, acondicionado expresamente para ensayos sísmicos en pozo hasta una profundidad máxima de 66,0 metros. Sobre el sondeo ensayado se ha ejecutado una medida de la desviación del sondeo, dando como resultado una desviación máxima de 0,8 metros al NNW (**Figura 24**).

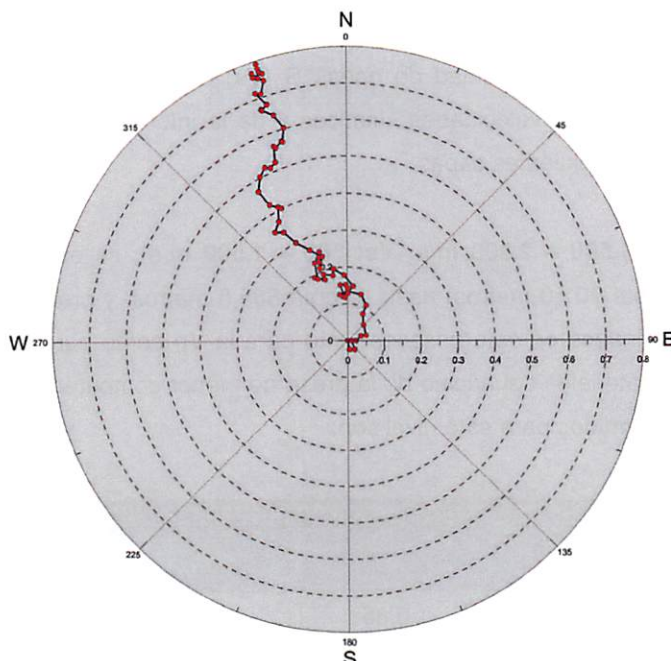


Figura 24. Gráfico Polar de la desviación del sondeo S-01. Cada punto de color rojo representa un punto de medida.

En el **Anexo E** se muestran los resultados obtenidos del ensayo de Down-Hole **DH-1**.

El **Plano E-1**, muestran en forma de tabla, en función de la profundidad, los resultados obtenidos de la Velocidad de ondas P, Velocidad de ondas S, la densidad, el Coeficiente de Poisson (σ), el Módulo de Rigidez (**G**), el Módulo de Young (**E**) y el Módulo de Bulk (**K**).

El **Plano E-2**, muestra dos montajes de sismogramas obtenidos en este estudio. A la izquierda un sismograma con registros ricos en ondas S, y a la derecha un sismograma con registros de ondas P. La línea de color naranja marca los tiempos de picado de la onda P, mientras que los tiempos de picado de la onda S se han dibujado con línea de color azul.

El **Plano E-3**, presenta un gráfico en función de la profundidad de los valores de Velocidad de ondas P y S obtenidos.

En el **Plano E-4**, se presentan dos gráficos en función de la profundidad: a la izquierda la valores estimados del Coeficiente de Poisson (σ); a la derecha los valores estimados de los Módulos de Rigidez (**G**), Young (**E**) y Bulk (**K**).

Seguidamente se describen los resultados obtenidos para el ensayo de Down-Hole **DH-1**:

En este ensayo se observan variaciones de velocidad de ondas P (**Vp**) de entre 1.526 m/s y 3.480 m/s, y variaciones de velocidad de ondas S (**Vs**) de entre 565 m/s y 1.816 m/s. En función de la distribución de velocidades sísmicas y de la información Geológica/Geotécnica podemos diferenciar las siguientes capas:

- **Capa 1 (Vp: 1.500 – 2.500 m/s; Vs: 500 – 1.500 m/s):** se extiende desde la parte superficial (cota 901,0 metros) hasta la cota 885,5 metros, y presenta los valores más bajos determinados en este ensayos tanto para la **Vp** como para la **Vs**. Este nivel se asocia con materiales del núcleo de la presa de menor competencia, **Rg I**. Los valores promedios obtenidos para este nivel son:

Resultados Promedio Capa 1 (Rgl). Cota 901,0 a 885,5 metros.					
Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson σ	G (GPa)	E (GPa)	K (GPa)
1.863	898	0,35	1,56	4,17	4,52

- **Capa 2 (Vp: 2.000 – 3.500 m/s; Vs: 1.000 – 1.500 m/s):** se extiende desde la cota 885,5 metros hasta la cota 862,0 metros. Presenta un aumento de velocidades sísmicas hasta la cota 875,0 y una posterior descenso hasta 865,0, acabando a techo de la capa con valores más altos de este nivel, muy cercanos a los representativos de la capa inferior. Estas variaciones pueden ser debidas a diferencias en la compacidad de los materiales así como a la presencia de humedad y/o variaciones en la granulometría. Este nivel se asocia con materiales del núcleo de la presa de mayor competencia, **Rg II**. Los valores promedios obtenidos para este nivel son:

Resultados Promedio Capa 2 (RgII). Cota 885,5 a 862,0 metros.					
Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson σ	G (GPa)	E (GPa)	K (GPa)
2.292	1.139	0,33	2,50	6,64	6,48

- **Capa 3 (Vp: 2.500 – 4.000 m/s; Vs: 1.000 – 2.000 m/s):** se extiende desde la cota 862,0 metros hasta la cota 855,0 metros, y presenta los valores más altos obtenidos para los materiales del cuerpo de la presa, ya que estos valores se asocian con la Mampostería hidráulica que marca la base de la presa, **Mh**. Los valores promedios obtenidos para este nivel son:

Resultados Promedio Capa 3 (Mh). Cota 862,0 a 855,0 metros.					
Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson σ	G (GPa)	E (GPa)	K (GPa)
3.210	1.706	0,30	5,42	14,11	11,94

- **Capa 4 (Vp: 2.000 – 3.000 m/s; Vs: 1.000 – 1.500 m/s):** se extiende desde la cota 855,0 metros hasta la cota 842,0 metros. A partir de la cota 855,0 que representa la base de la presa (materiales **Mh**) se observa un drástico descenso de velocidades sísmicas, que a lo largo de la capa aumentan de forma constante, sin variaciones dentro del nivel, lo que es característico de los materiales de la presa. Este nivel se asocia con el sustrato alterado, Ignimbritas no soldadas, **Ig A**. Los valores promedios obtenidos para este nivel son:

Resultados Promedio Capa 4(Ig A). Cota 855,0 a 842,0 metros.					
Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson σ	G (GPa)	E (GPa)	K (GPa)
2.618	1.311	0,33	3,97	10,56	10,25

- **Capa 5 (Vp: 2.500 – 3.500 m/s; Vs: 1.000 – 2.000 m/s):** se extiende desde la cota 842,0 metros hasta la máxima profundidad ensayada, a la cota 834,0 metros. Presenta un aumento relativo de la velocidad respecto de la capa superior, por lo que se puede

inferir que se trata de materiales con una mayor consolidación o menor grado de alteración, por tanto se pueden asociar al sustrato Ignimbrítico soldado **Ig S**. Los valores promedios obtenidos para este nivel son:

Resultados Promedio Capa 5. (Ig S). Cota 842,0 a 834,0 metros.					
Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson σ	G (GPa)	E (GPa)	K (GPa)
3.067	1.608	0,31	6,57	17,20	11,17

V.5. MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

En el presente estudio se ha calculado las variaciones de velocidad de ondas S en la vertical de cada uno de los puntos de ensayo ejecutados.

A partir de los diferentes ensayos de MASW realizados se han obtenido un total de ocho (8) gráficos 1D de velocidad sísmica de ondas S, cuatro de ellos realizados a lo largo de la implantación sísmica TMS-1 (**MASW-1.1 a MASW-1-4**), y el resto que están referidos al centro de la implantación sísmica correspondiente (**MASW-2 a MASW-5**) ver (**Plano A-1, Anexo A**). Cada modelo muestra la variación con la profundidad de la velocidad de ondas S mediante una distribución de velocidades en capas. Los resultados de las MASW se muestran de forma gráfica en los **Planos del Anexo F**.

En los gráficos de velocidad de ondas S obtenidos se han podido distinguir dos capas según los diferentes tipos de terreno presentes en la zona de estudio:

- **Capa 1 (Vs 800 a 1.500 m/s):** este rango de velocidades de ondas sísmicas S se asocian a los materiales que conforman la presa que se dividen en Materiales de relleno (**Rg I:** Relleno granular I y **Rg II:** Relleno granular II) y Mampostería hidráulica (**Mh**). Estos materiales aparecen en los gráficos pertenecientes a **MASW-1.1 a MASW-1.4** y en la **MASW-3**.
- **Capa 2 (Vs 400 a 2.200 m/s):** se trata de un amplio rango de velocidades sísmicas de ondas S, en los que quedan representados los materiales que conforman el sustrato, que según la información disponible se divide en Materiales aluviales/coluviales (**Al**) e Ignimbritas (**Ig A:** ignimbrita alterada y **Ig S:** ignimbrita soldada). Los materiales que se asocian a velocidades inferiores a **500 m/s** serían los aluviales y aparecerían en los

gráficos pertenecientes a **MASW-4** y **MASW-5**, y por encima de los **500 m/s** tendríamos el sustrato rocoso ignimbritas, que aparecerían en todos los gráficos.

VI. INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES

A continuación se describen los resultados obtenidos mediante la interpretación conjunta de todas las técnicas geofísicas realizadas en cada una de las zonas de interés y la información Geológica/Geotécnica:

La interpretación de los resultados obtenidos se muestran en el **Plano G-1** del **Anexo G**, mediante la realización de dos perfiles de síntesis: el perfil **I - I'** (sección longitudinal), que recorre la coronación de la presa de estribo oeste a estribo este, y el perfil **II - II'** (sección transversal), que parte del eje central de la presa, perpendicular a la línea de coronación dirección al cauce del barranco de Chira.

La descripción de los resultados se ha dividido en tres zonas, en función de los objetivos determinados en apartados anteriores y que se resumen en:

Mediante los resultados obtenidos para el "Cuerpo de la Presa" y los "Estribos de la Presa" se pretende analizar las zonas próximas a las distintas interrupciones de la construcción, estado del núcleo de la presa y la existencia de líneas de corriente a través del cuerpo de la presa, así como la determinación de los materiales sobre los que apoya la presa (presencia o no de aluvial).

Para determinar la presencia de algún accidente geológico entre las márgenes de la cerrada aguas abajo, se definen los resultados en el apartado "Zona de barranco".

- **Cuerpo de la presa:** en esta zona se han ejecutado los perfiles de tomografía eléctrica **TME-1** y **TME-1.1**, el perfil de tomografía sísmica **TMS-1**, las tomografías sísmica Cross-Hole **TMS_XH-1**, **TMS_XH-2** y **TMS_XH-3**, el ensayo Down-Hole **DH-1** y los ensayos de MASW **MASW-1.1**, **MASW-1.2**, **MASW-1.3** y **MASW-1.4**.
- **Estribos de la presa:** en el estribo este de la presa se han ejecutado el perfil de tomografía eléctrica **TME-2**, el perfil de tomografía sísmica **TMS-2** y el ensayo de MASW **MASW-2**; en el estribo oeste de la presa se han ejecutado el perfil de tomografía eléctrica **TME-3**, el perfil de tomografía sísmica **TMS-3** y el ensayo de MASW **MASW-3**.

- **Zona de barranco:** en esta zona se han ejecutado los perfiles de tomografía eléctrica **TME-4** y la eléctrica 3D, los perfiles de tomografía sísmica **TMS-4** y **TMS-5**, y los ensayos de MASW **MASW-4** y **MASW-5**.

Cuerpo de la presa:

Mediante las prospecciones Geofísicas y Geotécnicas ha sido posible estimar la morfología de la base de la presa, así como la presencia de diferentes niveles constructivos en el cuerpo de la presa.

Según la sección longitudinal del modelo de síntesis (perfil I – I'), el cuerpo de la presa presenta una morfología asimétrica, en la parte superior de esta, siendo más estrecho el lado oeste de la presa que el lado este (**Figura 25**).

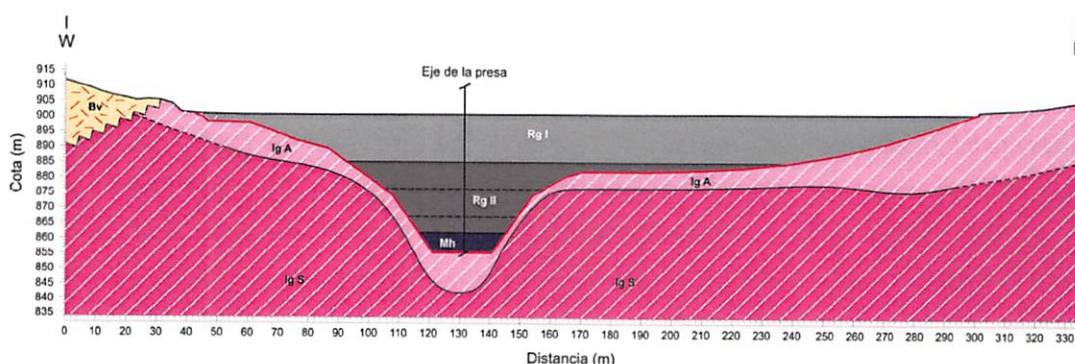


Figura 25. Imagen de la sección longitudinal del modelo sintético del **Anexo G**.

La base de la presa situada en el barranco del barranco Chira, se ha determinado mediante la testificación del sondeo S-01 y los refractores principales obtenidos de los ensayos de Tomografía Sísmica Cross-Hole, así como las variaciones de velocidad del ensayo de Down-Hole, situada a cota 855,0 metros (46,0 metros de profundidad respecto de cota de coronación 901,0 metros).

Desde la base hasta aproximadamente la cota 881,0, la presa presenta simetría en ambos contactos con el sustrato, con pendientes pronunciadas que conforman el cierre del valle en V del barranco Chira. La anchura de la presa pasa de aproximadamente 20,0 metros en la base de la presa a 66,0 metros de anchura a la cota 881,0 metros.

A partir de la cota 881,0 hasta la cota de coronación 901,0 metros, el cuerpo de la presa presenta una asimetría muy marcada entre los dos estribos, siendo de menor desarrollo el estribo oeste, de aproximadamente 100,0 metros longitud, y de mayor desarrollo el estribo este, aproximadamente 170,0 metros.

La morfología del límite de la presa con el sustrato ha sido identificado mediante las investigaciones geotécnicas, los ensayos geofísicos realizados sobre la coronación de la presa y contrastada con la información bibliográfica aportada por el cliente (**TMS-1, TME-1, TME-1.1, TMS-XH-1, TMS-XH-2, TMS-XH-3 y DH-1**), apoyado sobre los estudios puntuales en ambos estribos (**TMS-2, TMS-3, TME-2 y TME-3**). El contraste de resistividades eléctricas en los modelos **TME-1 y TME-1.1 (Planos B-1, B-2 y B-3, Anexo B)**, así como el estudio de los refractores de los gráficos de cobertura y la distribución de velocidades sísmicas de los ensayos sísmicos, han sido determinantes para la interpretación de este límite como puede observarse en detalle en la **Figura 26** del modelo de Tomografía Eléctrica **TME-1.1**.

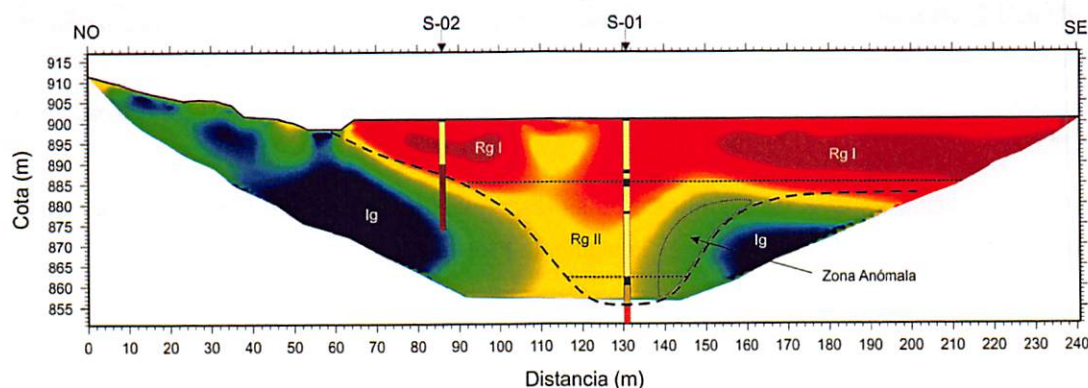


Figura 26. Imagen del modelo de resistividad eléctrica **TME-1.1**, del **Plano B-2, Anexo B**.

En la **Figura 26** se observa con línea de trazos color negro el contraste entre las resistividades más altas representativas del cuerpo de la presa, con las resistividades más bajas, que en esta zona se han interpretado como sustrato. En el cuerpo de la presa se observa una "zona anómala" en el borde este de la zona más encajada de la presa. Esta anomalía se interpreta como una zona de mayor contenido en humedad en el núcleo de la presa, lo que se puede relacionar con la presencia en ese margen de tuberías de aliviaderos a lo largo del límite entre la presa y el sustrato, como se muestra en la imagen de la **Figura 27**.

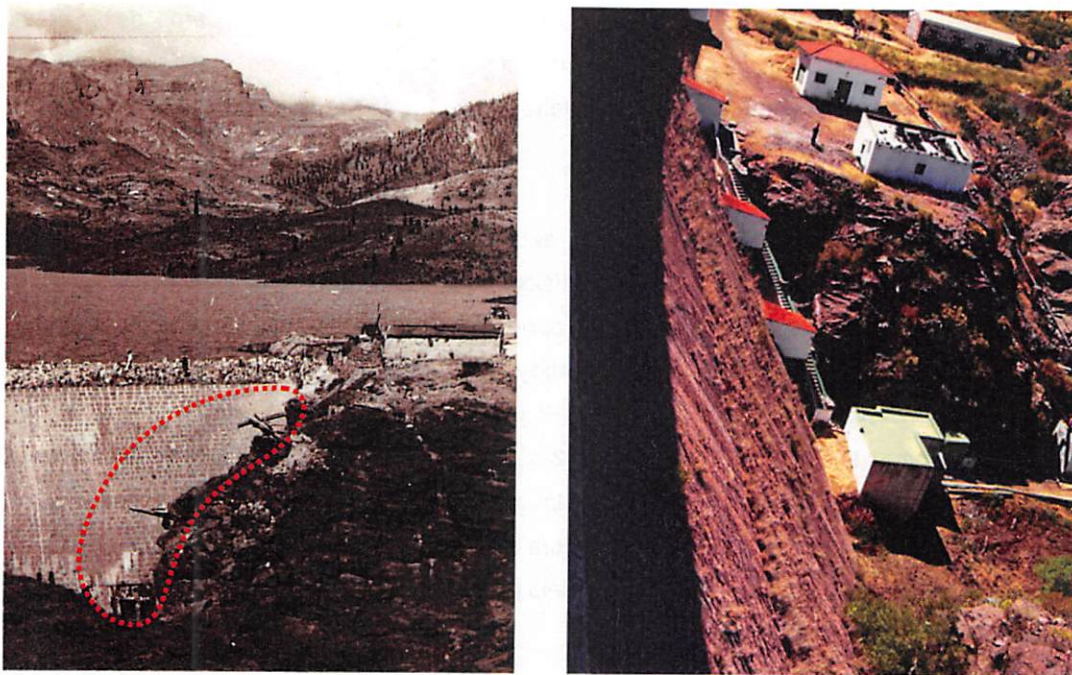


Figura 27. *Izquierda:* Imagen histórica de los trabajos de construcción de la presa, en la que se observa la presencia de tuberías de aliviadero en el borde este del valle, marcadas con línea punteada de color rojo. *Derecha:* Imagen actual del estado de las tuberías de aliviadero, cerradas por casetas y conectadas entre ellas.

Según la sección transversal del modelo de síntesis (perfil II – II’), se ha definido la morfología de la presa como puede observarse en la siguiente **Figura 28**.

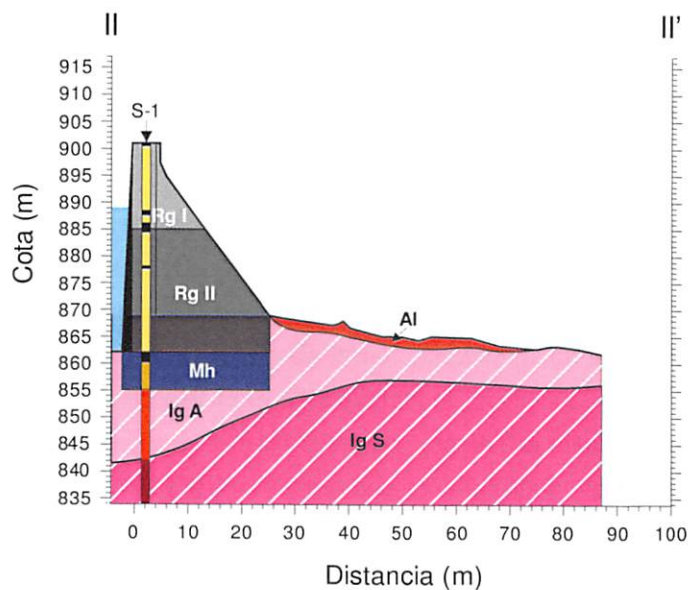


Figura 28. Imagen de la sección transversal del modelo sintético del Anexo G.

La morfología de la presa en la sección transversal viene definida por la topografía de la presa en la zona vista, y la zona enterrada en base a la información aportada y los trabajos de geotecnia y geofísica. Según el sondeo y los ensayos sísmicos **TMS-XH-1**, **TMS-XH-2**, **TMS-XH-3** y **DH-1** se ha estimado la base de la presa en la cota 855,0, resultando una estructura de 46,0 metros de altura desde la coronación hasta el contacto con el sustrato sobre el que apoya la presa.

Gracias a la información aportada por los trabajos de geofísica, se han podido identificar diferentes niveles constructivos dentro del cuerpo de la presa en función de los valores de velocidad sísmica y resistividad eléctrica obtenidos de los ensayos realizados en dicha estructura (**TME-1** y **TME-1.1**, **Planos B-1**, **B-2** y **B-3**, **Anexo B**; **TMS-1**, **Plano C-1**, **Anexo C**; **TMS-XH-1**, **TMS-XH-2** y **TMS-XH-3**, **Planos D-1**, **D-2** y **D-3**, **Anexo D**; y **DH-1**, **Plano E-1** a **E-4**, **Anexo E**).

Se han identificado dos niveles principales dentro del cuerpo de la presa:

- Rellenos Granulares, **Rg**: forman el cuerpo principal de la presa y se desarrollan desde la coronación de la presa hasta los 39,0 metros de profundidad máxima. Según la testificación de los sondeos **S-01** y **S-02** están formados por bolos y gravas cementadas por hormigón en masa con niveles intercalados de hormigón. En base a los resultados obtenidos por los estudios geofísicos podemos diferenciar dos niveles de Rellenos Granulares:
 - Rellenos Granulares Tipo I, **Rg I**: Se trata de nivel superior del cuerpo de la presa. El muro de este nivel comienza en la cota 885,5 metros adaptándose a la morfología de la base en ambos estribos, hasta la cota 901,0 metros de coronación. Este nivel se identifica mediante los valores de V_p y V_s y rangos de resistividades eléctricas obtenidos de los ensayos geofísicos realizados en la coronación de la presa. Este nivel está representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica:	de 300 a 2.000 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P:	de 1.000 a 2.500 m/s
Velocidad de ondas S:	de 500 a 1.500 m/s
 - Rellenos Granulares Tipo II, **Rg II**: Forma el nivel intermedio del cuerpo de la presa. Se encuentra delimitado por los materiales del Relleno granular Tipo I, a techo, hasta la cota 885,5 metros, y a muro por los materiales de la Mampostería hidráulica, a cota 862,0 metros. El límite superior se define por una descenso

significativo en los valores de resistividad eléctrica (**TME-1** y **TME-1.1**), y por la presencia de refractores en los gráficos de cobertura de frentes de ondas P en los modelos de Tomografía Sísmica Cross-Hole (**TMS-XH-1**, **TMS-XH-2** y **TMS-XH-3**) así como un aumento significativo de la velocidad de transmisión de las ondas P y S, tanto en los modelos de Tomografía Sísmica Cross-Hole, como en el ensayo de Down-Hole **DH-01**. La base de este nivel, también está relacionado con la presencia de un refractor, así como un importante aumento de las velocidades sísmicas obtenidas en los perfiles anteriormente mencionados. Se trata del nivel más potente de los que forman el cuerpo de la presa, y en el ensayo de Down-Hole, se observan variaciones de la distribución de la velocidad dentro del nivel, que se correlacionan con la presencia de refractores de menor entidad en los gráficos de cobertura de los ensayos **TMS-XH-2** y **TMS-XH-3**. Estas variaciones pueden estar relacionadas con diferentes niveles interiores (tongadas) durante la construcción del cuerpo de la presa. Este nivel está representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica:	de 200 a 500 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P:	de 2.000 a 3.500 m/s
Velocidad de ondas S:	de 1.000 a 1.500 m/s

- Mampostería hidráulica, **Mh**: Se trata del nivel inferior del cuerpo de la presa y forma la base de esta. Según la testificación del sondeo **S-01**, este nivel está compuesto por bolos sin cementar, sueltos sin relleno. Está limitada por arriba con los materiales de Relleno granular Tipo II, a cota 862,0 metros, y por abajo por los materiales que forman el sustrato, Ignimbritas, a cota 855,0 metros. El contacto con las Ignimbritas está definido mediante la testificación del sondeo **S-01**, así como por la presencia de refractores principales en los modelos de Tomografía Sísmica Cross-Hole **TMS-XH-2** y **TMS-XH-3**, así como por un descenso abrupto de la velocidad de transmisión de las ondas P y S en el ensayo de Down-Hole **DH-01**. Este nivel está representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica:	de 100 a 300 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P:	de 2.500 a 4.000 m/s
Velocidad de ondas S:	de 1.000 a 2.000 m/s

Estribos de la presa (Plano A-1 del Anexo A, Plano B-4 del Anexo B, Plano C-2 del Anexo C, Plano F-2 del Anexo F y Plano G-1 del Anexo G).

Los perfiles geofísicos realizados en el estribo este de la presa son el perfil eléctrico **TME-2** y realizado en la misma posición el perfil sísmico **TMS-2**, y el ensayo de **MASW-2** referido al centro de esta implantación sísmica. La interpretación conjunta realizada con estos ensayos geofísicos se puede ver en la parte este de la sección longitudinal **I-I'**.

Teniendo en cuenta la información aportada por los trabajos de geofísica, se ha podido identificar diferentes niveles de materiales en función de los valores de resistividad eléctrica y de velocidad sísmica obtenidos de los ensayos realizados y por la presencia de refractores en los gráficos de cobertura es de frentes de ondas P:

- Materiales coluviales (**CI**): aparecen superficialmente en los modelos geofísicos realizados en ambos estribos, en el **TME/TMS-2** se presenta con espesores de entre 1,0 y 3,0 metros y en el **TME/TMS-3** con espesores de entre 1,0 y 5,0 metros. Este nivel está representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica:	de 40 a 800 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P:	< 1.000 m/s
Velocidad de ondas S:	de < 500 m/s

- Materiales cuerpo de la presa (**Rg I**): en los perfiles geofísicos **TME/TMS-3** se observa la presencia de materiales del **Rango 1** (materiales de relleno del cuerpo de la presa), que aparecen en los modelo desde el metro 30,0 hasta el metro 38,0 desde superficie y hasta una cota de 892,5 metros y se caracteriza por un aumento en los valores de resistividad eléctrica y un aumento de velocidad de V_p y en el que aparece un refractor que coincide con la isólinea de 2.500 m/s que separa los materiales de presa con el sustrato rocoso. Este nivel está representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica:	de 300 a 2.000 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P:	de 1.000 a 2.500 m/s
Velocidad de ondas S:	de 800 a 950 m/s

- Sustrato rocoso, Ignimbritas (**Ig A/Ig S**): aparecen entre y por debajo de los materiales descritos anteriormente. Dentro de estos materiales se han podido distinguir, principalmente por los refractores identificados en los gráficos de cobertura de frentes de ondas P, tres grados de alteración de las Ignimbritas: el primero un sustrato de baja

compacidad y muy alterado con velocidades inferiores a 2.000 m/s y resistividades por encima de 200 $\Omega \cdot m$, que se presenta en el **TME/TMS-2** hasta una cota entre 886 y 889 metros y en el **TME/TMS-3** se presenta principalmente al inicio y al final de los modelos entre la cota 885 y 891 metros; el segundo un sustrato alterado de más compacidad que el anterior con velocidades de V_p entre 2.000 y 3.000 m/s y resistividades de entre 20 y 800 $\Omega \cdot m$, que en los modelos de resistividad eléctrica y en el **TMS-3** se extiende hasta la máxima profundidad de estudio en cada modelo, y en el **TMS-2** llega hasta una cota entre 875 y 878 metros; y por último un sustrato rocoso sano con velocidades de V_p superiores a 3.000 m/s que sólo aparece en el TMS-2 y que se extiende hasta la máxima profundidad de estudio.

A modo de resumen este nivel aparece representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica (lg A):	de 50 a 500 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P (lg A):	1.000 a 3.000 m/s
Velocidad de ondas S (lg A):	de 700 a 1.300 m/s
Resistividad Eléctrica (lg S):	de <200 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P (lg S):	3.000 a 5.000 m/s
Velocidad de ondas S (lg S):	de 1.300 a 2.100 m/s

Zona del barranco (Plano A-1 del Anexo A, Plano B-4 del Anexo B, Plano C-3 del Anexo C, Plano F-2 del Anexo F y Plano G-1 del Anexo G).

Los perfiles geofísicos realizados en la zona del barranco son el perfil eléctrico **TME-4** y los perfiles sísmicos **TMS-4** y **TMS-5**, y los ensayos de **MASW-4** y **MASW-5** referido al centro de cada implantación sísmica. La interpretación conjunta realizada con estos ensayos geofísicos se puede ver en la parte este de la sección transversal **II-II'**.

Teniendo en cuenta la información aportada por los trabajos de geofísica, se ha podido identificar diferentes niveles de materiales en función de los valores de resistividad eléctrica y de Velocidad sísmica obtenidos de los ensayos realizados y por la presencia de refractores en los gráficos de cobertura es de frentes de ondas P:

- Materiales aluviales (**AI**): aparecen superficialmente en los modelos geofísicos realizados con espesores de entre 1,0 y 4,0 metros. Este nivel está representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica:	de 40 a 800 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P:	< 1.000 m/s
Velocidad de ondas S:	de < 500 m/s

- Sustrato rocoso, Ignimbritas (**Ig A/Ig S**): aparecen entre y por debajo de los materiales descritos anteriormente y hasta la máxima profundidad de investigación. Dentro de estos materiales se han podido distinguir, principalmente por los refractores identificados en los gráficos de cobertura de frentes de ondas P, dos grados de alteración de las Ignimbritas: el primero un sustrato de baja compacidad y alterado con velocidades entre 2.000 y 3.000 m/s y resistividades de 20 a 500 $\Omega \cdot m$, que se presenta hasta una cota entre 849 y 855; el segundo un sustrato rocoso sano con velocidades de V_p superiores a 3.000 m/s que se extiende hasta la máxima profundidad de estudio. A modo de resumen este nivel aparece representado por los siguientes rangos de valores:

Resistividad Eléctrica (Ig A):	de 50 a 500 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P (Ig A):	1.000 a 3.000 m/s
Velocidad de ondas S (Ig A):	de 700 a 1.300 m/s
Resistividad Eléctrica (Ig S):	de <200 $\Omega \cdot m$
Velocidad de ondas P (Ig S):	3.000 a 5.000 m/s
Velocidad de ondas S (Ig S):	de 1.300 a 2.100 m/s

Las Palmas de Gran Canaria, a 10 de Mayo de 2.018



Fdo.: **Pilar Medina Rivero**
Ingeniero Técnico O.O.P.P.
Colegiado nº 12663



Fdo.: **Raúl Mínguez Maturana**
Geólogo
Colegiado nº 3483



Fdo.: **Carlos M. Calvo Martínez**
Geólogo
Colegiado nº 3595



Registro Mercantil de Las Palmas de Gran Canaria: Tomo 1.975, Libro 0, Folio 187, Hoja GC-43808, Inscripción 1. CIF: B-76080373

ANEXO A

PLANO DE LOCALIZACIÓN



LEYENDA

TME-1	Perfil de Tomografía Eléctrica
TMS-1	Perfil de Tomografía Sísmica
TMS_XH-1	Ensayos de Sísmica en pozo
MASW-2	Ensayos de MASW

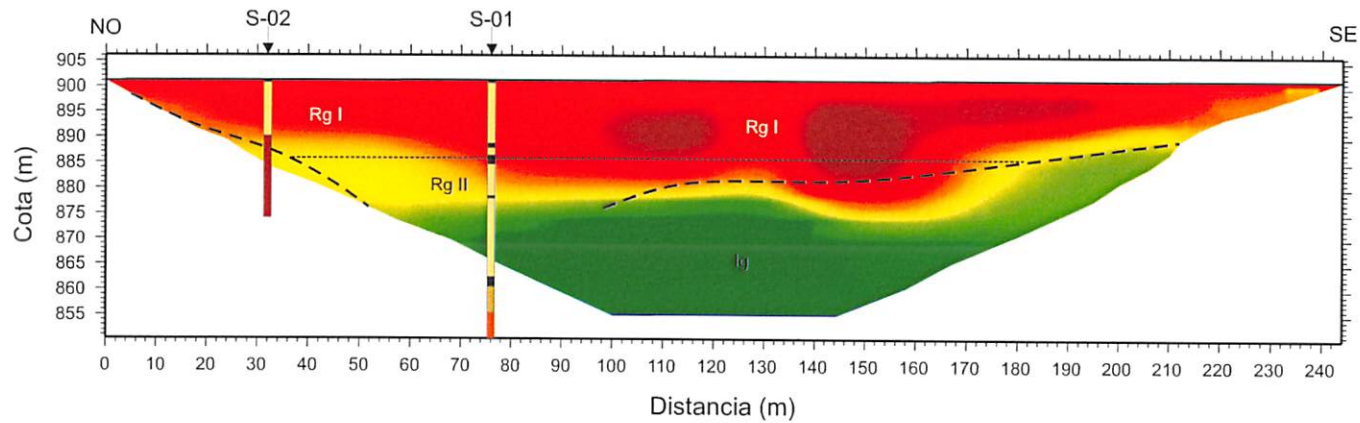
PROYECTO	RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA).
CLIENTE	
CONSULTOR	
TÍTULO DEL PLANO	LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS GEOFÍSICOS
ESCALA	DIN A3 1:1000 0 10 20 30 40 metros
FECHA	SEPTIEMBRE - 2018
NÚMERO DE PLANO	A-1



ANEXO B

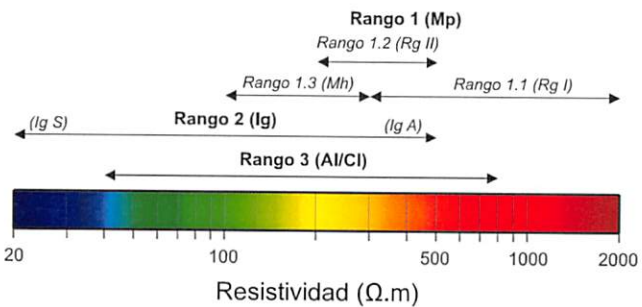
MODELOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

MODELO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-1



LEYENDA

- Base cimentación de la presa
- Limite entre materiales geoelectricamente diferenciables
- S-02 Sondeo Mecánico

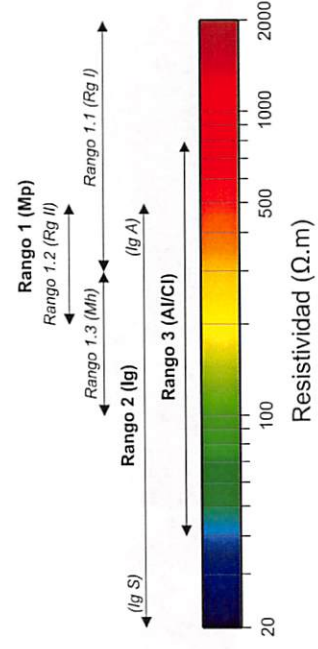
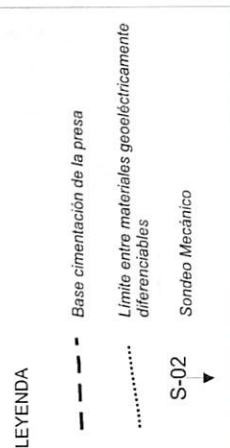
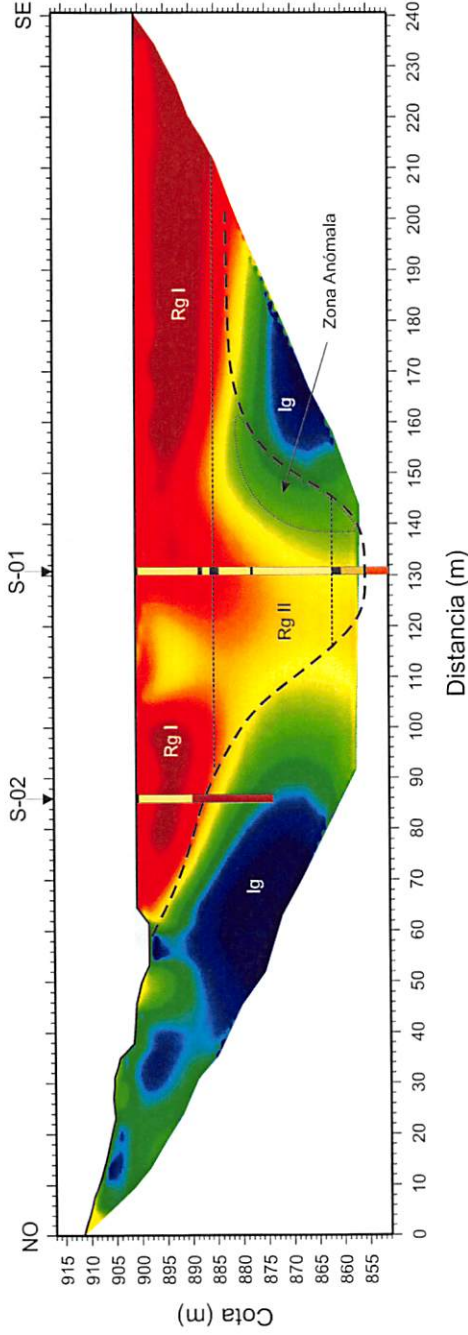


LEYENDA SONDEOS

- Bolos y gravas cementadas (Rg)
- Hormigón (Rg)
- Ignimbrita (Ig A)
- Ignimbrita Soldada (Ig S)
- Bolos (sin relleno) (Mh)

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			MODELO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-1	1 : 1.000 	SEPTIEMBRE 2018
					NÚMERO DE PLANO B-1

MODELO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-1.1

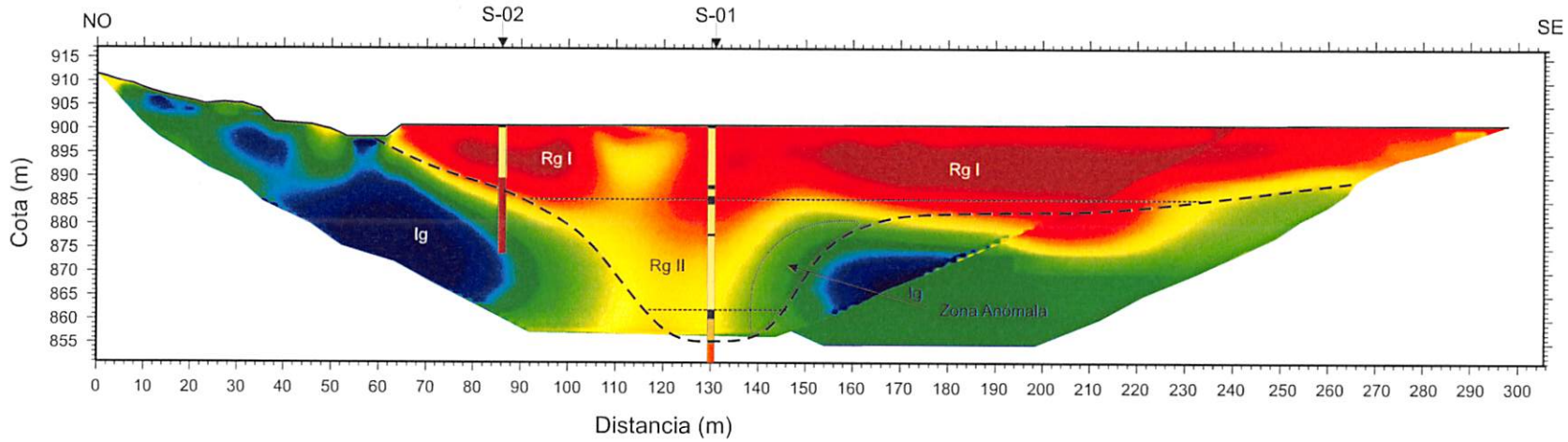


LEYENDA SONDEOS

	Bolos y gravas cementadas (Rg)		Ignimbrita (lg A)
	Hornigón (Rg)		Ignimbrita Soldada (lg S)
	Bolos (sin relleno) (Mh)		

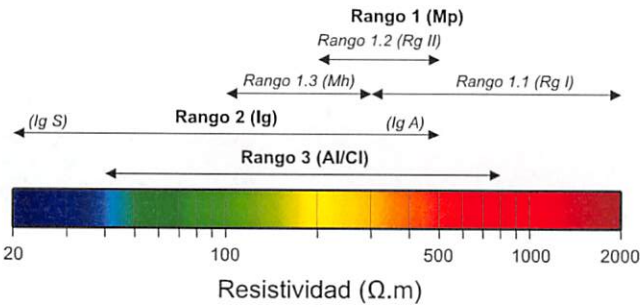
PROYECTO	RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)	CLIENTE		CONSULTOR		TÍTULO DEL PLANO	MODELO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-1.1	ESCALA	1 : 1.000	FECHA	SEPTIEMBRE 2018
									0 10 20 30 40 metros	NÚMERO DE PLANO	B-2

MODELOS SOLAPADOS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-1 Y TME-1.1



LEYENDA

- Base cimentación de la presa
- Límite entre materiales geoelectricamente diferenciables
- S-02 Sondeo Mecánico

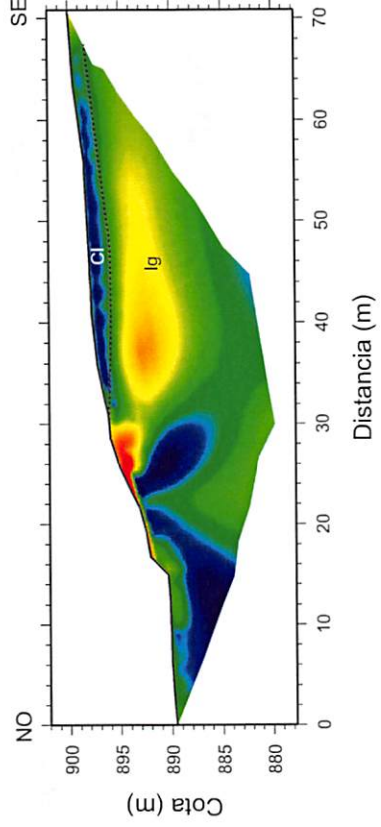


LEYENDA SONDEOS

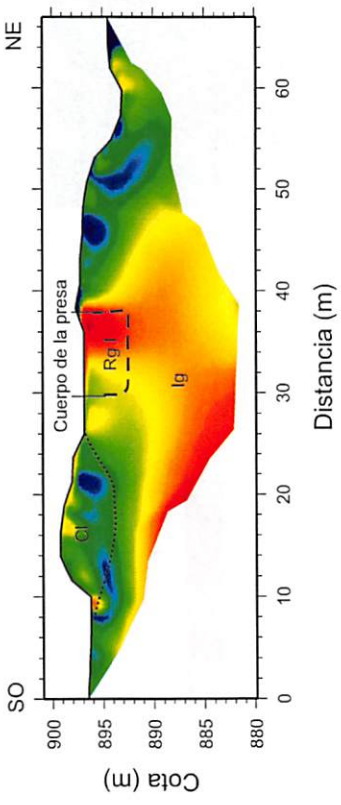
- Bolos y gravas cementadas (Rg)
- Hormigón (Rg)
- Bolos (sin relleno) (Mh)
- Ignimbrita (Ig A)
- Ignimbrita Soldada (Ig S)

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			MONTAJE DE LOS PERFILES TME-1 Y TME-1.1	1 : 1.000 	SEPTIEMBRE 2018
					NÚMERO DE PLANO B-3

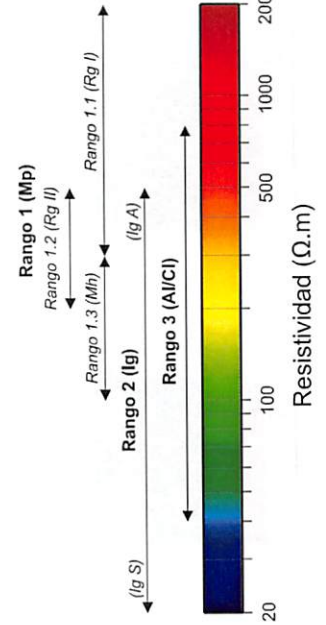
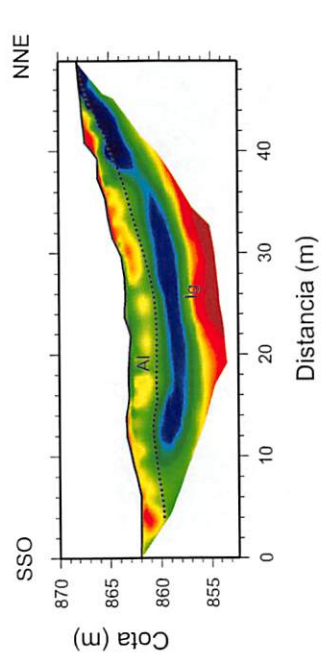
MODELO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-2



MODELO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-3



MODELO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-4



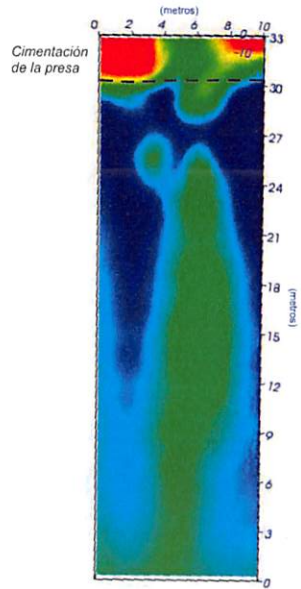
- LEYENDA**
- Base cimentación de la presa
 - Límite entre materiales geoelectricamente diferenciables
 - S-02 Sondeo Mecánico

- LEYENDA SONDEOS**
- Bolos y gravas cementadas (Rg)
 - Hormigón (Rg)
 - Bolos (sin relleno) (Mh)
 - Igumbrita (Ig A)
 - Igumbrita Soldada (Ig S)

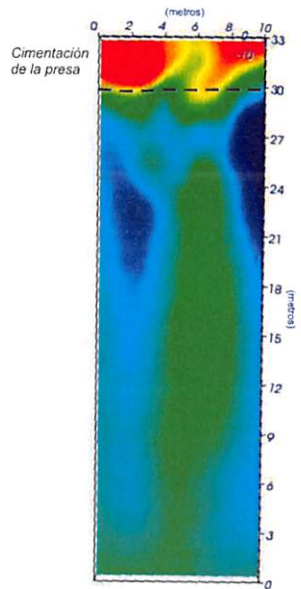
PROYECTO	RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)	CLIENTE		CONSULTOR	
TÍTULO DEL PLANO	MODELOS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TME-2, TME-3 Y TME-4				
ESCALA	1 : 500				
FECHA	SEPTIEMBRE 2018				
NÚMERO DE PLANO	B-4				

SECCIONES EN PLANTA DEL MODELO 3D DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

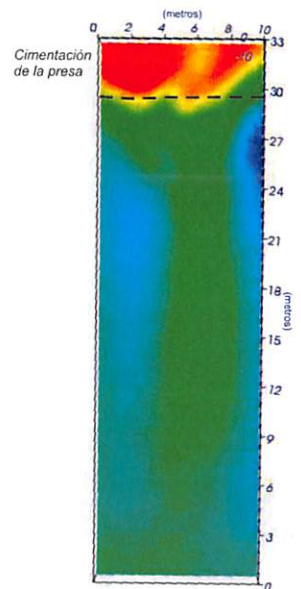
Sección a 1,5 m de profundidad



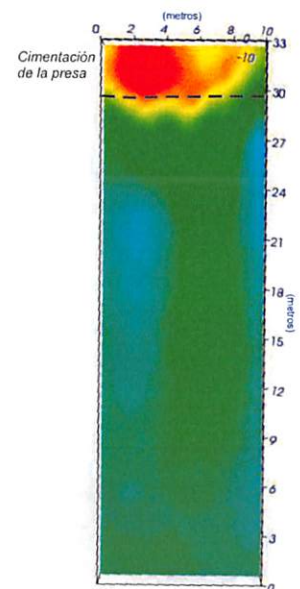
Sección a 2,0 m de profundidad



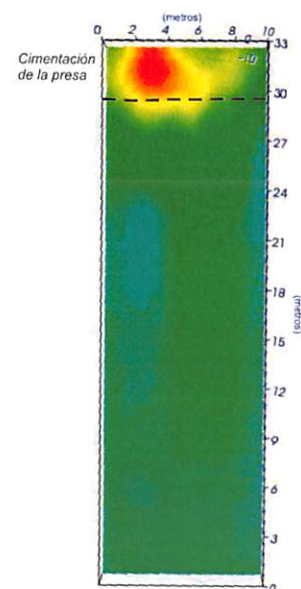
Sección a 2,5 m de profundidad



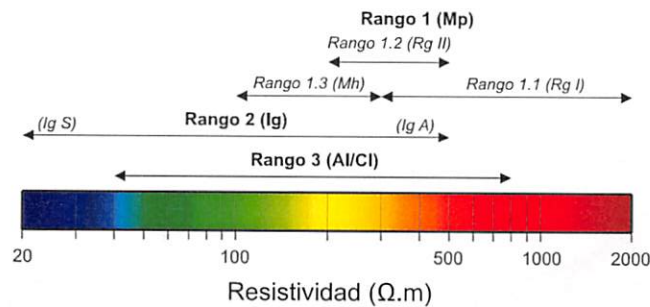
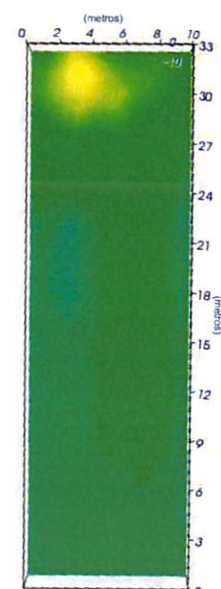
Sección a 3,0 m de profundidad



Sección a 3,5 m de profundidad



Sección a 4,0 m de profundidad

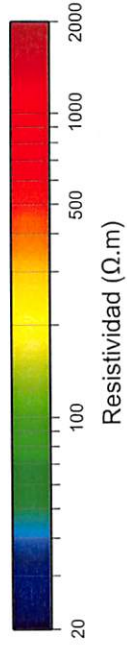
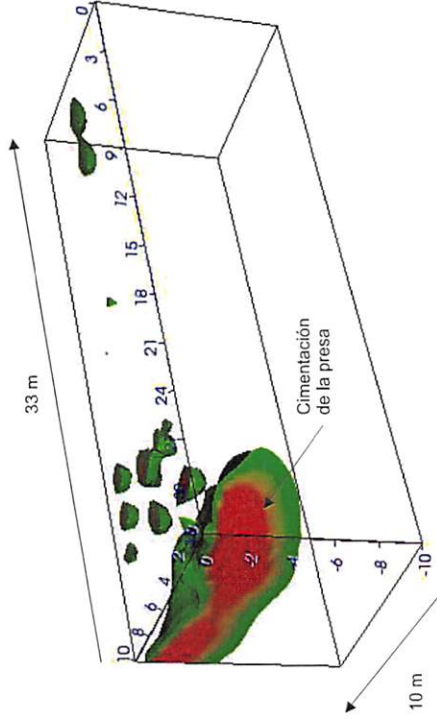
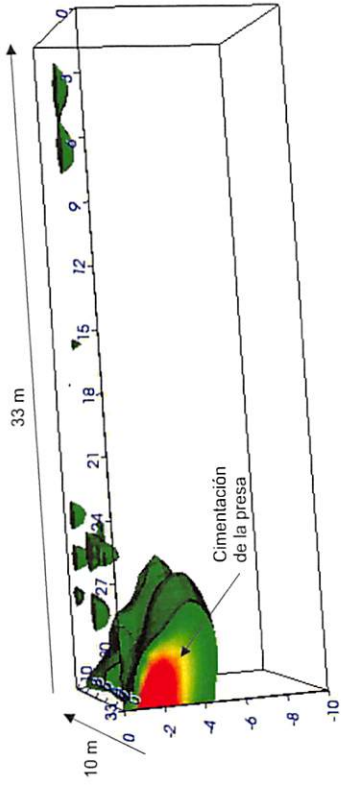
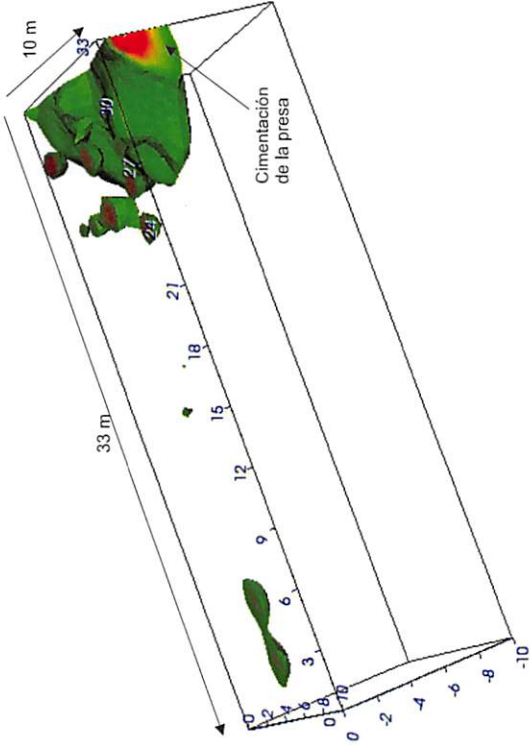


Esquema de localización



PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			SECCIONES EN PLANTA MODELO 3D DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA	Gráfica	SEPTIEMBRE 2018
					NÚMERO DE PLANO B-5

MODELO 3D DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA



PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			MODELO 3D DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA CIMENTACION DE LA PRESA	Gráfica	SEPTIEMBRE 2018
					NÚMERO DE PLANO B-6



ANEXO C

MODELOS DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA DE SUPERFICIE

MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-1

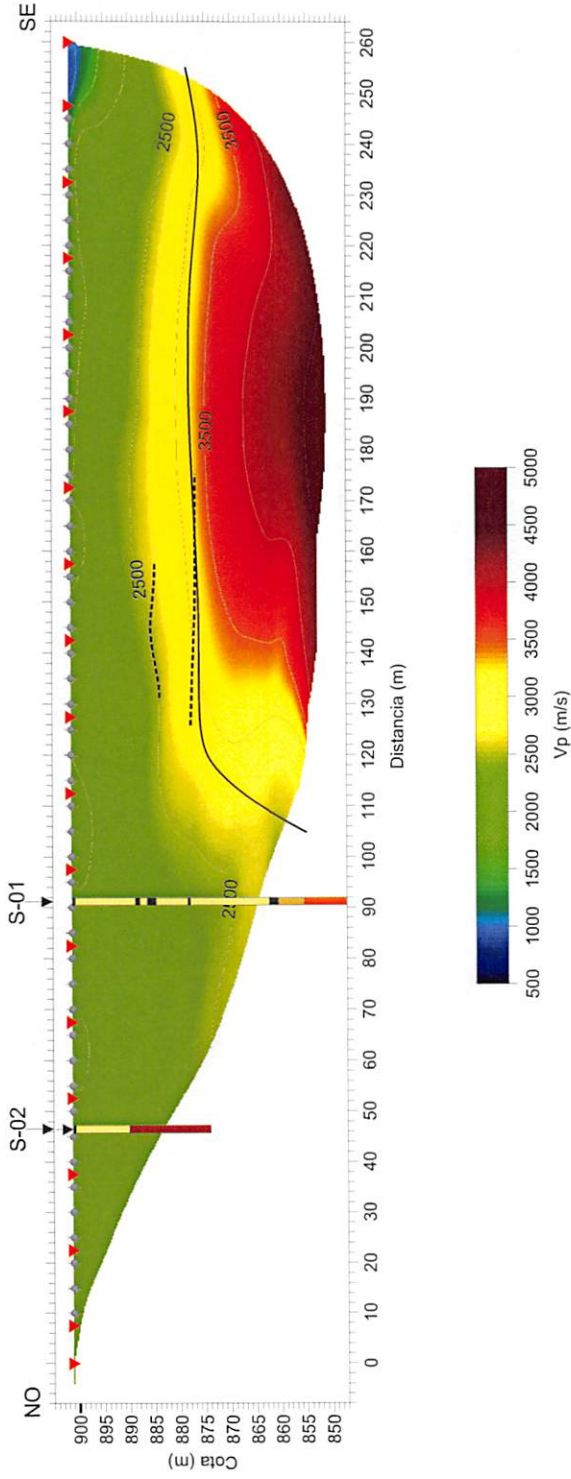
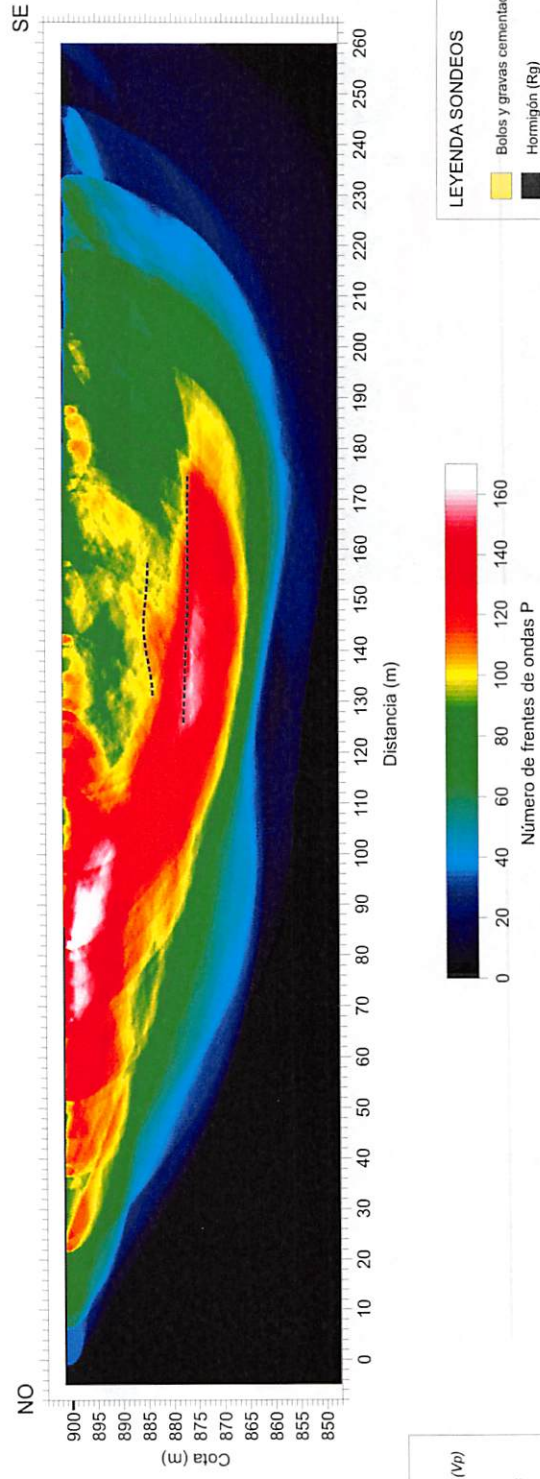


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-1



- LEYENDA**
- 2000 — Isolinia de velocidad (Vp)
 - ▲ Posición de disparos
 - ◆ Posición de geófonos
 - Refractores
 - Limite Inimbritas IgA / IgS

LEYENDA SONDEOS

- Bolos y gravas cementadas (Rg)
- Hormigón (Rg)
- Bolos (sin relleno) (Mh)
- Ignimbrita (Ig A)
- Ignimbrita Soldada (Ig S)

PROYECTO	RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)	CLIENTE	CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE GRAN CANARIA	CONSULTOR	AGI	TÍTULO DEL PLANO	MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-1	ESCALA	DIN A3 0 10 20 30 40 metros	FECHA	SEPTIEMBRE 2018	NÚMERO DE PLANO	C-1
----------	---	---------	--	-----------	-----	------------------	---	--------	--------------------------------	-------	-----------------	-----------------	-----

MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-2

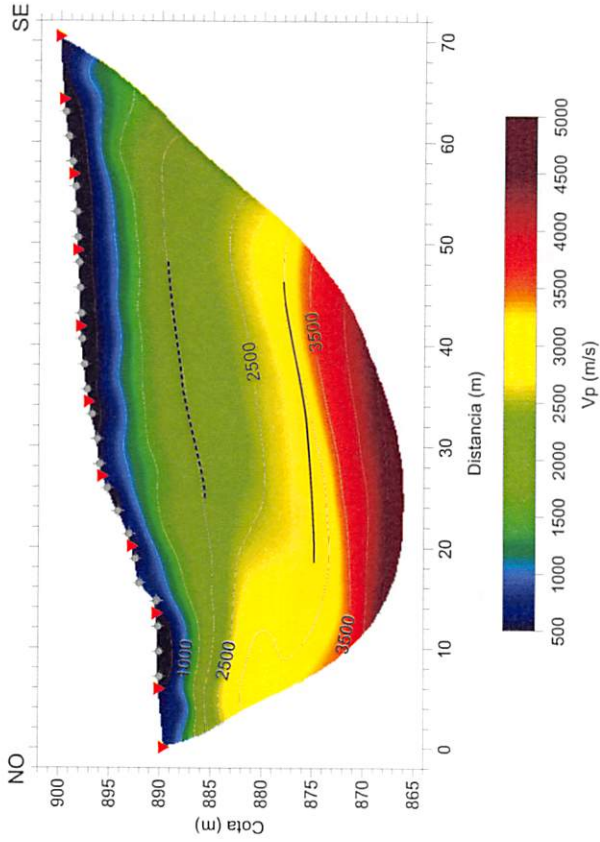
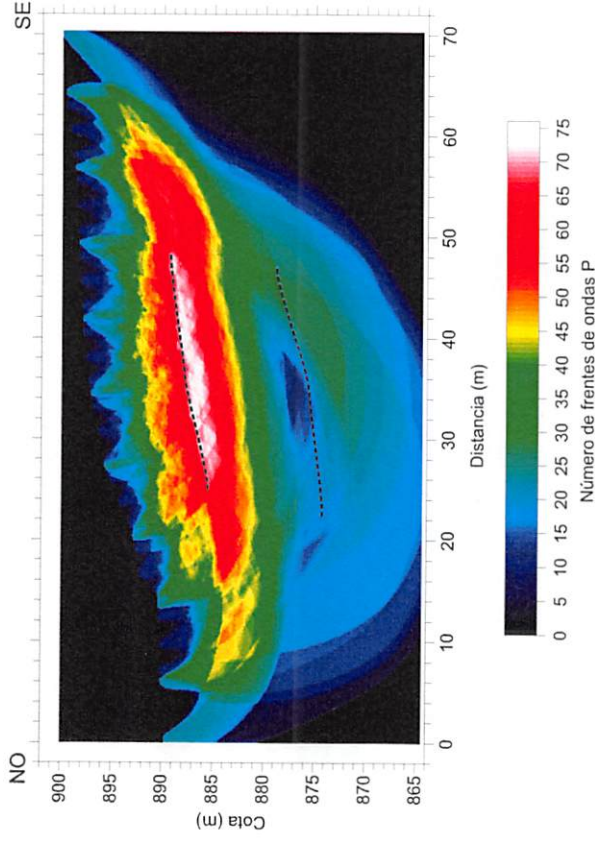


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-2



MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-3

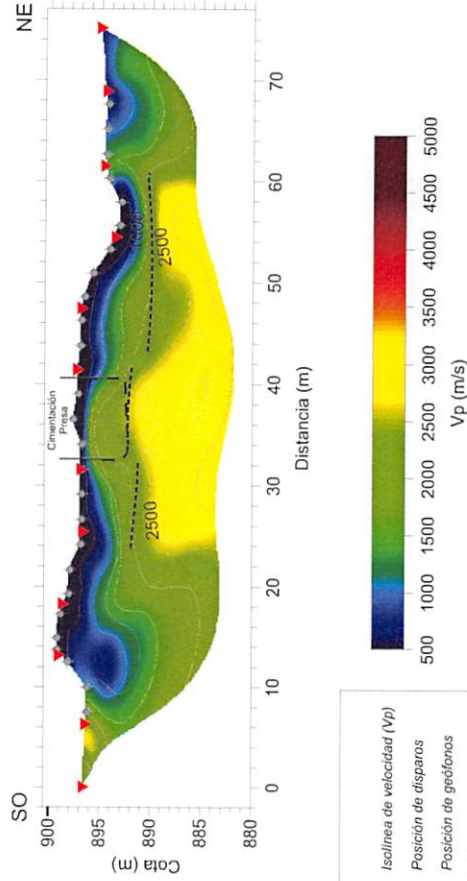
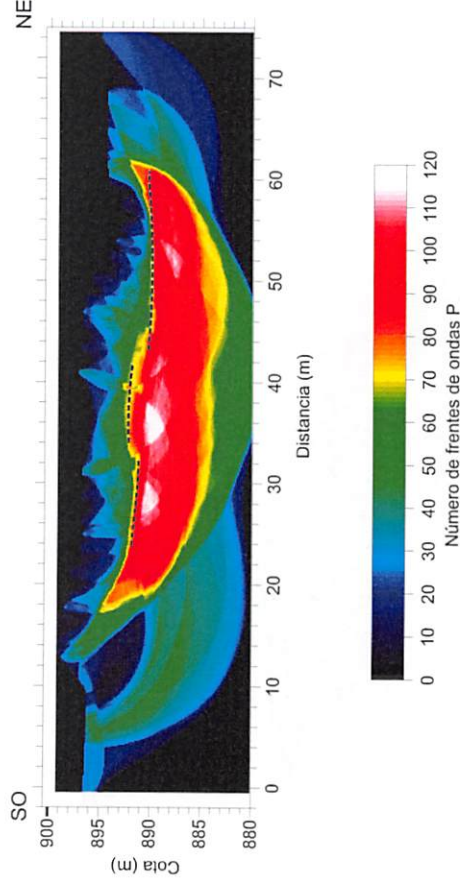


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-3



- LEYENDA**
- 2000 — Isolinia de velocidad (Vp)
 - ▲ Posición de disparos
 - ◆ Posición de geofonos
 - Refractores
 - Limite Inhomogeneas IGA / IGS

PROYECTO	RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOME DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)	CONSULTOR		TÍTULO DEL PLANO	MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-2 Y TMS-3	ESCALA	DIN A3 0 5 10 15 20 metros	FECHA	SEPTIEMBRE 2018
		CLIENTE						NÚMERO DE PLANO	C-2

MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-4

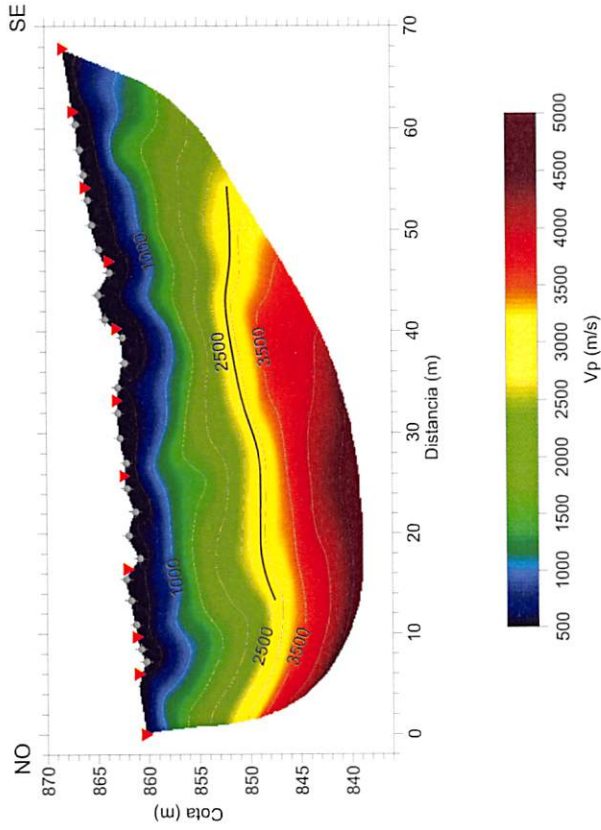
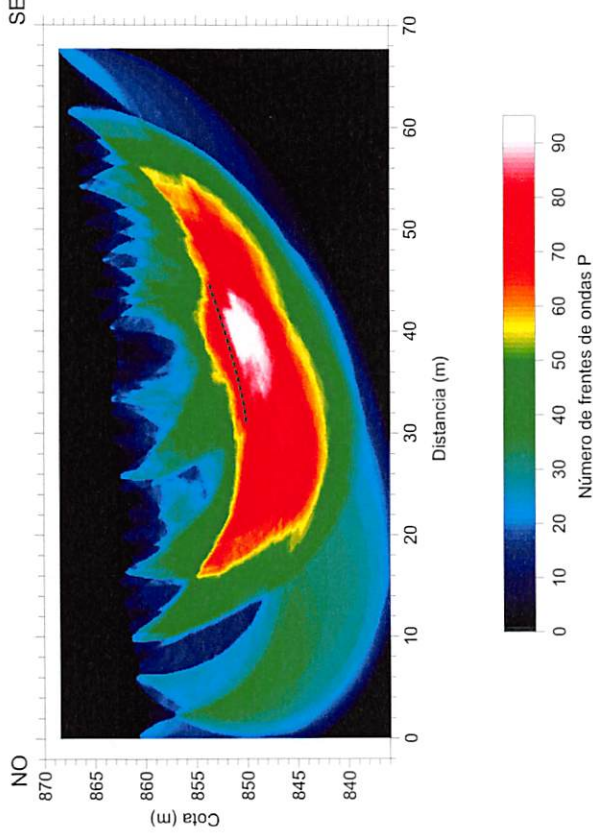


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-4



MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-5

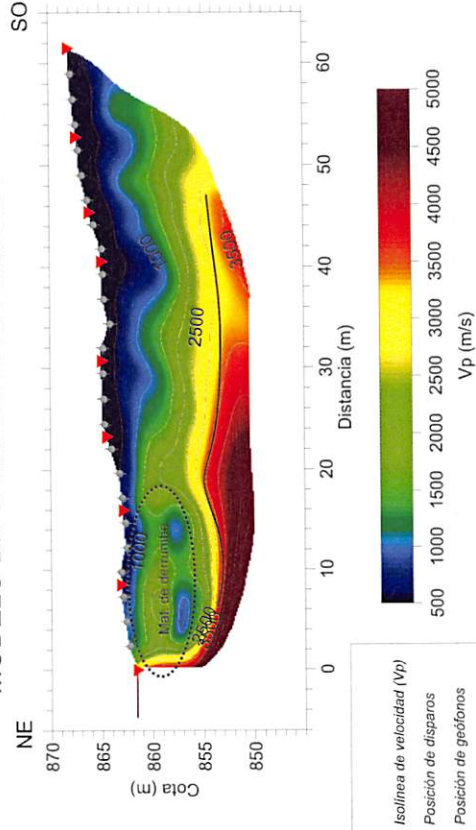
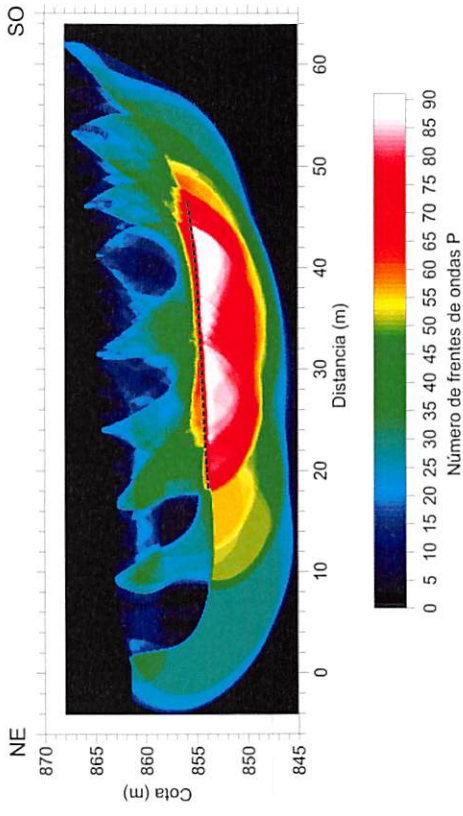


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-5



LEYENDA

- Isolinia de velocidad (Vp)
- Posición de disparos
- Posición de geófonos
- Refractores
- Límite Inhíbritas IgA / IgS

PROYECTO

RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOME DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)

CLIENTE



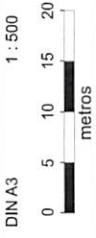
CONSULTOR



TÍTULO DEL PLANO

MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-4 Y TMS-5

ESCALA



FECHA

SEPTIEMBRE 2018

NÚMERO DE PLANO

C-3



ANEXO D

MODELOS DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA DE CROSS-HOLE

MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-XH-1 Y TMS-XH-2

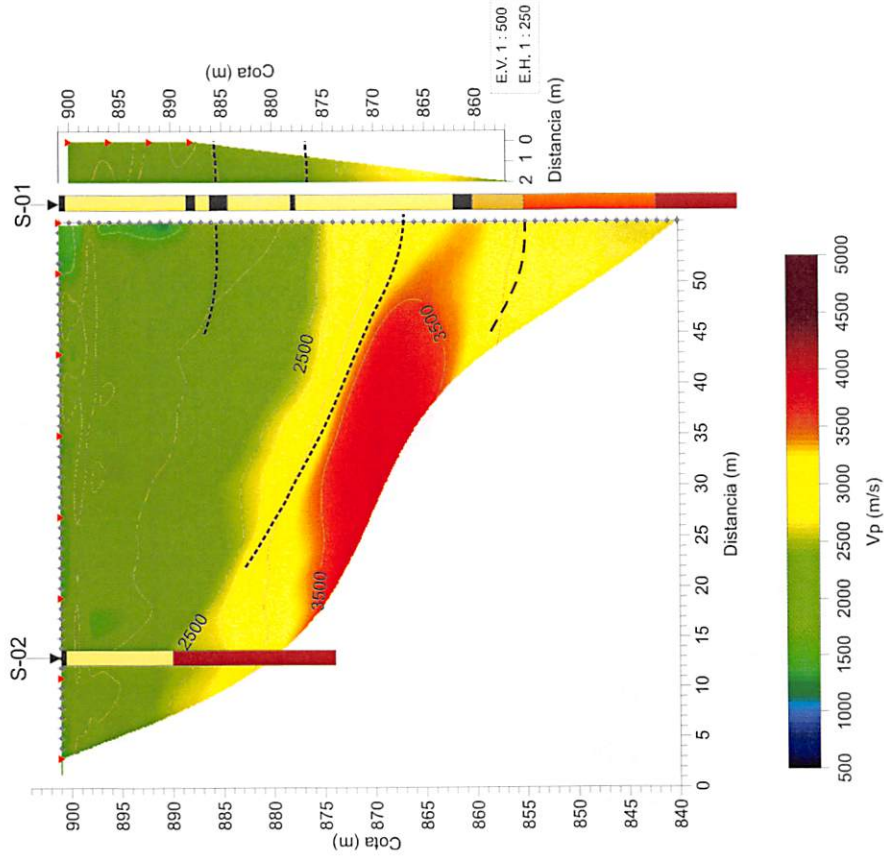
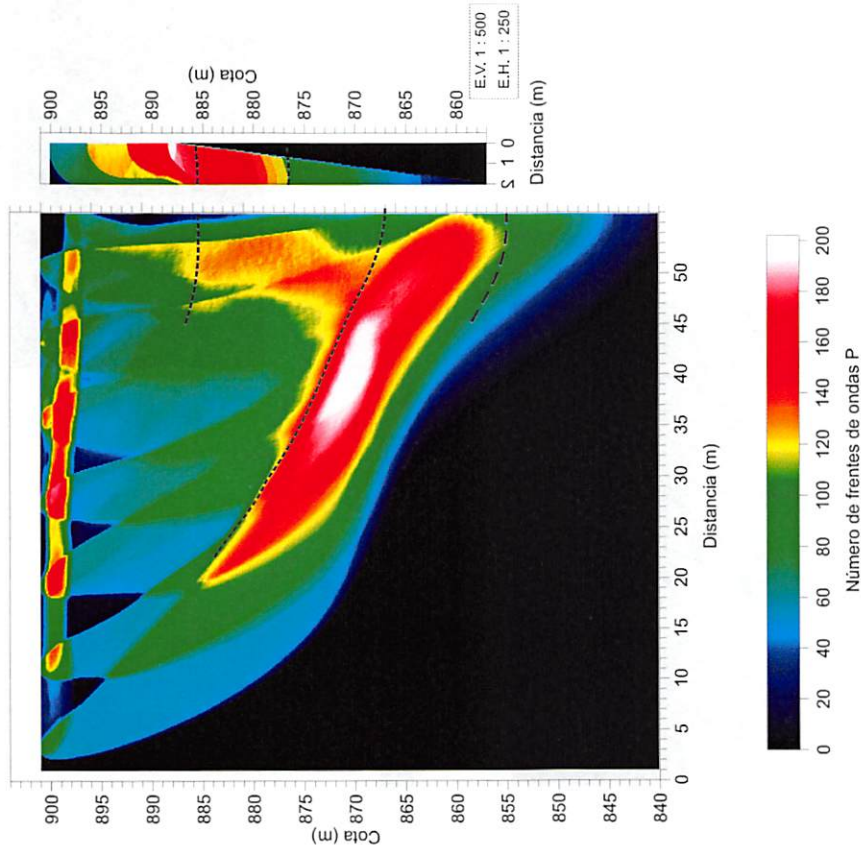


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-XH-1 Y TMS-XH-2



LEYENDA

- Isolinea de velocidad (Vp)
- Posición de disparos
- Posición de geófonos
- Refractores
- Base cimentación de la presa
- Bolos y gravas cementadas (Rg)
- Ignimbrita (Ig A)
- Hormigón (Rg)
- Ignimbrita Soldada (Ig S)
- Bolos (con algo de argamasa) (Mh)

PROYECTO
 RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO
 DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA
 (GRAN CANARIA)



CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
 CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE GRAN CANARIA	 AGI	MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-XH-1 Y TMS-XH-2	DIN A3 0 5 10 15 20 metros	SEPTIEMBRE - 2018 NÚMERO DE PLANO D-1

MODELOS DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-XH-2 Y TMS-XH-3

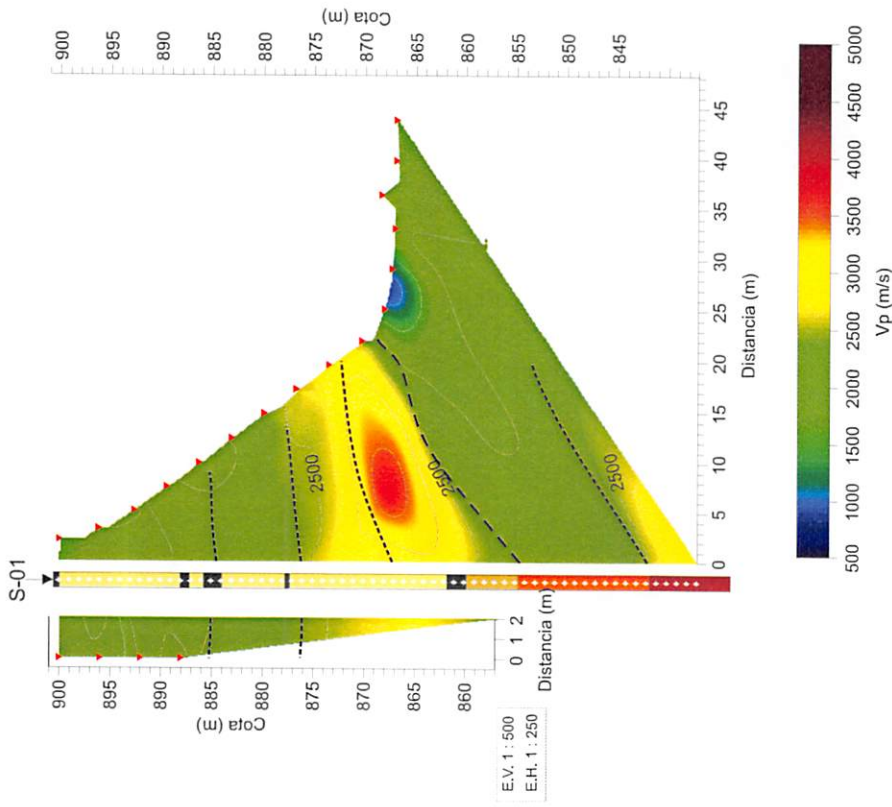
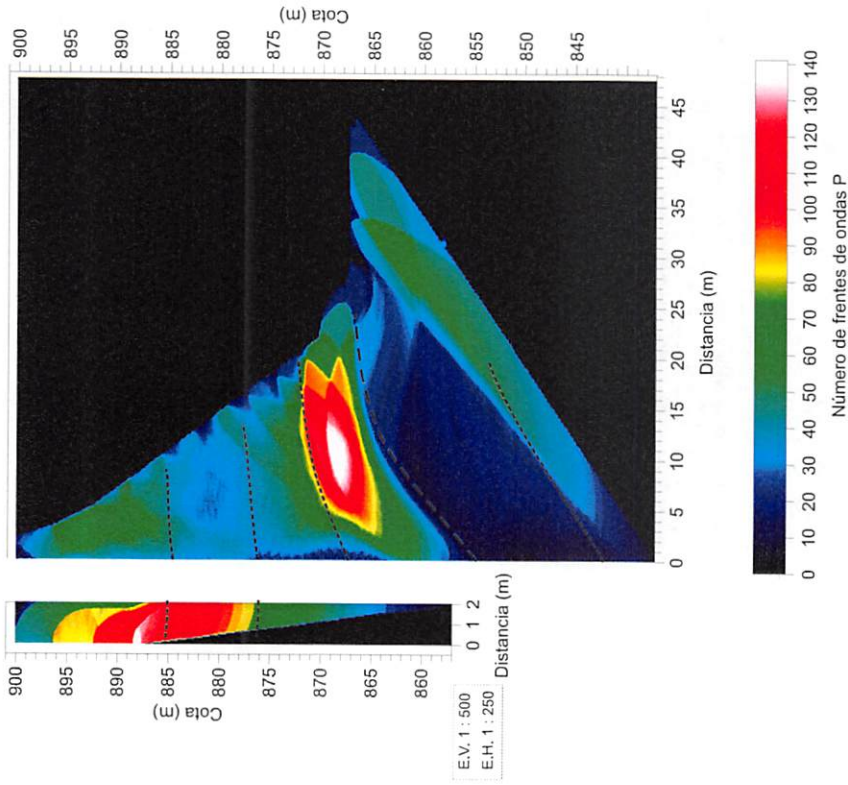


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-XH-2 Y TMS-XH-3

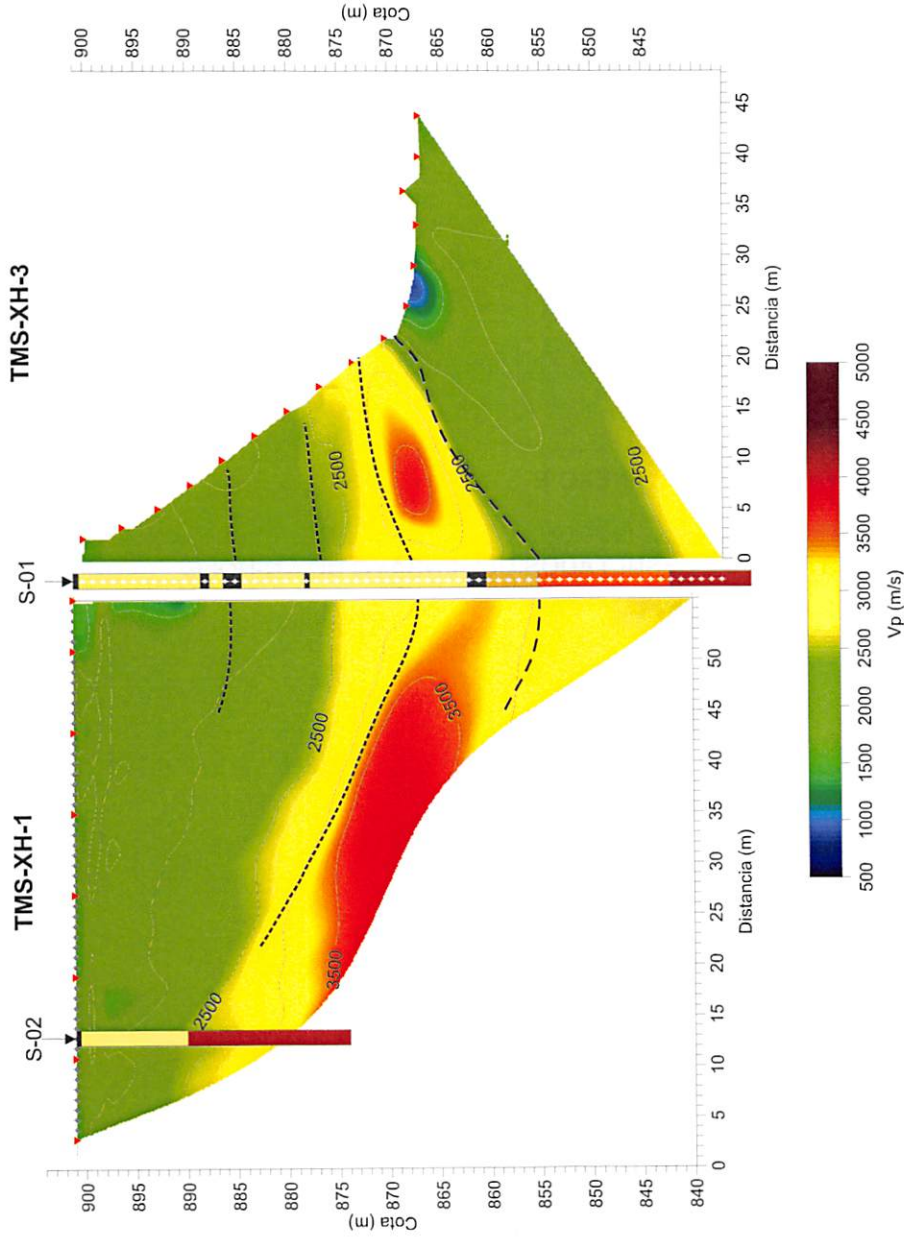


LEYENDA

- Isolinia de velocidad (Vp)
- Posición de disparos
- Posición de geófonos
- Refractores
- Base cimentación de la presa
- Bolas y gravas cementadas (Rg)
- Hormigón (Rg)
- Bolas (con algo de argamasa) (Mh)
- Igmimbrita (Ig A)
- Igmimbrita Soldada (Ig S)

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-XH-2 Y TMS-XH-3	DIN A3 0 5 10 15 20 metros	SEPTIEMBRE - 2018 NÚMERO DE PLANO D-2

MODELOS DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-XH-1 Y TMS-XH-3



- LEYENDA**
- Isolinea de velocidad (Vp)
 - Posición de disparos
 - Posición de geófonos
 - Refractores
 - Base cimentación de la presa
 - Bolos y gravas cementadas (Rg)
 - Hermigón (Rg)
 - Ignimbrita Solidada (Ig S)
 - Bolos (con algo de argamasa) (Mh)
 - Ignimbrita (Ig A)



<p>PROYECTO</p> <p>RECONOCIMIENTO GEOFISICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)</p>	<p>CLIENTE</p>	<p>CONSULTOR</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-XH-1Y TMS-XH-3</p>	<p>ESCALA</p> <p>DIN A3</p> <p>0 5 10 15 20 metros</p>	<p>FECHA</p> <p>SEPTIEMBRE - 2018</p>
					<p>NÚMERO DE PLANO</p> <p>D-3</p>



ANEXO E

GRÁFICOS Y TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DOWN-HOLE

VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DOWN-HOLE DH-01

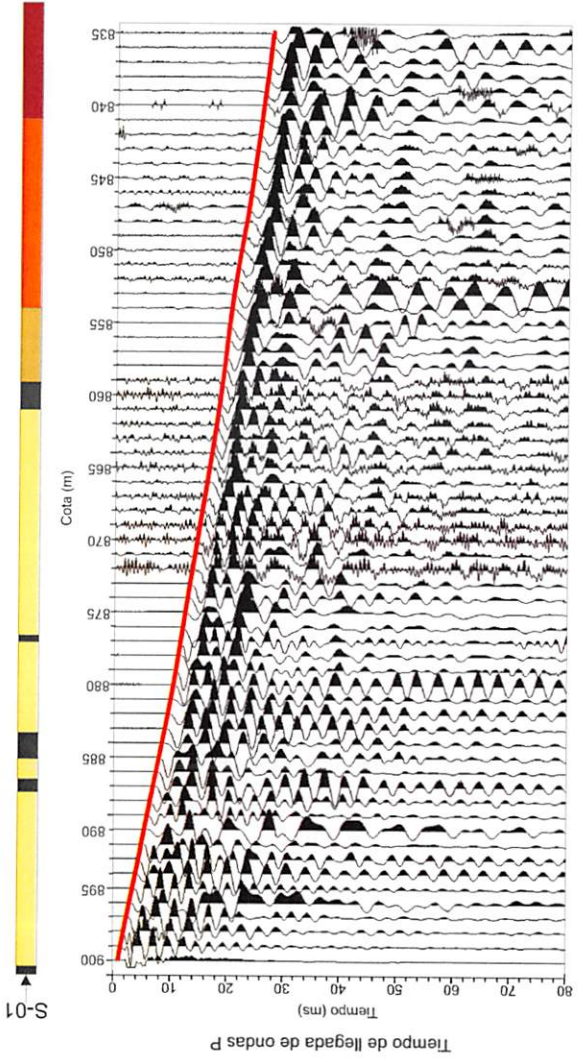
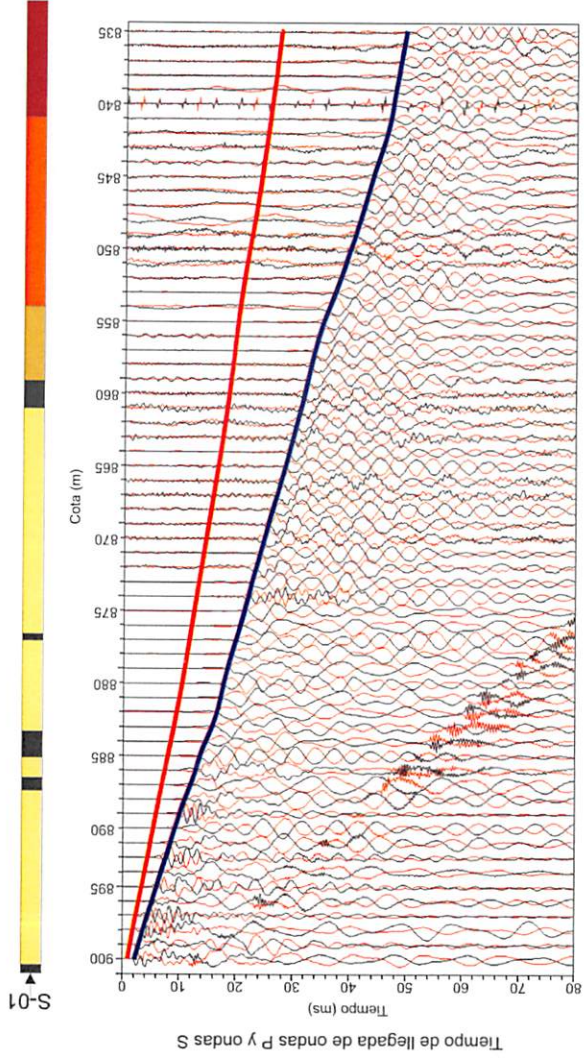
Profundidad (m) (m)	Velocidad Onda P (m/s)	Velocidad Onda S (m/s)	Densidad (kg/m ³)	Coefficiente Poisson σ	Módulo Rigidez G (GPa)	Módulo Young E (GPa)	Módulo Bulk K (GPa)
-2	1526	565	1900	0.42	0.61	1.72	3.61
-3	1779	872	1900	0.34	1.44	3.88	4.09
-4	1585	787	1900	0.34	1.18	3.14	3.20
-5	1732	945	1900	0.29	1.70	4.37	3.44
-6	1843	934	1900	0.33	1.66	4.40	4.24
-7	1917	945	1900	0.34	1.70	4.55	4.71
-8	2106	1046	1900	0.34	2.08	5.55	5.65
-9	1740	829	1900	0.35	1.31	3.54	4.01
-10	2007	958	1900	0.35	1.74	4.72	5.33
-11	2249	1123	1900	0.33	2.40	6.39	6.41
-12	2085	928	1900	0.38	1.64	4.50	6.08
-13	1789	839	1900	0.36	1.34	3.64	4.30
-14	1724	869	1900	0.33	1.43	3.82	3.74
-15	1898	979	1900	0.32	1.82	4.80	4.42
-16	1889	928	1900	0.34	1.64	4.39	4.60
-17	1893	957	1900	0.33	1.74	4.62	4.49
-18	2098	1083	1900	0.32	2.23	5.87	5.39
-19	2028	1004	1900	0.34	1.92	5.13	5.26
-20	2273	1135	1900	0.33	2.45	6.53	6.55
-21	2463	1238	1900	0.33	2.91	7.75	7.64
-22	2560	1292	1900	0.33	3.17	8.43	8.22
-23	2388	1238	1900	0.32	2.91	7.66	6.96
-24	2678	1358	1900	0.33	3.50	9.30	8.96
-25	2564	1250	1900	0.34	2.97	7.98	8.54
-26	2688	1357	1900	0.33	3.50	9.30	9.07
-27	2359	1164	1900	0.34	2.57	6.89	7.14
-28	2113	1041	1900	0.34	2.06	5.52	5.74
-29	2272	1155	1900	0.33	2.53	6.72	6.43
-30	2168	1114	1900	0.32	2.36	6.23	5.78
-31	2108	1074	1900	0.32	2.19	5.81	5.52
-32	2036	1075	1900	0.31	2.19	5.73	4.95
-33	2464	1248	1900	0.33	2.96	7.86	7.59
-34	2370	1168	1900	0.34	2.59	6.95	7.21
-35	2279	1189	1900	0.31	2.68	7.05	6.29
-36	2577	1280	1900	0.34	3.11	8.32	8.46
-37	3115	1662	1900	0.30	5.25	13.65	11.44
-38	3112	1660	1900	0.30	5.24	13.63	11.42
-39	2960	1511	1900	0.32	4.34	11.48	10.86
-40	3202	1659	1900	0.32	5.23	13.77	12.50
-41	3117	1663	1800	0.30	4.98	12.96	10.85
-42	3487	1850	1800	0.30	6.16	16.06	13.68
-43	3482	1937	1800	0.28	6.75	17.23	12.82
-44	3530	1918	1800	0.29	6.62	17.10	13.60
-45	3283	1665	1800	0.33	4.99	13.24	12.75
-46	2859	1458	1800	0.32	3.83	10.13	9.61
-47	2215	1131	2500	0.32	3.20	8.46	8.01
-48	2274	1093	2500	0.35	2.99	8.07	8.94
-49	2275	1058	2500	0.36	2.80	7.62	9.21
-50	2464	1207	2500	0.34	3.64	9.77	10.33
-51	2369	1208	2500	0.32	3.65	9.66	9.16
-52	2470	1210	2500	0.34	3.66	9.82	10.38
-53	2577	1299	2500	0.33	4.22	11.21	10.97
-54	2572	1250	2500	0.35	3.91	10.51	11.33
-55	2572	1250	2500	0.35	3.91	10.51	11.33
-56	2577	1299	2500	0.33	4.22	11.22	10.98
-57	2688	1346	2500	0.33	4.53	12.07	12.02
-58	2691	1443	2500	0.30	5.21	13.52	11.17
-59	2694	1416	2500	0.31	5.02	13.13	11.46
-60	2688	1400	2500	0.31	4.90	12.87	11.54
-61	3113	1591	2500	0.32	6.33	16.74	15.79
-62	3291	1753	2500	0.30	7.68	20.00	16.84
-63	3479	1861	2500	0.30	8.66	22.51	18.71
-64	3479	1849	2500	0.30	8.55	22.29	18.87
-65	3480	1816	2500	0.31	8.24	21.65	19.28

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			TABLA DE VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DOWN-HOLE DH-01	SEPTIEMBRE - 2018
				NÚMERO DE PLANO
				E-1

PROYECTO		CLIENTE		CONSULTOR		TÍTULO DEL PLANO		ESCALA		FECHA	
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)		CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE GRAN CANARIA		AGI		SISMOGRAMA CORRESPONDIENTE AL REGISTRO DE ONDAS P Y S Y SISMOGRAMA CORRESPONDIENTE AL REGISTRO DE ONDAS P DEL ENSAYO DE DOWN-HOLE, DH-01		DIN A3		GRÁFICA	
										SEPTIEMBRE - 2018	
										E-2	
										NÚMERO DE PLANO	

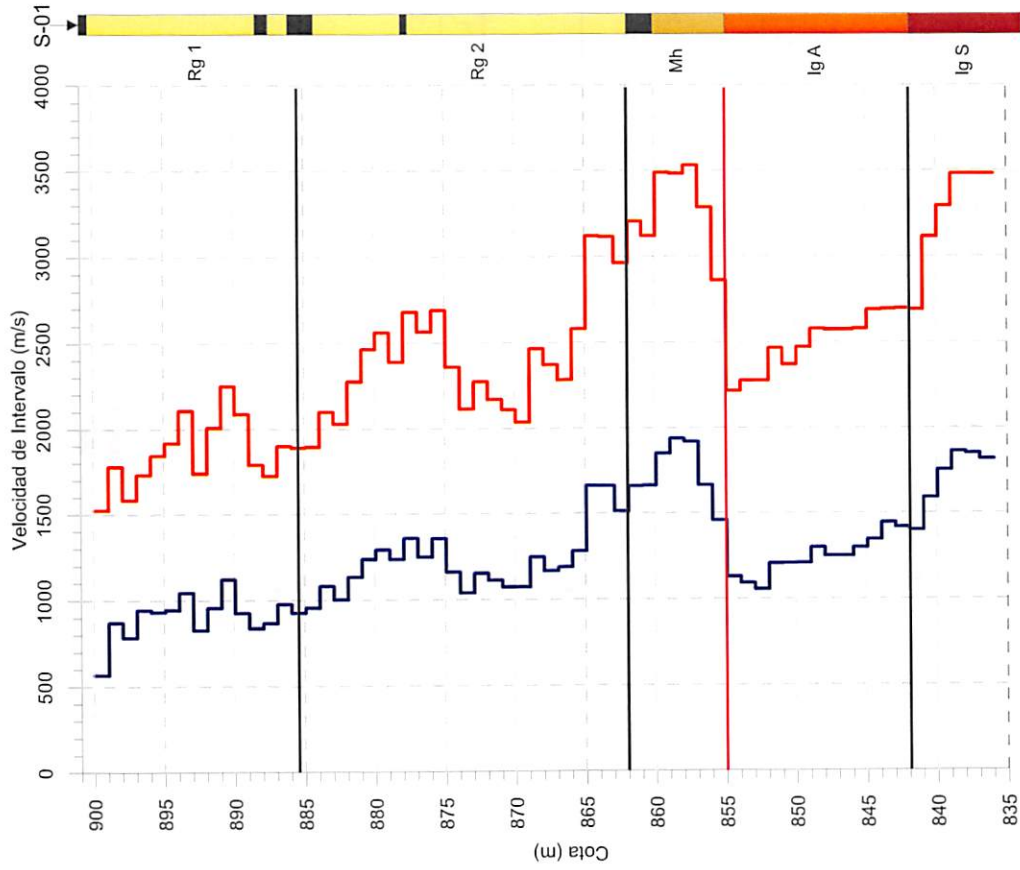
LEYENDA

—	Tiempos de llegada de ondas P	■	Bolos y gravas cementadas (Rg)
—	Tiempos de llegada de ondas S	■	Homígon (Rg)
		■	Bolos (con algo de argamasa) (Mh)
		■	Ignimbria Solada (Ig S)
		■	Ignimbria (Ig A)



SISMOGRAMAS

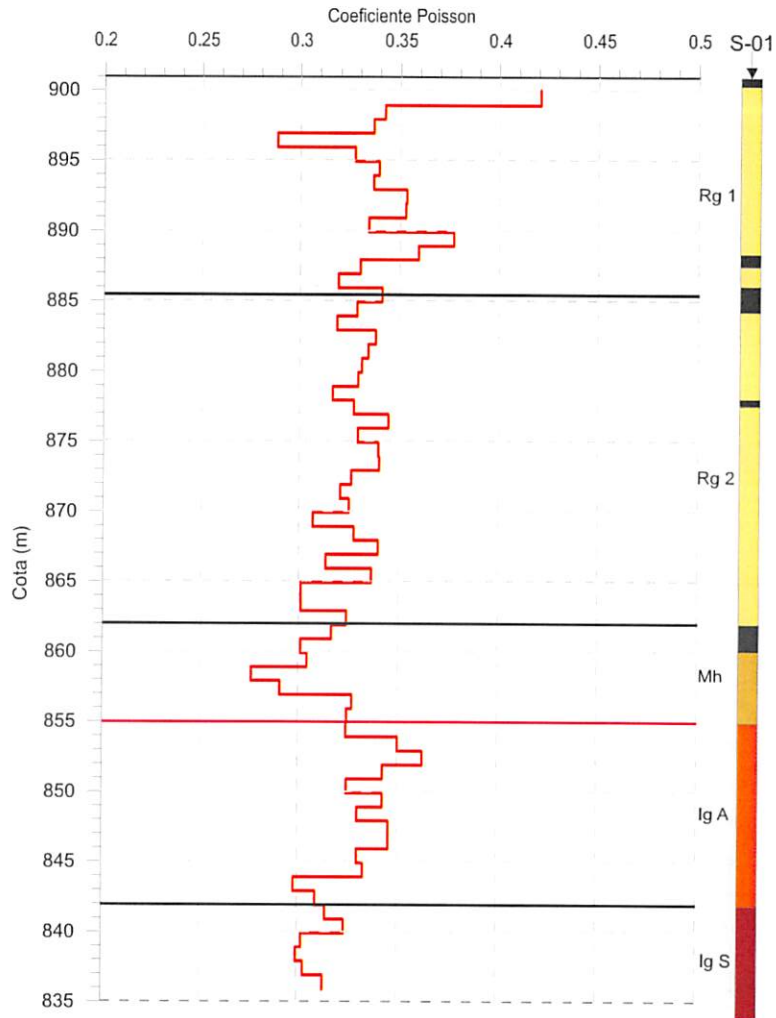
GRÁFICA DE VELOCIDADES SÍSMICAS



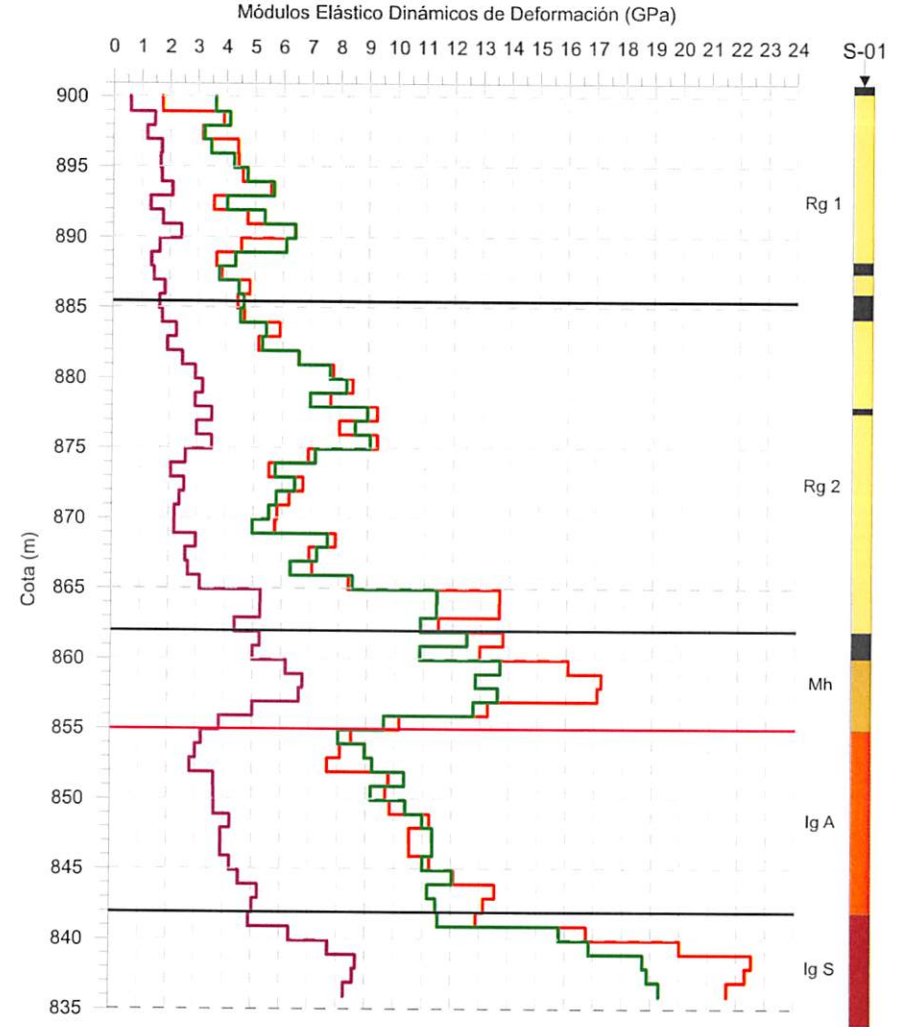
- LEYENDA**
- Velocidad de ondas P
 - Velocidad de ondas S
 - Velocidad de ondas S-01
 - Bolos y gravas cementadas (Rg)
 - Hormigón (Rg)
 - Bolos (con algo de argamasa) (Mh)
 - Ignimbrita (Ig A)
 - Ignimbrita Solidada (Ig S)

PROYECTO	RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOME DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)	CLIENTE		CONSULTOR		TÍTULO DEL PLANO	VELOCIDADES DE ONDAS P Y S OBTENIDAS EN EL ENSAYO DE DOWN-HOLE, DH-01	ESCALA	DIN A3	GRÁFICA	E-3	FECHA	SEPTIEMBRE - 2018
-----------------	---	----------------	---	------------------	---	-------------------------	---	---------------	--------	----------------	-----	--------------	-------------------

GRÁFICAS DE COEFICIENTES DE POISSON



GRÁFICAS DE MÓDULOS ELÁSTICOS DINÁMICOS DE DEFORMACIÓN



LEYENDA

- Coeficiente de Poisson
- Módulo de Rigidez
- Módulo de Bulk
- Módulo de Young
- Módulo de Bulk
- Ignimbrita (Ig A)
- Ignimbrita Soldada (Ig S)
- Hormigón (Rg)
- Bolos (con algo de argamasa) (Mh)
- Bolos y gravas cementadas (Rg)

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	GRÁFICA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			COEFICIENTE DE POISSON Y MÓDULOS ELÁSTICOS DINÁMICOS DE DEFORMACIÓN OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE DOWN-HOLE, DH-01	DIN A3	GRÁFICA	SEPTIEMBRE - 2018
						NÚMERO DE PLANO E-4

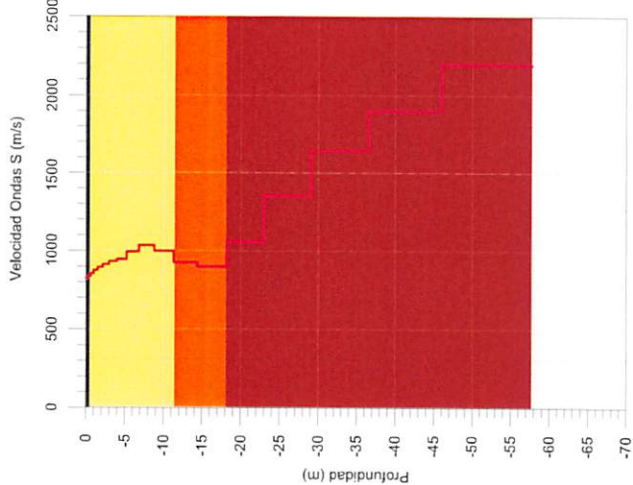


ANEXO F

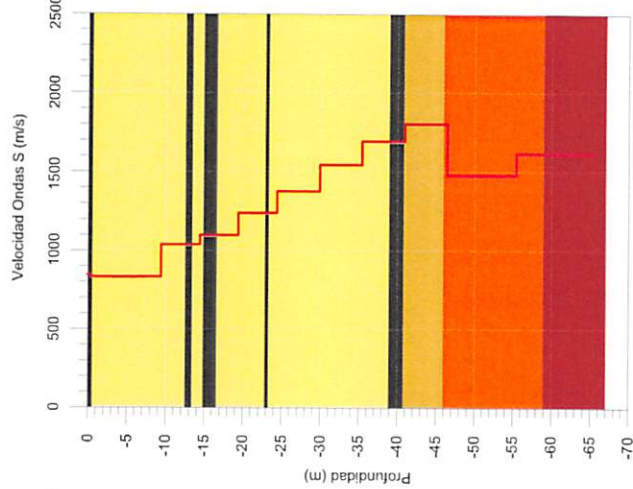
GRÁFICOS DE VELOCIDAD DE ONDAS S DE MASW

GRÁFICOS 1D DE MASW

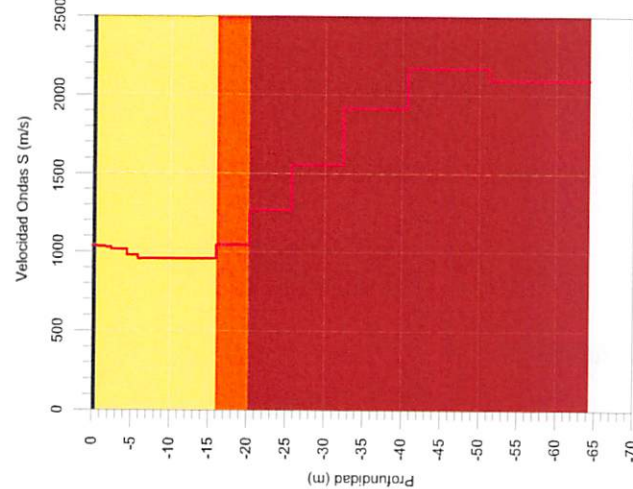
MASW-1.1



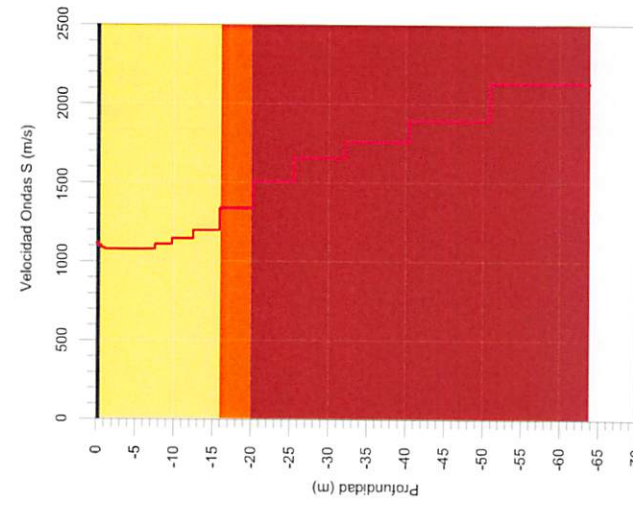
MASW-1.2



MASW-1.3





MASW-1.4

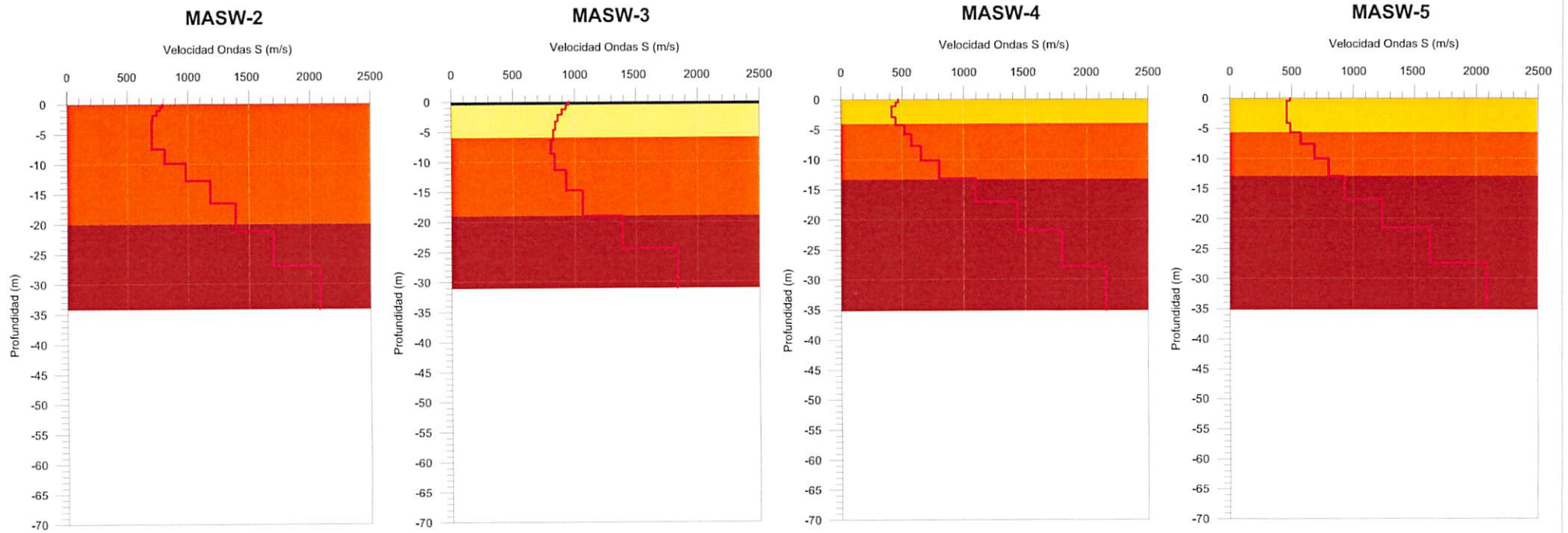


LEYENDA SONDEOS

- Bolos y gravas cementadas (Rg)
- Hormigón (Rg)
- Aluvial/Coluvial (AUCI)
- Ignimbrita (Ig A)
- Bolos (sin relleno) (Mh)
- Ignimbrita Soldada (Ig S)

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			GRÁFICOS 1D DE VARIACIÓN DE VS MASW-1.1, MASW1.2, MASW1.3 Y MASW1.4	DIN A3	SEPTIEMBRE 2018 NÚMERO DE PLANO F-1

GRÁFICOS 1D DE MASW



LEYENDA SONDEOS

- Bolos y gravas cementadas (Rg)
- Hormigón (Rg)
- Aluvial/Coluvial (Al/C)
- Ignimbrita (Ig A)
- Bolos (sin relleno) (Mh)
- Ignimbrita Soldada (Ig S)

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA	
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)	 CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE GRAN CANARIA	 AGI	GRÁFICOS 1D DE VARIACIÓN DE V_s MASW-2, MASW-3, MASW-4 Y MASW-5	DIN A3	SEPTIEMBRE 2018	
					GRÁFICA	NÚMERO DE PLANO
					F-2	



ANEXO G

TESTIFICACIÓN GEOTÉCNICA

FOTOGRAFÍAS

Foto 1: Sondeo 1 de 0,00 a



Foto 2: Sondeo 1 de 3,00 a 5,50 m



Foto 3: Sondeo 1 de 5,50 a 10,00 m



Foto 4: Sondeo 1 de 10,00 a 12,50 m



Foto 5: Sondeo 1 de 12,50 a 15,50 m



Foto 6: Sondeo 1 de 15,50 a 19,50 m



Foto 7: Sondeo 1 de 19,50 a 23,50 m



Foto 8: Sondeo 1 de 23,50 a 28,00 m



Foto 9: Sondeo 1 de 28,00 a 32,00 m



Foto 10: Sondeo 1 de 32,00 a 34,00 m



Foto 11: Sondeo 1 de 34,00 a 38,50 m



Foto 9: Sondeo 1 de 38,50 a 40,90 m



Foto 13: Sondeo 1 de 40,90 a 47,90 m



Foto 14: Sondeo 1 de 47,90 a 50,40 m



Foto 15: Sondeo 1 de 50,40 a 53,00 m



Foto 16: Sondeo 1 de 53,00 a 55,00 m

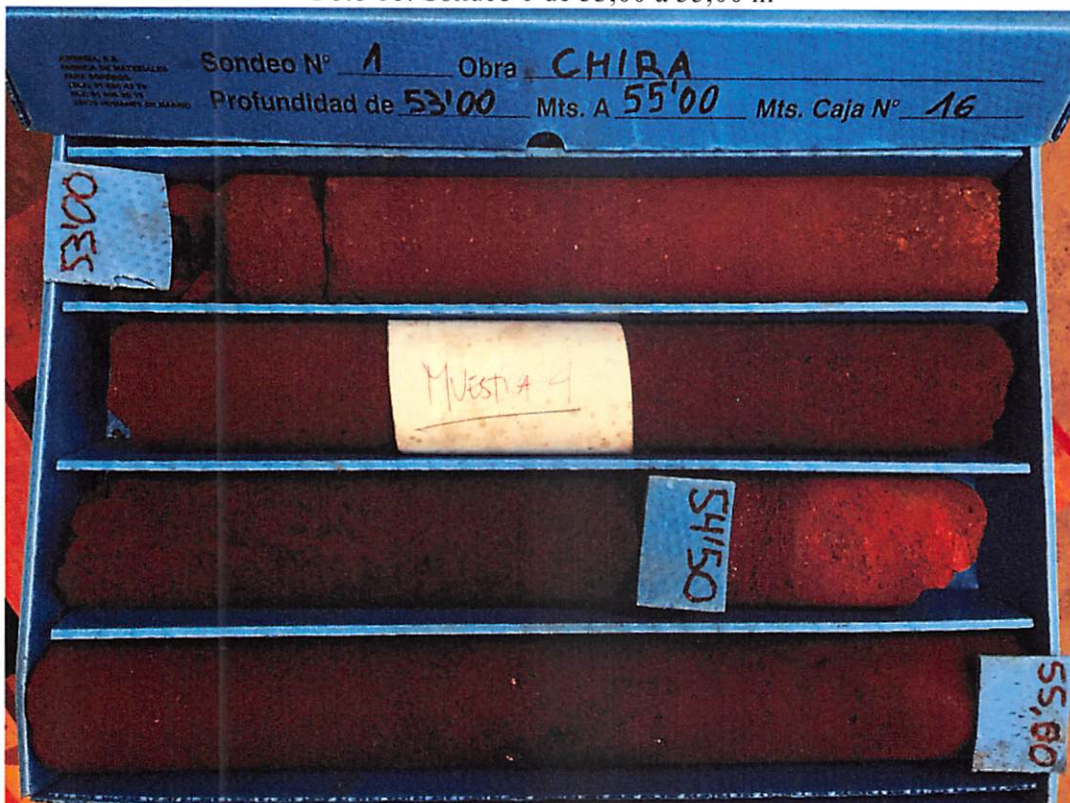


Foto 17: Sondeo 1 de 55,00 a 57,00 m

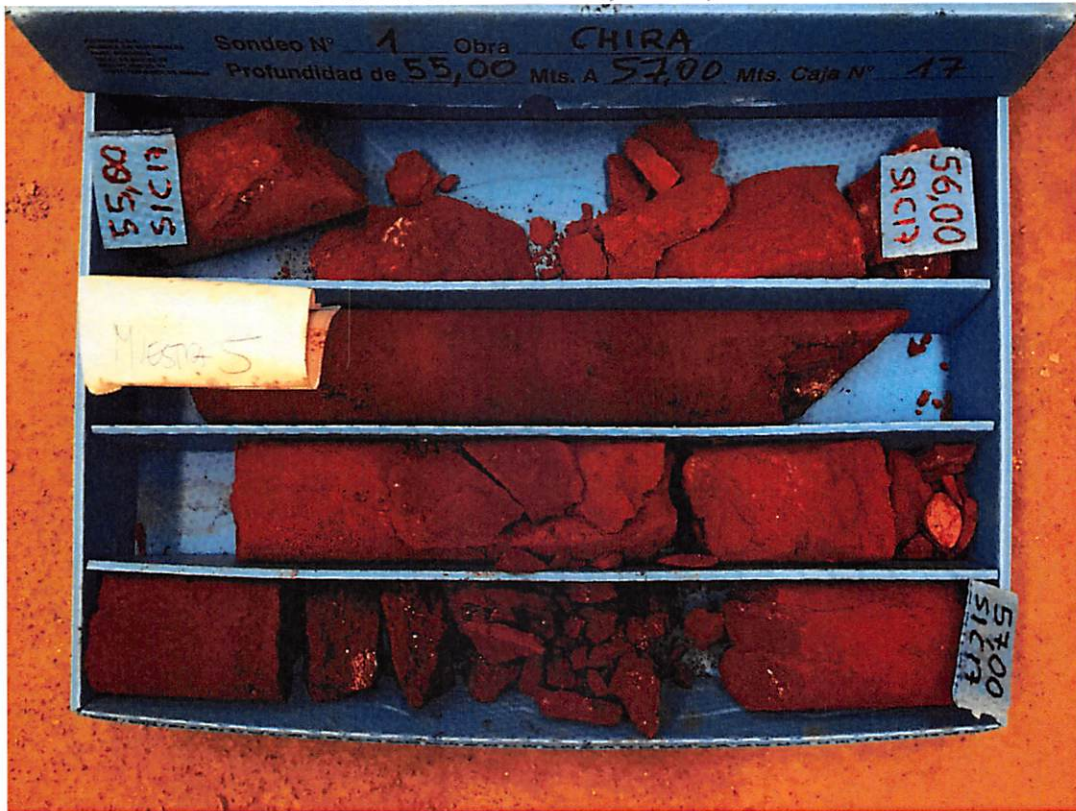


Foto 18: Sondeo 1 de 57,00 a 59,00 m



Foto 19: Sondeo 1 de 59,00 a 61,50 m

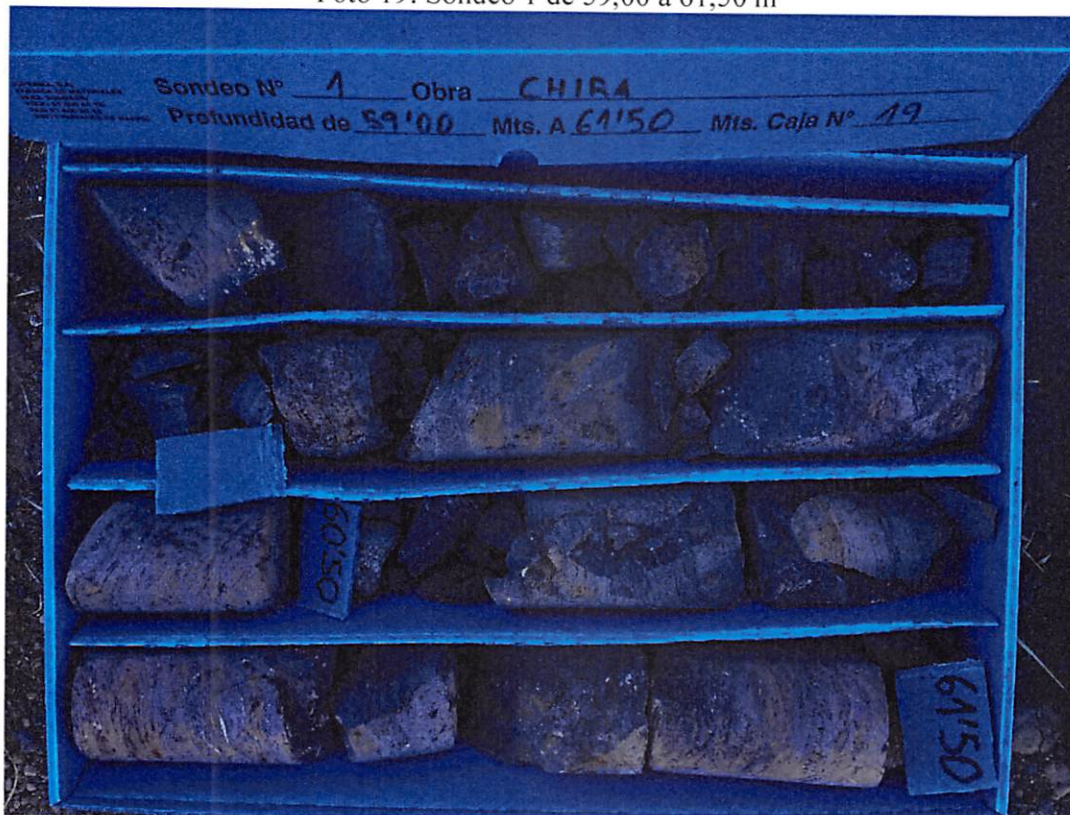


Foto 20: Sondeo 1 de 61,50 a 63,50 m



Foto 21: Sondeo 1 de 63,50 a 65,00 m



Foto 22: Sondeo 1 de 65,00 a 67,00 m

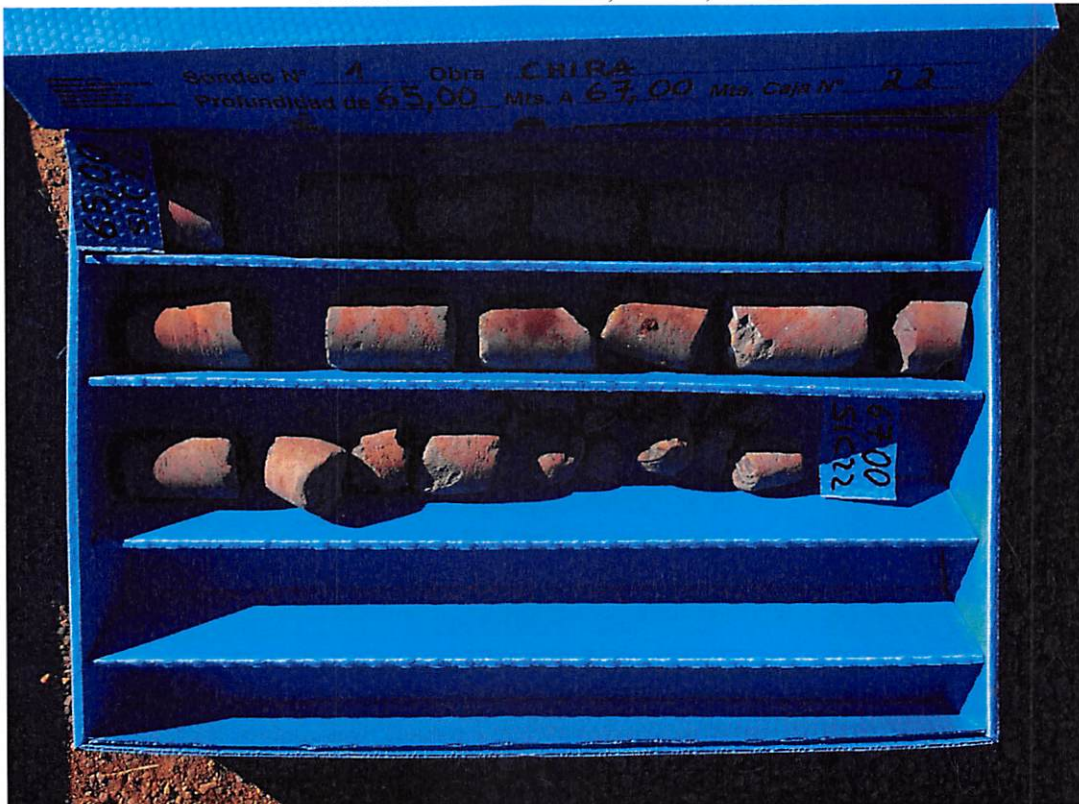


Foto 23: Sondeo 2 de 0,00 a 3,00 m



Foto 24: Sondeo 2 de 3,00 a 6,00 m

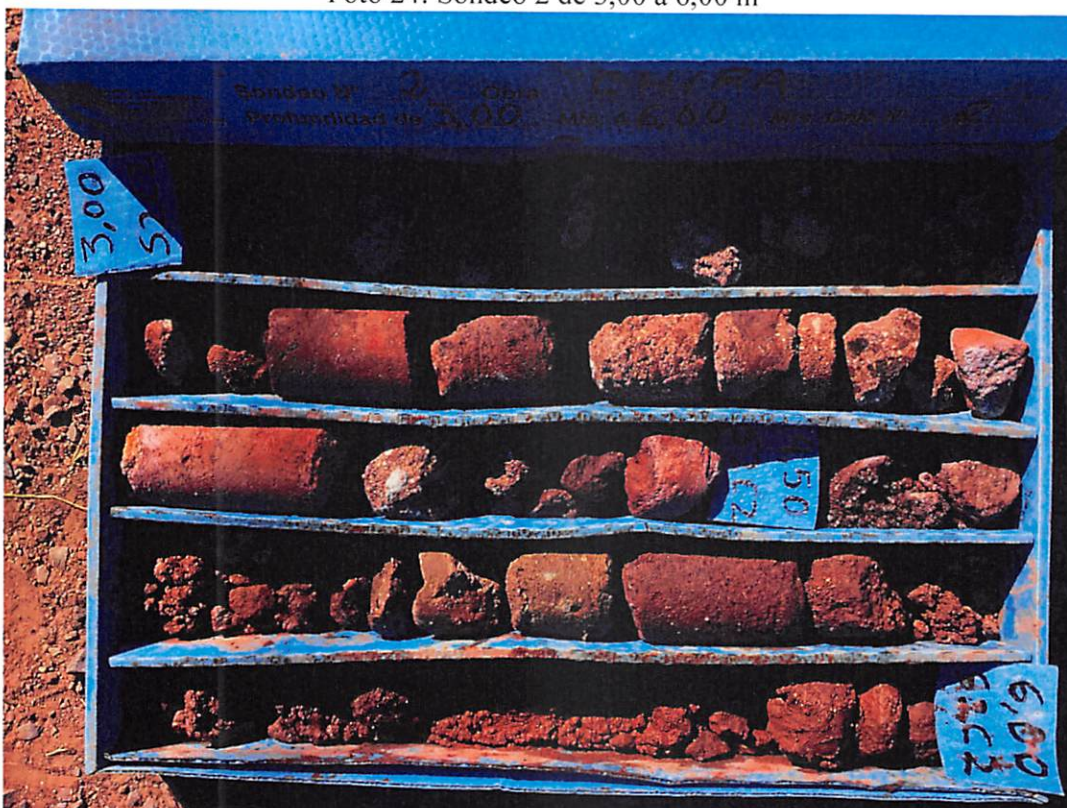


Foto 25: Sondeo 2 de 6,00 a 9,00 m



Foto 26: Sondeo 2 de 9,00 a 12,00 m



Foto 27: Sondeo 2 de 12,00 a 15,00 m



Foto 28: Sondeo 2 de 15,00 a 18,00 m



Foto 29: Sondeo 2 de 18,00 a 21,00 m



Foto 30: Sondeo 2 de 21,00 a 24,00 m



Foto 31: Sondeo 2 de 24,00 a 26,70 m



Foto 32: Sondeo 2 de 26,70 a 27,00 m



Foto 33: Detalle nivel de bolos con argamasa del sondeo 1 de 40,9 a 46,00 m





ANEXO H

RESULTADOS ENSAYOS LUGEON



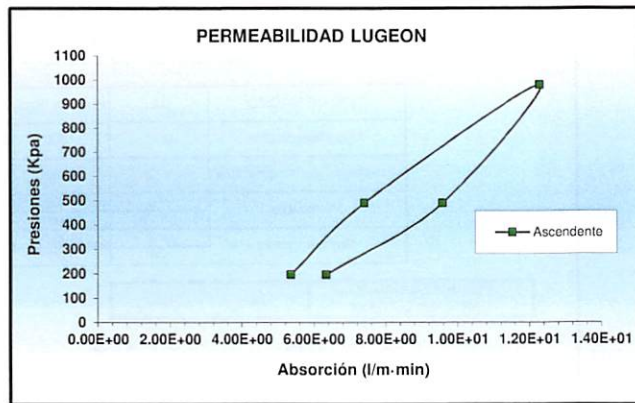
ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

DATOS DE CAMPO			
Diámetro del sondeo (mm):	76	En (m):	0.076
	70		
Diámetro interior de la tubería y varillaje (mm):	70	En (m):	0.070
Altura del manómetro sobre suelo (m):	1		
Profundidad del tramo ensayado			
Superior (m):	65.60	Longitud (m):	1.40
Inferior (m):	67.00	Prof.media (m):	66.30
Duración del escalón (min.):	10	En (seg):	600

**ENSAYO REALIZADO EN
EL SONDEO Nº:**

S-1

Datos del ensayo							
Escalones de presión efectiva. (Kpa) (za)	Volumen admitido (l)	Potencial en el tramo (m)	Duración (min)	Caudal (m³/s)	Absorción en tramo ensayado (l/m·min)	U.L.	K (m/s)
196.1	88.6	87.30	10	1.48E-04	6.329E+00	7.39E+00	9.61E-07
490.3	134.0	117.30	10	2.23E-04	9.571E+00	8.32E+00	1.08E-06
980.7	172.0	167.30	10	2.87E-04	1.229E+01	7.49E+00	9.74E-07
490.3	103.5	117.30	10	1.73E-04	7.393E+00	6.43E+00	8.36E-07
196.1	75.0	87.30	10	1.25E-04	5.357E+00	6.26E+00	8.13E-07



Clasificación de macizos rocosos en función de la permeabilidad (Olalla y Sopeña, 1991)		
TIPO DE MACIZO	U.L.	Presión (Kpa)
Muy impermeable	0 - 1	1000
Prácticamente impermeable	1 - 3	1000
Permeable	> 3	1000
	1.5 - 6	500
Muy permeable	> 3	1000
	> 6	500

PERMEABILIDAD EN UNIDADES LUGEÓN	6.3	U.L.
---	------------	-------------

Conductividad clasificada como **BAJA**, con discontinuidad en la roca poca y medianamente abiertos.

Se produce apertura de fisuras a grandes presiones o lavado de finos.



ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

DATOS DE CAMPO			
Dímetro del sondeo (mm):	76	En (m):	0,76
Dímetro interior de la tubería y varillaje (mm):	70	En (m):	0,70
Altura del manómetro sobre suelo (m):	0,8	En (m):	0,70
Profundidad del tramo ensayado			
Superior (m):	25,60	Longitud (m):	1,40
Inferior (m):	27,00	Prof. media (m):	26,30
Duración del escape (mn.):	10	En (seg):	600

Datos del ensayo							
Escalones de presión efectiva: (kpa) (ca)	196,1	14,6	47,10	10	2,43E-05	1,043E+00	U.L.
Volumen admitido (l)	490,3	16,0	77,10	10	2,66E-05	1,139E+00	U.L.
Potencial en el tramo (m)	490,3	16,0	77,10	10	2,66E-05	1,139E+00	U.L.
Duración (mn)	980,7	16,7	127,10	10	2,78E-05	1,189E+00	U.L.
Caudal (m³/s)	490,3	16,7	127,10	10	2,78E-05	1,189E+00	U.L.
Absorción en tramo ensayado (l/m·mn)	196,1	14,6	47,10	10	2,43E-05	1,043E+00	U.L.
Absorción en U.L. (m³/s)	196,1	14,6	47,10	10	2,43E-05	1,043E+00	U.L.
	490,3	16,0	77,10	10	2,66E-05	1,139E+00	U.L.
	980,7	16,7	127,10	10	2,78E-05	1,189E+00	U.L.
	490,3	16,7	127,10	10	2,78E-05	1,189E+00	U.L.
	196,1	14,6	47,10	10	2,43E-05	1,043E+00	U.L.

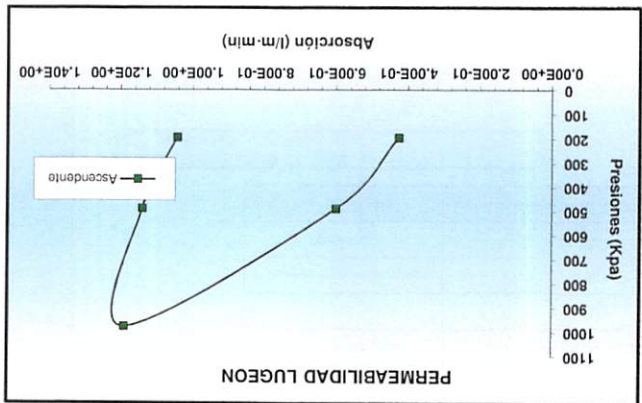
ENSAYO REALIZADO EN EL SONDEO Nº: S-2

Clasificación de macizos rocosos en función de la permeabilidad (Cialia y Sopena, 1991)

TIPO DE MACIZO	U.L.	Presión (kpa)
Muy impermeable	0 - 1	1000
Prácticamente impermeable	1 - 3	1000
Permeable	> 3	1000
Muy permeable	> 6	500

PERMEABILIDAD EN UNIDADES LUGEON 1,3 U.L.

Conductividad clasificada como **Baja**, con discontinuidad en la roca poca y medianamente abiertos.
Se produce apertura de fisuras a grandes presiones o lavado de finos.





ANEXO I

ENSAYOS DE LABORATORIO



ANEXO I.1.

CALIBRACIÓN EQUIPOS



CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificate of calibration

CALIBRACIÓN Número: 61805
N.º 55/LC10.034 Number.

INFORME DE CALIBRACION.
Calibration report.

NUMERO DE PAGINAS Y ANEXOS: 11 páginas
Number of pages and attached documents

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL

Calle Luis Vives 13-15
Polígono Industrial CODEIN
Fuenlabrada
28946 MADRID
tf: 916153105 fax: 916153115

TCC S.L.

OBJETO : Máquina de ensayos (UNE-EN 12390-4)
Item

MARCA : PROETI
Mark

MODELO : H035-3000 kN
Model

IDENTIFICACIÓN : 01M002.21
Identification

SOLICITANTE : ESTUDIOS DE SUELOS Y OBRAS CANARIOS, S.L.
Applicant
C/ Angel Guimera ,62
Pol. Ind. Los Cascajos
35220 Jinamar - Telde

FECHA/S DE CALIBRACIÓN: 16-11-2017
Date/s of calibration

NUMERO DE EXPEDIENTE: 17-1125
Expedient number

Signatario/s autorizado/s :
Authorized signatory/ies

FECHA DE EMISIÓN: 27-11-2017
Date of issue


Carlos A. Correa Pardo

jefe de Laboratorio

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales. ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Este certificado NO podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC, which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards. ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC). This certificate may NOT be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034 TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

NUMERO DE CALIBRACION: 61805 NUMERO DE EXPEDIENTE : 17-1125

FECHA DE RECEPCION :
FECHA DE EXPEDICION : 27-11-2017

CERTIFICADO DE CALIBRACION.

1/ INSTRUMENTO CALIBRADO:

Máquina de ensayos hidráulica de 3000 kN de capacidad, marca PROETI, modelo H035-3000 kN, n° de serie 01M002.21. La máquina dispone de un equipo de medida y control digital de la fuerza. La transmisión de la fuerza al equipo de medida se realiza a través de un captador de presión.

2/ CONDICIONES DE CALIBRACION:

Fecha de calibración : 16-11-2017
Temperatura inicial : 22,5 °C Temperatura final : 22,5 °C
Humedad relativa ambiente: 49,4 %
No se ha aplicado ninguna corrección por temperatura

3/ LUGAR DE CALIBRACION:

ESTUDIOS DE SUELOS Y OBRAS CANARIOS, S.L.
C/ Angel Guimera ,62
Pol. Ind. Los Cascajos
35220 Jinamar - Telde

4/ CONEXIONADO DEL INDICADOR:

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

NUMERO DE CALIBRACION: 61805

NUMERO DE EXPEDIENTE : 17-1125

Medios o métodos utilizados en la calibración

Puente de medida patrón:

Configuración:

Fabricante/marca:	HBM	Unidad de medida:	kgf
Modelo	: MGC PLUS ML 30	Canal de medida	: 1
N° de serie	: 014505	Filtro	: 0,25 Hz
Código	: C0.038	Resolución	: 1 kgf/////
Certificado	:	T. Alimentación	: 5 V

Transductor de fuerza patrón:

Capacid:	3 MN	Capacid:	1000 kN	Capacid:	20 t
F/marca:	HBM	F/marca:	GTM	F/marca:	H.B.M.
Modelo	: C18	Modelo	: KTN-D/Z	Modelo	: Z4
N°serie:	00281VGL	N°serie:	48108	N°serie:	G82534
Código	: C0.052	Código	: C0.063C	Código	: C0.019C
Certif.:	CF2017001-1C	Certif.:	CF20160141C	Certif.:	161426003-4
F.calibr:	30-01-2017	F.calibr:	14-12-2016	F.calibr:	21-07-2016
Clase	: 1	Clase	: 00	Clase	: 00
R.usado:	60-300 tf	R.usado:	0-60 tf	R.usado:	0-18 tf

Termohigrómetro:

Fabricante : HANNA
Modelo : HI93640
N° de serie: 2409950
Código : C0.064
Fecha cal. : 14-12-2016
Certificado: 16-LCM-32788

Elementos auxiliares:

Compresión:

Botón de carga: Si
Descripción :

Tracción:

Descripción :

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

NUMERO DE CALIBRACION: 61805

NUMERO DE EXPEDIENTE : 17-1125

5/ PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION:

La calibración ha sido realizada en base al procedimiento específico PEC/TCC/08 rev. 1, mayo 2015, que es conforme a la norma UNE-EN 12390-4 anexo B.

Los equipos patrones empleados han sido calibrados según la norma UNE-EN ISO376:2011. Los datos referentes a los equipos patrones empleados en la calibración están a disposición por si desea consultarlos.

6/ DESVIACIONES AL PROCEDIMIENTO:

7/ INCERTIDUMBRE:

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medida por el factor de cobertura $k = 2$, que para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado de acuerdo con el doc. EA-4/02 M:2013. Inc. patrón: 0.063 %.

8/ ETIQUETADO:

Se ha colocado sobre el instrumento calibrado la pertinente etiqueta de calibración ENAC, junto a una de este laboratorio emisor de certificados.

9/ RESULTADOS DE LA CALIBRACION:

Todos los resultados obtenidos de la calibración, han sido detallados en las siguientes hojas de este certificado, correspondientes a los datos y y resultados de cada escala calibrada. En ellas se encuentra asimismo la calificación de clase otorgada en cada escala respectivamente.

En Fuenlabrada a 27-11-2017. Firma autorizada:


Carlos A. Correa Pardo

jefe de Laboratorio

Los resultados reflejados en el certificado se refieren exclusivamente al equipo calibrado en si, cuya identificación se reseña en la página 1 de este informe; y a las condiciones específicas en que ha sido comprobado, indicadas por las normas citadas en el certificado.

La reproducción de este documento se autoriza únicamente en caso de reproducirlo completo.
Este documento consta de un total de 11 páginas.

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034 TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

NUMERO DE CALIBRACION: 61805 NUMERO DE EXPEDIENTE : 17-1125

CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO DE EXACTITUD q(%)

Fi: fuerza mostrada por el indicador de fuerza de la máquina de ensayos
 q: error relativo de exactitud del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayos

$$q = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \times 100$$

\bar{F} : media aritmética de las distintas medidas de F, para un mismo escalón de fuerza

CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO DE REPETIBILIDAD b(%)

b: error relativo de repetibilidad del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayos

$$b = \frac{F_{max} - F_{min}}{\bar{F}} \times 100$$

Fmax, Fmin: valores máximo y mínimo de F para un mismo escalón de fuerza

CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO DE RESOLUCIÓN a(%)

a: resolución relativa del indicador de fuerza de la máquina de ensayos
 r: resolución del indicador de fuerza de la máquina de ensayos
 F: fuerza real indicada por el instrumento de medida de fuerza, para valores de fuerza crecientes

$$a = \frac{r}{F} \times 100$$

10/ INCERTIDUMBRE DE LOS RESULTADOS DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE MEDIDA DE FUERZA

Para la evaluación de las incertidumbres se han tenido en cuenta las siguientes contribuciones: repetibilidad (b), resolución (a), cero (fo), y patrón de transferencia (Ucal). Como el error de exactitud, como margen de error conocido, normalmente no se corrige durante la calibración, si se cumple con las especificaciones de clasificación del sistema de medida de fuerzas, el intervalo razonable donde se encontrará el error relativo estimado, E, es $E=q \pm U$, donde q es el error relativo de exactitud y U la incertidumbre expandida.

10.1/ CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE TÍPICA COMBINADA (uc) E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (U), EXPRESADAS EN

Incertidumbre Expandida (U)

k: factor de cobertura
 uc: incertidumbre combinada
 u1 a un: incertidumbres típicas correspondientes (resolución, repetibilidad, patrón de transferencia)

$$U = k \times uc = k \times \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2}$$

Error relativo estimado (E)

q: error relativo de exactitud
 U: incertidumbre expandida

$$E = q \pm U$$

Fuerza media generada (F)

$$F = F_i - \frac{F_i}{100} (q \pm U)$$

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

N° DE CALIBRACION : 61805 N° DE EXPEDIENTE : 17-1125
Escala calibrada : 300 tf Sentido de la fuerza : Compresión
 Carga mínima : 0 tf Valor inicial de cero: 0 kgf
 Resolución de lectura : 0,01 tf Resolución del patrón: 1 kgf

Fuerza (máquina) (tf)		Fuerza real (patrón) (x) (kgf)			Media (kgf) Fm
Fi	F1	F2	F3	F4	
	0°	120°	240°	360°	
0 tf	+0	+0	+0		+0
30 tf	+30085	+30057	+30044		+30062
60 tf	+60096	+60140	+60117		+60118
120 tf	+120360	+120404	+120414		+120393
180 tf	+180463	+180443	+180509		+180472
240 tf	+240519	+240619	+240578		+240572
300 tf	+300534	+300651	+300599		+300595
0 tf	+0	+0	+0		+0

Errores relativos de cero f0 (%)

0°	120°	240°	360°
+0,00 %	+0,00 %	+0,00 %	

f0: error relativo de cero del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayos
 Fi0: indicación residual del indicador de fuerza del la máquina de ensayos
 FN: alcance máximo de la escala de medida del indicador de fuerza de la máquina de ensayo:

$$f0 = \frac{Fi0}{FN} \times 100$$

Errores relativos de repetibilidad b (en %), y precisión q (en %) :

Lect.Instr. (tf)	E.repetibil. b (%)	E.Precisión q (%)	Resol.Relat. a (%)
30 tf	0,14 %	-0,21 %	0,03 %
60 tf	0,07 %	-0,20 %	0,02 %
120 tf	0,04 %	-0,33 %	0,01 %
180 tf	0,04 %	-0,26 %	0,01 %
240 tf	0,04 %	-0,24 %	0,00 %
300 tf	0,04 %	-0,20 %	0,00 %

(Los errores relativos de repetibilidad, precisión, cero, y resolución relativa, han sido convenientemente redondeados a 0,01%).

La reproducción de este documento se autoriza únicamente en caso de reproducirlo completo.
 Este documento consta de un total de 11 páginas.

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL

TCC S.L.

Calle Luis Vives 13-15
 Polígono industrial CODEIN
 Fuenlabrada
 28946 MADRID
 tf: 916153105 fax: 916153115

LAB. CALIBRACION Nº 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

Nº DE CALIBRACION : 61805 Nº DE EXPEDIENTE : 17-1125
 Escala calibrada : 300 tf Sentido de la fuerza : Compresión
 Carga mínima : 0 tf Valor inicial de cero : 0 kgf
 Resolución de lectura : 0,01 tf Resolución del patrón : 1 kgf

Fuerza (máquina) (tf)	Fuerza real (patrón) (x)			F3 360°	Media (N)
	Fi	F1	F2		
	0°	120°	240°		
0 tf	+0	+0	+0		+0
30 tf	+295033	+294758	+294631		+294808
60 tf	+589340	+589772	+589546		+589556
120 tf	+1180328	+1180760	+1180858		+1180652
180 tf	+1769738	+1769541	+1770189		+1769826
240 tf	+2358686	+2359666	+2359264		+2359206
300 tf	+2947232	+2948379	+2947869		+2947830
0 tf	+0	+0	+0		+0

Errores relativos de cero f0 (%)

0°	120°	240°	360°
+0,00 %	+0,00 %	+0,00 %	

(Los errores relativos de repetibilidad, precisión, cero, y resolución relativa, se han redondeado convenientemente a 0,01 %).

Errores relativos de repetibilidad b (en %), y precisión q (en %) :

Lect.Instr. (tf)	E.repetibil. b (%)	E.Precisión q (%)	Resol.Relat. a (%)
30 tf	0,14 %	-0,21 %	0,03 %
60 tf	0,07 %	-0,20 %	0,02 %
120 tf	0,04 %	-0,33 %	0,01 %
180 tf	0,04 %	-0,26 %	0,01 %
240 tf	0,04 %	-0,24 %	0,00 %
300 tf	0,04 %	-0,20 %	0,00 %

La reproducción de este documento se autoriza únicamente en caso de reproducirlo completo.
 Este documento consta de un total de 11 páginas.

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

N° DE CALIBRACION : 61805 N° DE EXPEDIENTE : 17-1125
Escala calibrada : 30 tf Sentido de la fuerza : Compresión
 Carga mínima : 0 tf Valor inicial de cero : 0 kgf
 Resolución de lectura : 0,01 tf Resolución del patrón : 1 kgf

Fuerza (máquina) (tf)	Fuerza real (patrón) (x) (kgf)				Media (kgf) Fm
	F1	F2	F3	F4	
Fi	0°	120°	240°	360°	
0 tf	+0	+0	+0		+0
6 tf	+6022	+6011	+6007		+6013
12 tf	+12047	+12024	+12044		+12038
18 tf	+18026	+18048	+18032		+18035
24 tf	+24059	+24056	+24035		+24050
30 tf	+30064	+30056	+30048		+30056
0 tf	-2	-2	-2		-2

Errores relativos de cero f0 (%)

0°	120°	240°	360°
-0,01 %	-0,01 %	-0,01 %	

f0: error relativo de cero del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayos
 Fi0: indicación residual del indicador de fuerza del la máquina de ensayos
 FN: alcance máximo de la escala de medida del indicador de fuerza de la máquina de ensayo:

$$f0 = \frac{Fi0}{FN} \times 100$$

Errores relativos de repetibilidad b (en %), y precisión q (en %) :

Lect.Instr. (tf)	E.repetibil. b (%)	E.Precisión q (%)	Resol.Relat. a (%)
6 tf	0,25 %	-0,22 %	0,17 %
12 tf	0,19 %	-0,32 %	0,08 %
18 tf	0,12 %	-0,20 %	0,06 %
24 tf	0,10 %	-0,21 %	0,04 %
30 tf	0,05 %	-0,19 %	0,03 %

(Los errores relativos de repetibilidad, precisión, cero, y resolución relativa, han sido convenientemente redondeados a 0,01%).

La reproducción de este documento se autoriza únicamente en caso de reproducirlo completo.
 Este documento consta de un total de 11 páginas.

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

N° DE CALIBRACION : 61805 N° DE EXPEDIENTE : 17-1125
Escala calibrada : 30 tf Sentido de la fuerza : Compresión
 Carga mínima : 0 tf Valor inicial de cero : 0 kgf
 Resolución de lectura : 0,01 tf Resolución del patrón : 1 kgf

Fuerza (máquina) (tf)	Fuerza real (patrón) (x)				Media (N)
	Fi	F1	F2	F3	
	0°	120°	240°	360°	
0 tf	+0	+0	+0		+0
6 tf	+59056	+58948	+58909		+58967
12 tf	+118141	+117915	+118111		+118052
18 tf	+176775	+176990	+176834		+176863
24 tf	+235938	+235909	+235703		+235850
30 tf	+294827	+294749	+294670		+294749
0 tf	-20	-20	-20		-20

Errores relativos de cero f0 (%)

0°	120°	240°	360°
-0,01 %	-0,01 %	-0,01 %	

(Los errores relativos de repetibilidad, precisión, cero, y resolución relativa, se han redondeado convenientemente a 0,01 %).

Errores relativos de repetibilidad b (en %), y precisión q (en %) :

Lect.Instr. (tf)	E.repetibil. b (%)	E.Precisión q (%)	Resol.Relat. a (%)
6 tf	0,25 %	-0,22 %	0,17 %
12 tf	0,19 %	-0,32 %	0,08 %
18 tf	0,12 %	-0,20 %	0,06 %
24 tf	0,10 %	-0,21 %	0,04 %
30 tf	0,05 %	-0,19 %	0,03 %

LAB. CALIBRACION Nº 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

NUMERO DE CALIBRACION: 61805

NUMERO DE EXPEDIENTE : 17-1125

11/ CLASIFICACIÓN

Teniendo en cuenta las características del sistema de medida de fuerza, los valores de error obtenidos y las incertidumbres en las fuerzas de calibración, el rango de clasificación de la máquina de ensayo según UNE-EN 12390-4 anexo B.

Valores característicos del sistema de medida de fuerza según UNE-EN 12390-4 anexo B

Clase de la escala de la máquina	precisión q	Valor máximo permitido (%) Error relativo de:		resolución relativa a
		repetibilidad b	cero f0	
1	1	1	0,2	0,5
2	2	2	0,4	1
3	3	3	0,6	1,5

Por lo tanto:

Escala de: 300 tf Sentido: Compresión Clase: 1

Fi	U	Error relativo estimado
tf	%	$E(\%) = (q \pm U)$
30 tf	1,00	-0,21 % \pm 1,00
60 tf	1,00	-0,20 % \pm 1,00
120 tf	1,00	-0,33 % \pm 1,00
180 tf	1,00	-0,26 % \pm 1,00
240 tf	1,00	-0,24 % \pm 1,00
300 tf	1,00	-0,20 % \pm 1,00

**TÉCNICAS DE
CALIBRACIÓN
Y CONTROL**

TCC S.L.

Calle Luis Vives 13-15
Polígono industrial CODEIN
Fuenlabrada
28946 MADRID
tf: 916153105 fax: 916153115

LAB. CALIBRACION N° 55/LC10.034

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL, S.L

NUMERO DE CALIBRACION: 61805

NUMERO DE EXPEDIENTE : 17-1125

Escala de: 30 tf

Sentido: Compresión

Clase: 1

Fi		U	Error relativo estimado
tf		%	$E(\%) = (q \pm U)$
6 tf		1,00	-0,22 % \pm 1,00
12 tf		1,00	-0,32 % \pm 1,00
18 tf		1,00	-0,20 % \pm 1,00
24 tf		1,00	-0,21 % \pm 1,00
30 tf		1,00	-0,19 % \pm 1,00

La reproducción de este documento se autoriza únicamente en caso de reproducirlo completo.
Este documento consta de un total de 11 páginas.

EXAMEN ADMINISTRATIVO

BOLETIN IDENTIFICATIVO

TITULAR

Nombre del propietario:	ESOCAN		
Dirección:	C/ANGEL GUIMERAL, 62.		
Localidad:	TELDE	Provincia:	LAS PALMAS
C. Postal:	35220	Isla:	GRAN CANARIA

INSTRUMENTO

Tipo de instrumento:	BALANZA SOBREMESA		
Fabricante:	GIBERTINI	Marca:	EUROPA
Modelo:	100	Nº de serie:	104428
Lugar de ubicación:	LABORATORIO		
Fecha de instalación:	N/C	Fecha de Ensayo Anterior:	N/C
Fecha de ensayo:	25-ene-18	Fecha de emisión certificado:	-
Tipo de mep ensayo:	VERIF. PERIÓDICA	Simbología CE:	SI
Número de aprobación:	N/C	Verificación primitiva/CE/Periodica:	NO
Placa de características:	SI	M	NO
Utilización (art. 1.2)	Control interno de pesaje, calibración o verificación.		

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alcance Máximo (Max.):	110	Alcance Mínimo (Min):	1
Escala de verificación (e):	0,0001	Escala real (d):	0,0001
Valor de tara:	-MAX		
Instrumento con rangos múltiples:	NO	Clase de exactitud	III
Alcance Máximo (Max2):			
Escala de verificación (e2):		Escala real (d2):	
	UNIDAD DE MEDIDA:	g	
Dispositivo receptor plataforma			
a) Tipo:	METÁLICA		
b) Instalación:	SOBREMESA		
c) Dimensión:	Largo:	Ancho:	-
Dispositivo Transmisor:	SI		
Número de apoyos:	4	Posición	Nº serie células
Tipo:	CÉLULAS	1	---
Núm. Células:	1	2	---
Fabricante:	---	3	---
Marca:	---	4	---
Modelo:	---	5	---
CAP. NOMINAL:	---	6	---
Clase de exactitud:	C3	7	---
Material de construcción:	METÁLICA	8	---
Dispositivo indicador:			
	DIGITAL		
Fabricante:	GIBERTINI	Modelo:	100
Marca:	EUROPA	Nº de serie:	104428
Aprob. Modelo o Aprob. Ce.:	N/C		
Conexión a periféricos:	NO		
Dispositivo de puesta a cero o zero-tracking está:	SI		

SERVICIO DE MEDICIONES CANARIAS, S.L.
EV-09
CIF: R-352041000

Técnico verificador: Juan Manuel García Hernández



Evaluación de las incertidumbres de calibración para cada carga ensayada.

Fabricante:	GIBERTINI	Modelo visor:	100
Nº serie plataforma:	104428	Nº serie visor:	104428

Escalón 1 : 0,0001 g
Escalón 2 : 0 g

Equipos utilizados:

	COD.
Maletin(1mg-2kg): (M1)	MLT.03
Masas 2, 5, 10 kg: (M1)	MLT.03
Masas 20 kg: (M1)	-
1 Masas 500 Kg (M1-M2)	-
20 Masas 1000 Kg (M1-M2)	-
Higrómetro utilizado:	HGT.03

Resultado del calculo de incertidumbre :

Para cubrir el rango 0 a 1º, la incertidumbre calculada es (+-)

Para cubrir desde el rango 1º al 2º la incertidumbre calculada es (+-)

Para cubrir desde el rango 2º al 3º, la incertidumbre calculada es (+-)

Para cubrir desde el rango 3º al 4º, la incertidumbre calculada es (+-)

Para cubrir desde el rango 4º al 5º, la incertidumbre calculada es (+-)

Para cubrir desde el rango 5º al 6º, la incertidumbre calculada es (+-)

RESULTADOS GLOBALES

Nominal	1,00	---	---	55,00	---	110,00
Corrección y	-0,0008	---	---	-0,0104	---	-0,0480
Incertidumbre Global U(±)	0,00187	---	---	0,00187	---	0,00187
±(U+y)	0,00267	---	---	0,01227	---	0,04987

Valores expresados en

Estos resultados estan expresados con un factor de cobertura k=2, fiabilidad de 95,45%, según el Doc. WECC 19



Este instrumento de pesaje ha sido sometido a los ensayos según la norma EN-45501 y al procedimiento PG-13. los resultados obtenidos en el presente se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Técnico: **Juan Manuel García Hernández**





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

CERTIFICADO N°:
Certificate Number

2018C01003

Página 1 de 2
Page 1 of 2

SERVICIO DE MEDICIONES CANARIAS, S.L.
C/ LOS ALMENDROS, 4 BAJO - LA GALERA -
TAMARACEITE - 35018 - LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Telf. (928)665866 Fax (928)677749
INFO@SERVICIO DE MEDICIONES.COM

INSTRUMENTO:
Instrument

TERMOSTATO MUFLA

FABRICANTE:
Manufacturer

VERTEX

MODELO:
Model

INDICADOR TERMOSTATO MUFLA

N° DE SERIE:
Serial

VT4810

CÓDIGO:
Code

PETICIONARIO:
Customer

ESTUDIO DEL SUELO Y OBRAS CANARIAS S.L. (ESOCAN)
C/ANGEL GUIMERA, 62
35220 TELDE
LAS PALMAS

FECHA CALIBRACIÓN:
Date of calibration

25/01/2018

Signatario/s autorizado/s
Authorised Signatory/es

Fecha de emisión
Date of issue

25/01/2018

Juan M. García Hernández
Director Técnico

SERVICIO DE MEDICIONES CANARIAS, S.L.
EV-09
CIF: B-35876531

Este certificado se expide de acuerdo con el procedimiento interno de SMC, PC-05 Rev 1.
Los patrones tienen su trazabilidad a patrones nacionales acreditados por Enac (aceptados por la EA).
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

This certificate is issued in accordance with internal procedures for the SMC, PC-05 Rev 1.
The patterns have their traceability to national standards accredited by ENAC (accepted by the EA).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.
The results of this Certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

TITULAR

Nombre Propietario: ESTUDIO DEL SUELO Y OBRAS CANARIAS S.L. (ESOCAN)
 Dirección: C/ANGEL GUIMERA, 62
 Localidad: 35220 TELDE
 Provincia: LAS PALMAS
 Isla: GRAN CANARIA

IDENTIFICACIÓN

Instrumento INDICADOR TERMOSTATO MUFLA VERTEX VT4810

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se ha realizado siguiendo lo establecido en el documento: PC-05 Rev 1

TRAZABILIDAD DE LOS MEDIOS EMPLEADOS

Los equipos patrones empleados garantizan su trazabilidad a través de los informes señalados:

Refer. patron	Equipo	Nº serie	Certificado	
TL-01	TERMOSTATO MUFLA	010228/77-4	13342	13343
TLPT.100.01	SONDA PT100 BAINA (CANAL A)	010228/77	13342	
TLPT.100.02	SONDA PT100 BAINA (CANAL B)	010228/77	13343	

CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales durante la calibración fueron las siguientes: 20.5-21,0°C 65%

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACIÓN

Campo de medida	0°C a 110 °C	División de escala	1,0
-----------------	--------------	--------------------	-----

NOMINAL	Patrón t ₁	Lectura equipo t ₁	Patrón t ₂	Lectura equipo t ₂	Patrón t ₂
100	103,770	100,000	103,770	100,000	103,841
	103,794	100,000			

NOMINAL	Patrón t ₁	Lectura equipo t ₁	Patrón t ₂	Lectura equipo t ₂	Patrón t ₂
115	115,358	106,833	115,358	106,833	114,897
	115,20	106,83			

Equipo patrón		100,00	106,83
	utc1	0,009	0,006
	utc2	0,076	0,025
	utm1	0,015	0,015
	utm2	0,015	0,015
	ute	0,2790	2,6990
	uth	0,1395	1,3495
utref (y)	0,315	3,018	

D.escala	ures(y)	0,289	0,289
----------	---------	-------	-------

Corrección y	3,79	8,37
Incertidumbre típica u(y)	0,427	3,031
Incertidumbre expandida U(±)	0,85	6,06
±(U+y)	4,65	14,43

Valores expresados en °C

Realizado por:

Técnico de calibración
Juan M. García Hernández

SERVICIO DE MEDICIONES CANARIAS, S.L.
Ev-09
CIF: B-35876531

Aceptado por:

Aseguramiento Calidad
Juan M. García Hernández



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS

CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número 180209/01

Number

Página 1 de 3 páginas
Page of pages

SERVICIO DE METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Edificio Central del Parque Científico-Tecnológico,
Planta Sótano, Campus de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
Tel. 928-45-28-94 - Fax.928-45-86-68
smc@ulpgc.es - www.gi.ulpgc.es/smc/



OBJETO <i>Item</i>	Pie de rey
MARCA <i>Mark</i>	---
MODELO <i>Model</i>	---
IDENTIFICACION <i>Identification</i>	--- Código PDR-1
SOLICITANTE <i>Applicant</i>	Estudio de Suelos y Obras Canarias, S.L. Angel Guimerá, 62 Pol. Ind. Los Cascajos Telde Las Palmas
FECHA/S DE CALIBRACIÓN <i>Date/s of calibration</i>	02/03/2018

Signatario/s autorizado/s
Authorized signatory/ies

Fecha de emisión
Date of issue 02/03/2018

Fdo. Pedro Socorro Perdomo

Este certificado no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la aprobación por escrito del SMC.
La validez de los resultados se entiende en el momento y condiciones en que fueron realizadas las mediciones.
La medición está realizada con los patrones indicados, estando trazados a patrones nacionales e internacionales.
Las incertidumbres expresadas en este certificado han sido estimadas de acuerdo con lo establecido en el documento EA-4/02.

1.- EQUIPO A CALIBRAR:

Nº de Certificado SMC: 180209/01

Descripción del equipo	Marca	Modelo	Nº. serie	Código del cliente
Pie de rey	---	---	---	PDR-1
Campo de medida (mm)	División de escala		Fecha de recepción	
0-500	0,02 mm		19/02/2018	

Accesorios:

2.- EQUIPO PATRON:

Descripción	Código	Trazabilidad	Nº Certificado	Laboratorio
Bloque patrón longitudinal calidad 1	DA02140	Externa	117692	AC6
Proyector de perfiles	DI03008	Interna	DI03008/11	SMC
Accesorios para bloques patrón	DA03004	Externa	117693	AC6
Bloques patrón gran longitud calidad 1	DA02003	Externa	117689	AC6
Bloques patrón gran longitud calidad 1	DA02082	Externa	117689	AC6
Micrómetro de Exteriores	DB10031	Interna	DB10031/13	SMC
Medidor de condiciones ambientales	TR01123	Externo	117705	AC6
Medidor de condiciones ambientales	TR01121	Externo	117706	AC6

2.1.- Observaciones:

Las condiciones ambientales se registran en los equipos TR01123 y TR01121.

3.- CONDICIONES AMBIENTALES:

Fecha de calibración: 02/03/2018

Temperatura °C
Inicial: 19,5°C
Final: 19,6°C

Humedad relativa HR%
Inicial: 58,2%HR
Final: 57,8%HR

Hora
Inicial: 12:36
Final: 13:23

La exactitud de los valores de temperatura y humedad son $\pm 0,8^\circ\text{C}$ y $\pm 4,3\%\text{HR}$ respectivamente.

4.- METODOLOGIA DE LA CALIBRACION:

El procedimiento de calibración empleado es el PE/LMD/01 (Procedimiento para la calibración de pies de rey).

El instrumento se ha calibrado mediante bloques patrón longitudinales de calidad 1, realizando 10 medidas en cada punto de calibración, buscando diferentes zonas de los contactos de medida. En el punto cero se comprobó la puesta a cero del pie de rey, así como el paralelismo de las bocas mediante el auxilio de un proyector de perfiles.

Analizando los valores obtenidos, los datos de la calibración, los patrones y las características propias y ambientales se calcula la incertidumbre de medida en el proceso de calibración del instrumento.

5.- RESULTADOS DE LAS MEDICIONES:

5.1.- Medición del Kp: (Kp= valor del grosor de las bocas de medida de interiores)				
Valor Nominal	Valor medio (mm)	Corrección (μm)	Incertidumbre (mm) K=2	
20,000	19,980	20,3	0,058	
5.2.- Bocas de exteriores:				
Valor nominal del patrón (mm)	Lectura Media (mm)	Corrección (mm)	Incertidumbre (mm) K=2	
0,00	0,03	-0,03	0,024	
150,00	150,18	-0,18	0,026	
250,00	250,15	-0,15	0,026	
350,00	350,15	-0,15	0,026	
500,00	500,17	-0,17	0,030	
5.3.- Bocas de interiores:				
Valor nominal del patrón (mm)	Lectura Media (mm)	Corrección (mm)	Incertidumbre (mm) K=2	
---	---	---	---	
250,00	250,42	-0,42	0,032	
---	---	---	---	
5.4.- Sonda de profundidad:				
Valor nominal del patrón (mm)	Lectura Media (mm)	Corrección (mm)	Incertidumbre (mm) K=2	
---	---	---	---	
---	---	---	---	
---	---	---	---	

Nº de Certificado SMC: 180209/01

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $K=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02.

Observaciones:

Se informa que los valores obtenidos, incluyendo el valor de la incertidumbre expandida, corresponden al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones. Por lo tanto, el usuario deberá valorar sus magnitudes de influencia significativas a la hora de estimar la incertidumbre de la medida en el uso del instrumento en sus instalaciones.

Con ayuda del proyector de perfiles cod. DI03008 se verifica el estado de las bocas de medidas de interiores y exteriores no observándose paso de luz en las bocas.

Se le dá limitación a la calibración para el rango de medida que va desde 0 a 500 mm

Técnico: José Ignacio Rodríguez Jorge
02/03/2018





UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número 180209/02

Number

Página 1 de 3 páginas
Page of pages

SERVICIO DE METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Edificio Central del Parque Científico-Tecnológico,
Planta Sótano, Campus de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
Tel. 928-45-28-94 - Fax.928-45-86-68
smc@ulpgc.es - www.gi.ulpgc.es/smc/



OBJETO

Item

Pie de rey

MARCA

Mark

ATM

MODELO

Model

IDENTIFICACION

Identification

166101654 Código ---

SOLICITANTE

Applicant

Estudio de Suelos y Obras Canarias, S.L.
Ángel Guimerá, 62
Pol. Industrial Los Cascajos
35200 - Telde
Las Palmas

FECHA/S DE CALIBRACIÓN

Date/s of calibration

05/03/2018

Signatario/s autorizado/s
Authorized signatory/ies

Fecha de emisión
Date of issue 05/03/2018

Fdo. Pedro Sesorro Perdomo

Este certificado no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la aprobación por escrito del SMC.
La validez de los resultados se entiende en el momento y condiciones en que fueron realizadas las mediciones.
La medición está realizada con los patrones indicados, estando trazados a patrones nacionales e internacionales.
Las incertidumbres expresadas en este certificado han sido estimadas de acuerdo con lo establecido en el documento EA-4/02.

1.- EQUIPO A CALIBRAR:

Nº de Certificado SMC: 180209/02

Descripción del equipo	Marca	Modelo	Nº. serie	Código del cliente
Pie de rey	ATM	---	166101654	---
Campo de medida (mm)	División de escala		Fecha de recepción	
0-150	0,01 mm		02/03/2018	

Accesorios:

2.- EQUIPO PATRÓN:

Descripción	Código	Trazabilidad	Nº Certificado	Laboratorio
Bloque patrón longitudinal calidad 1	DA02140	Externa	117692	AC6
Proyector de perfiles	DI03008	Interna	DI03008/09	SMC
Accesorios para bloques patrón	DA03004	Externa	117693	AC6
Medidor de condiciones ambientales	TR01123	Externo	117705	AC6
Medidor de condiciones ambientales	TR01121	Externo	117706	AC6

2.1.- Observaciones:

Las condiciones ambientales se registran en los equipos TR01123 y TR01121.

3.- CONDICIONES AMBIENTALES:

Fecha de calibración: 05/03/2018

Temperatura °C
Inicial: 19,8°C
Final: 19,8°C

Humedad relativa HR%
Inicial: 56,9%HR
Final: 56,7%HR

Hora
Inicial: 9:30
Final: 9:52

La exactitud de los valores de temperatura y humedad son $\pm 0,8^\circ\text{C}$ y $\pm 4,3\%HR$ respectivamente.

4.- METODOLOGIA DE LA CALIBRACION:

El procedimiento de calibración empleado es el PE/LMD/01 (Procedimiento para la calibración de pies de rey).

El instrumento se ha calibrado mediante bloques patrón longitudinales de calidad 1, realizando 10 medidas en cada punto de calibración, buscando diferentes zonas de los contactos de medida. En el punto cero se comprobó la puesta a cero del pie de rey, así como el paralelismo de las bocas mediante el auxilio de un proyector de perfiles.

Analizando los valores obtenidos, los datos de la calibración, los patrones y las características propias y ambientales se calcula la incertidumbre de medida en el proceso de calibración del instrumento.

5.- RESULTADOS DE LAS MEDICIONES:

5.1.- Medición del Kp: (Kp= valor del grosor de las bocas de medida de interiores)			
Valor Nominal	Valor medio (mm)	Corrección (µm)	Incertidumbre (mm) K=2
0,000	---	---	---
5.2.- Bocas de exteriores:			
Valor nominal del patrón (mm)	Lectura Media (mm)	Corrección (mm)	Incertidumbre (mm) K=2
0,00	0,00	0,00	0,012
50,00	50,00	0,00	0,012
75,00	75,00	0,00	0,012
100,00	99,99	0,01	0,012
150,00	149,98	0,02	0,012
5.3.- Bocas de interiores:			
Valor nominal del patrón (mm)	Lectura Media (mm)	Corrección (mm)	Incertidumbre (mm) K=2
---	---	---	---
75,00	74,99	0,01	0,012
---	---	---	---
5.4.- Sonda de profundidad:			
Valor nominal del patrón (mm)	Lectura Media (mm)	Corrección (mm)	Incertidumbre (mm) K=2
---	---	---	---
75,00	74,99	0,01	0,018
---	---	---	---

Nº de Certificado SMC: 180209/02

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $K=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02.

Observaciones:

Se informa que los valores obtenidos, incluyendo el valor de la incertidumbre expandida, corresponden al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones. Por lo tanto, el usuario deberá valorar sus magnitudes de influencia significativas a la hora de estimar la incertidumbre de la medida en el uso del instrumento en sus instalaciones.

Con ayuda del proyector de perfiles cod. D103008 se verifica el estado de las bocas de medidas de interiores y exteriores no observándose paso de luz en las bocas.

Se le dá limitación a la calibración para el rango de medida que va desde 0 a 150 mm

Técnico: José Ignacio Rodríguez Jorge
05/03/2018





CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificate of calibration

CALIBRACIÓN Número: 62660
N.º 55/LC10.034 Number.

INFORME DE CALIBRACION.
Calibration report.

NUMERO DE PAGINAS Y ANEXOS: 11 páginas
Number of pages and attached documents

TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN Y CONTROL

Calle Luis Vives 13-15
Polígono industrial CODEIN
Fuenlabrada
28946 MADRID
tf: 916153105 fax: 916153115

TCC S.L.

OBJETO : Máquina de ensayos (UNE-EN 12390-4)
Item

MARCA : SUZPECAR
Mark

MODELO : CME-150 (Código: GE2-M-38)
Model

IDENTIFICACIÓN : 1540
Identification

SOLICITANTE : GEOTECNIA 2000 - Grupo ATISAE
Applicant
Pol. Ind. Valmor
Avda. de los Yeseros, 34, nave 501
28340 Valdemoro - Madrid

FECHA/S DE CALIBRACIÓN: 05-02-2018
Date/s of calibration

NUMERO DE EXPEDIENTE: 18-0135
Expedient number

Signatario/s autorizado/s :
Authorized signatory/ies

FECHA DE EMISIÓN: 15-02-2018
Date of issue


Carlos A. Correa Pardo

jefe de Laboratorio



Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales. ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Este certificado NO podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC, which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards. ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC). This certificate may NOT be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.



Registro Mercantil de Las Palmas de Gran Canaria: Tomo 1.975, Libro 0, Folio 187, Hoja GC-43808, Inscripción 1. CIF: B-76080373

ANEXO I.2.

RESULTADOS ENSAYOS

Nº ACTA	ALBARAN Nº	Nº SERIE	Nº DE OBRA	MUESTRA	FECHA DE ACTA
2018/2142		1	4365	.2018/7762	11/06/2018

Resistencia a compresión en Roca, según UNE 22950-1:1990

ACTA DE RESULTADOS

Obra: Sondeos en Muro Presa de Chira
Dirección: , San Bartolomé de Tirajana
Peticiónario: APLICACIONES GEOFÍSICAS INSULARES
Fecha de toma: 25/05/2018

Inicio: 04/06/2018
Fin de ensayos: 05/06/2018
Ref. cliente:

RESISTENCIA A COMPRESION UNIAXIAL EN ROCA S/UNE-22950-90 PARTE 1	
CARACTERISTICAS GEOMETRIAS	
Muestra antes de la rotura	Ignimbrita meterorizada
Diámetro mm	86,41
Altura mm	183,01
Sección cm ²	58,6
Volumen cm ³	1073,2
Peso humedo g	2049,32
Peso seco g	2038,2
Humedad %	0,5
Densidad humeda g/cm ³	1,91
Densidad seca g/cm ³	1,90
CARACTERISTICAS MECANICAS	
Carga de rotura (KN)	48,5
Tensión de rotura (MPa)	8,27
Forma de la rotura	Forma de plano inclinado

Muestra antes de la rotura



Muestra después de la rotura



OBSERVACIONES muestra procedente del sondeo 1 de 47.30 a 47.70 m.

Vº Bº DIRECTOR

José Miguel Medina Pérez

Nº ACTA	ALBARAN Nº	Nº SERIE	Nº DE OBRA	MUESTRA	FECHA DE ACTA
2018/2143		2	4365	.2018/7763	11/06/2018

Resistencia a compresión en Roca, según UNE
22950-1:1990

ACTA DE RESULTADOS

Obra: Sondeos en Muro Presa de Chira
Dirección: , San Bartolomé de Tirajana
Peticiónario: APLICACIONES GEOFÍSICAS INSULARES
Fecha de toma: 25/05/2018

Inicio: 04/06/2018
Fin de ensayos: 05/06/2018
Ref. cliente:

RESISTENCIA A COMPRESION UNIAXIAL EN ROCA S/UNE-22950-90 PARTE 1	
CARACTERISTICAS GEOMETRIAS	
Muestra antes de la rotura	Ignimbrita meteorizada
Diámetro mm	86,73
Altura mm	184,0
Sección cm ²	59,1
Volumen cm ³	1087,0
Peso humedo g	2005,44
Peso seco g	2000,60
Humedad %	0,2
Densidad humeda g/cm ³	1,84
Densidad seca g/cm ³	1,84
CARACTERISTICAS MECANICAS	
Carga de rotura (KN)	95,0
Tensión de rotura (MPa)	16,08
Forma de la rotura	Plano inclinado

Muestra antes de la rotura



Muestra después de la rotura



OBSERVACIONES

muestra procedente del sondeo 1 de 50.40 a 51.00 m.



Vº Bº DIRECTOR

José Miguel Medina Pérez

Nº ACTA	ALBARAN Nº	Nº SERIE	Nº DE OBRA	MUESTRA	FECHA DE ACTA
2018/2144		3	4365	.2018/7764	11/06/2018

Resistencia a compresión en Roca, según UNE
22950-1:1990

ACTA DE RESULTADOS

Obra: Sondeos en Muro Presa de Chira
Dirección: , San Bartolomé de Tirajana
Peticiónario: APLICACIONES GEOFÍSICAS INSULARES
Fecha de toma: 25/05/2018

Inicio: 04/06/2018
Fin de ensayos: 05/06/2018
Ref. cliente:

RESISTENCIA A COMPRESION UNIAXIAL EN ROCA S/UNE-22950-90 PARTE 1	
CARACTERISTICAS GEOMETRIAS	
Muestra antes de la rotura	Ignimbrita soldada bandeada
Diámetro mm	86,60
Altura mm	175,0
Sección cm ²	58,9
Volumen cm ³	1030,8
Peso humedo g	2065,25
Peso seco g	2059,30
Humedad %	0,3
Densidad humeda g/cm ³	2,00
Densidad seca g/cm ³	2,00
CARACTERISTICAS MECANICAS	
Carga de rotura (KN)	167,8
Tensión de rotura (MPa)	28,49
Forma de la rotura	Plano inclinado

Muestra antes de la rotura



Muestra después de la rotura



OBSERVACIONES muestra procedente del sondeo 1 de 58.40 a 58.80 m.

Vº Bº DIRECTOR

José Miguel Medina Pérez

PROYECTO: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO DE LA PRESA DE CHIRA
CLIENTE: APLICACIONES GEOFÍSICAS INSULARES, S.L.
FECHA: JUNIO 2018

MUESTRA: MUESTRA 2 50,00-50,40

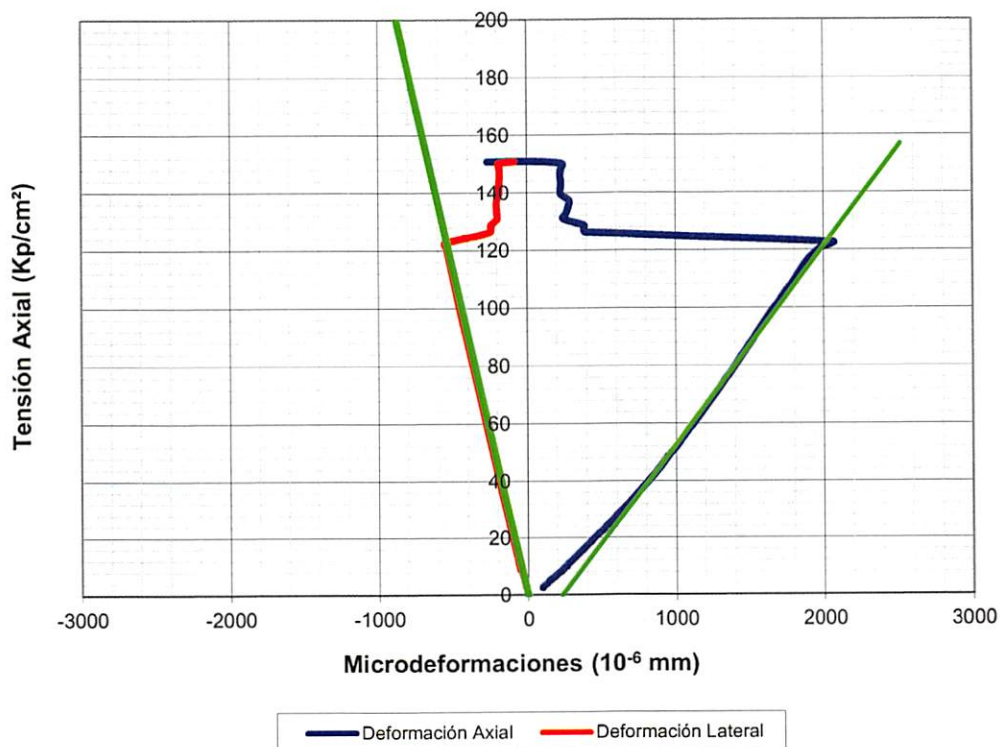


ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCAS DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON (UNE 22950-3-90)

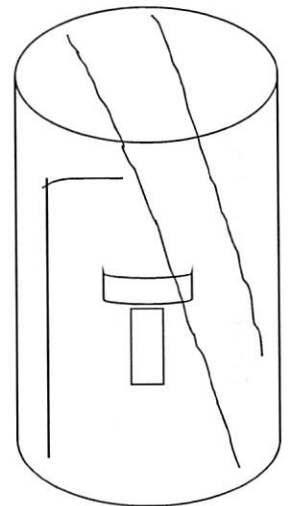
DIÁMETRO (mm):	86,50	ORIENTACIÓN CARGA-ANISOTROPÍA PROBETA:	
ALTURA (mm):	217,00	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO:	CUMPLE
PESO PROBETA (g):	2598,50	MUESTRA:	PARAFINADA
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³):	2,04	FECHA MUESTREO:	
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA:			
PROFUNDIDAD (m):	50,00-50,40		

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE:	154,85	Kp/cm ²	15,2	MPa
MÓDULO DE YOUNG, E:	6732,122	MPa	6,732	GPa
COEFICIENTE DE POISSON:	0,300			
MÓDULO DE RIGIDEZ, G:	2588,796	MPa	2,589	GPa

Diagrama Tensión-Deformación



FORMA DE LA ROTURA



Laboratorio Acreditado por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda
 de la Comunidad de Madrid. Área de Acreditación: GTL.b+c1+c2+c3 nº Registro 03315GTL09.

Este informe de ensayos responde a los criterios generales establecidos en la norma UNE 17025, en cuanto a las características de funcionamiento, organización, material de ensayo y aseguramiento de la calidad de laboratorios de materiales de la construcción. Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas, quedando prohibida la reproducción parcial o total de este documento, salvo autorización por escrito de GEOTECNIA 2000.

PROYECTO: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO DE LA PRESA DE CHIRA
 CLIENTE: APLICACIONES GEOFÍSICAS INSULARES, S.L.
 FECHA: JUNIO 2018
 MUESTRA: MUESTRA 4 53,60-54,20

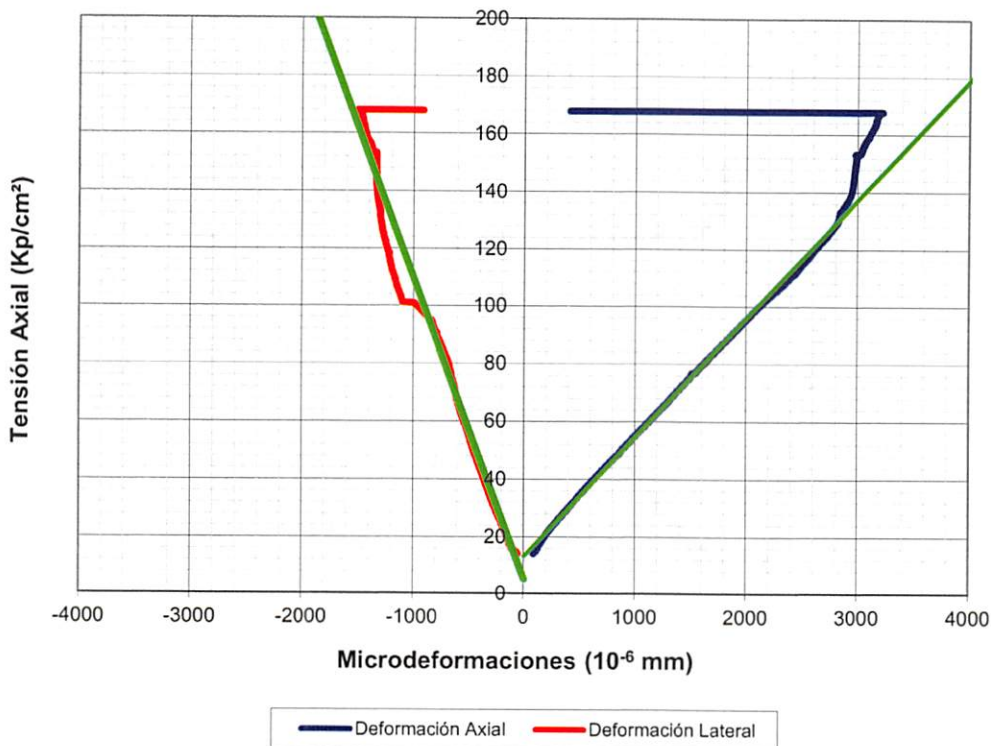


**ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCAS
 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE YOUNG Y
 COEFICIENTE DE POISSON (UNE 22950-3-90)**

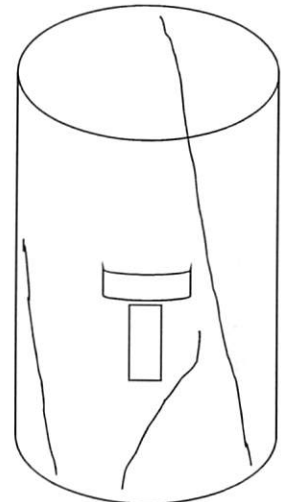
DIÁMETRO (mm):	86,70	ORIENTACIÓN CARGA-ANISOTROPÍA PROBETA:	
ALTURA (mm):	217,00	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO:	
PESO PROBETA (g):	2680,10	MUESTRA:	CUMPLE PARAFINADA
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³):	2,09	FECHA MUESTREO:	
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA:			
PROFUNDIDAD (m):	53,60-54,20		

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE:	167,18	Kp/cm ²	16,4	MPa
MÓDULO DE YOUNG, E:	4064,792	MPa	4,065	GPa
COEFICIENTE DE POISSON:	0,396			
MÓDULO DE RIGIDEZ, G:	1455,738	MPa	1,456	GPa

Diagrama Tensión-Deformación



FORMA DE LA ROTURA



Laboratorio Acreditado por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda

de la Comunidad de Madrid. Área de Acreditación: GTL.b+c1+c2+c3 nº Registro 03315GTL09.

Este informe de ensayos responde a los criterios generales establecidos en la norma UNE 17025, en cuanto a las características de funcionamiento, organización, material de ensayo y aseguramiento de la calidad de laboratorios de materiales de la construcción. Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas, quedando prohibida la reproducción parcial o total de este documento, salvo autorización por escrito de GEOTECNIA 2000.

PROYECTO: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO DE LA PRESA DE CHIRRA
 CLIENTE: APLICACIONES GEOFÍSICAS INSULARES, S.L.
 FECHA: JUNIO 2018
 MUESTRA: MUESTRA 5 55,50-56,00

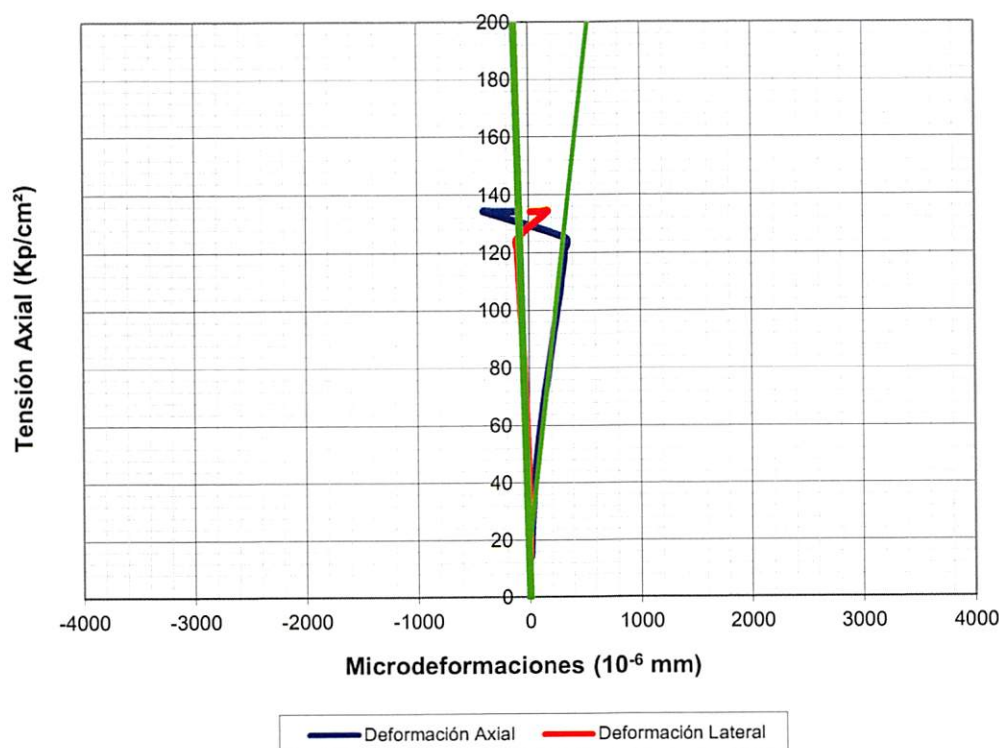


**ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCAS
 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE YOUNG Y
 COEFICIENTE DE POISSON (UNE 22950-3-90)**

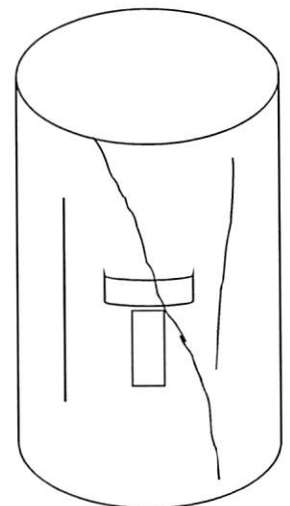
DIÁMETRO (mm):	86,00	ORIENTACIÓN CARGA-ANISOTROPÍA PROBETA:	
ALTURA (mm):	215,00	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO:	CUMPLE
PESO PROBETA (g):	2607,00	MUESTRA:	PARAFINADA
DENSIDAD APARENTE (g/cm³):	2,09	FECHA MUESTREO:	
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA:			
PROFUNDIDAD (m):	55,50-56,00		

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE:	134,28	Kp/cm²	13,2	MPa
MÓDULO DE YOUNG, E:	32909,062	MPa	32,909	GPa
COEFICIENTE DE POISSON:	0,218			
MÓDULO DE RIGIDEZ, G:	13508,838	MPa	13,509	GPa

Diagrama Tensión-Deformación



FORMA DE LA ROTURA






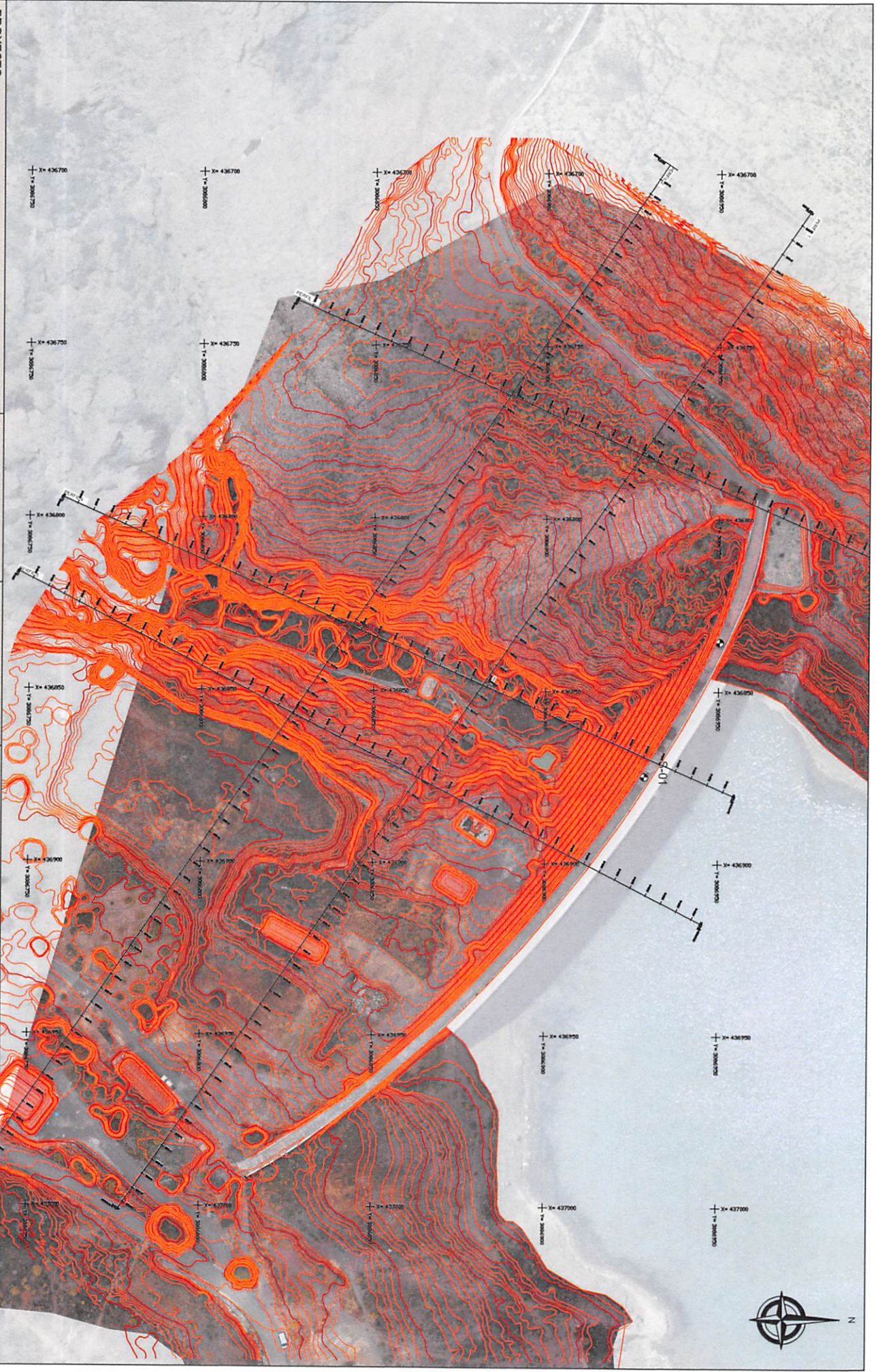


ANEXO J

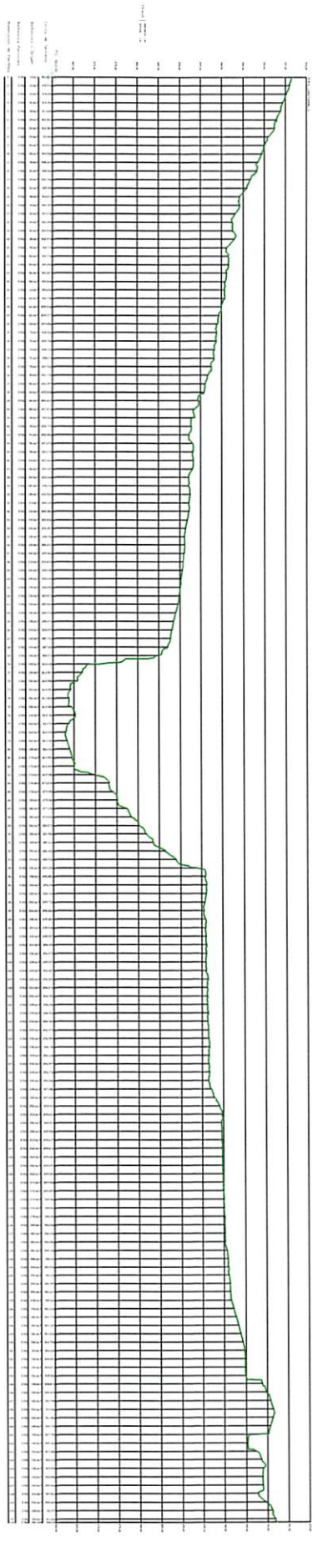
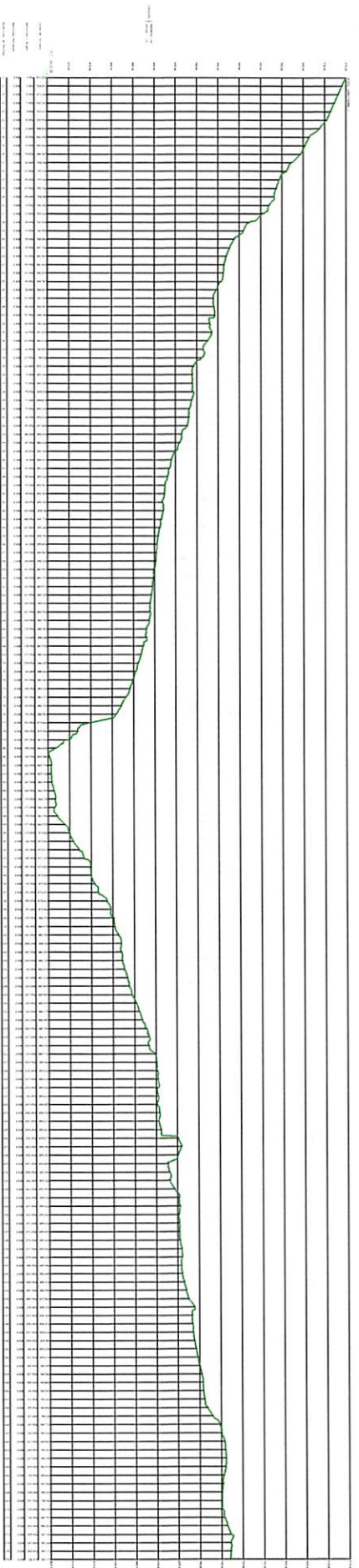
TOPOGRAFÍA





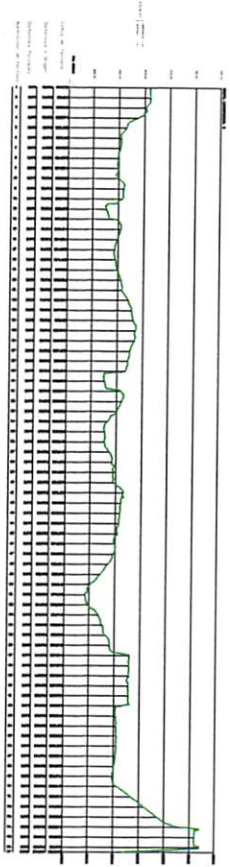
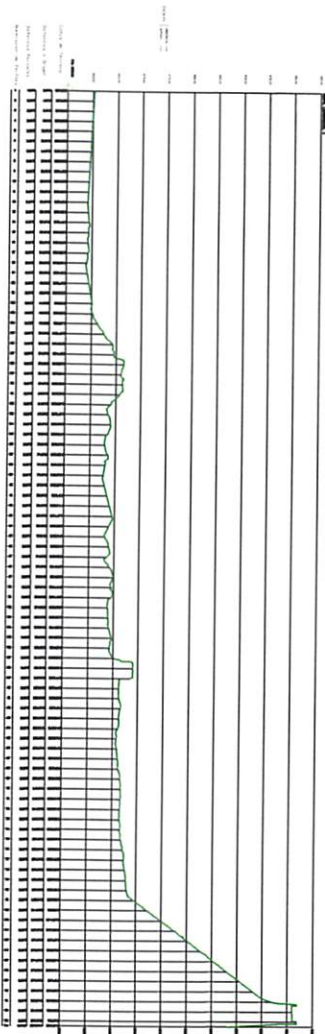
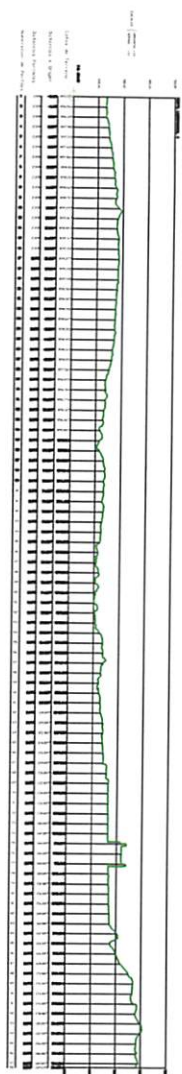
PROYECTO RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA, (GRAN CAÑARIJA),	CLIENTE 	CONSULTOR 	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFIA ESTADO ACTUAL	ESCALA DIN A3 1:1000 	FECHA SEPTIEMBRE - 2018 NÚMERO DE PLANO J -1
---	--	--	--	--	---





PROYECTO RECONOCIMIENTO GEOFISICO - GEOTECNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOME DE TIRAJANA, (GRAN CANARIA).	CLIENTE  CONSORCIO INSULAR DE AGUAS DE GRAN CANARIA	CONSULTOR  AGI	TITULO DEL PLANO TOPOGRAFIA PLANTA DE PERFILES	ESCALA DIN A3 1:1000  0 10 20 30 40 METROS	FECHA SEPTIEMBRE - 2018 NÚMERO DE PLANO J -2
--	---	--	---	---	---



PROYECTO RECONOCIMIENTO GEOFISICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOMÉ DE TRAJANA, (GRAN CANARIA).	CLIENTE 	CONSULTOR 	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFIA PERFILES TRANSVERSALES 1 DE 2	ESCALA DIN A3 GRÁFICA	FECHA SEPTIEMBRE - 2018 NÚMERO DE PLANO J -3
---	---	---	--	---	---

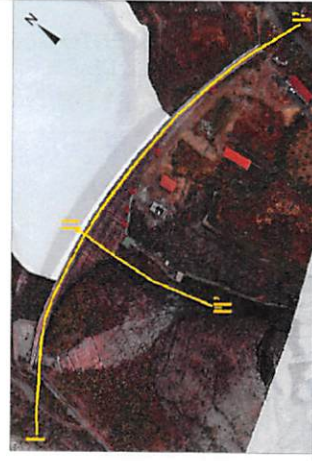
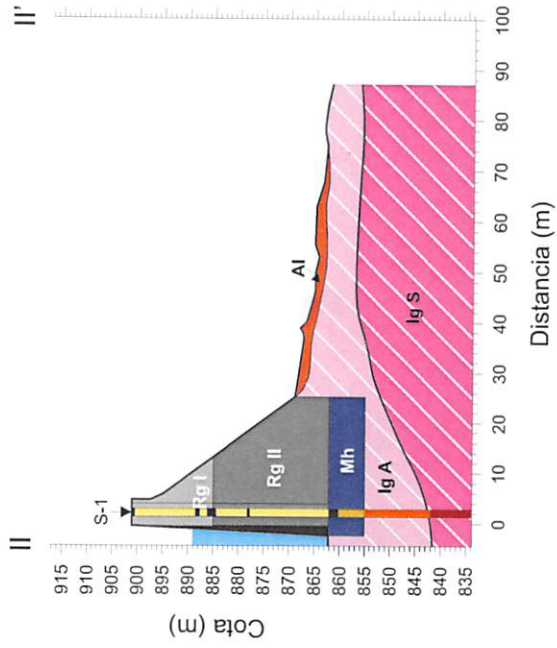
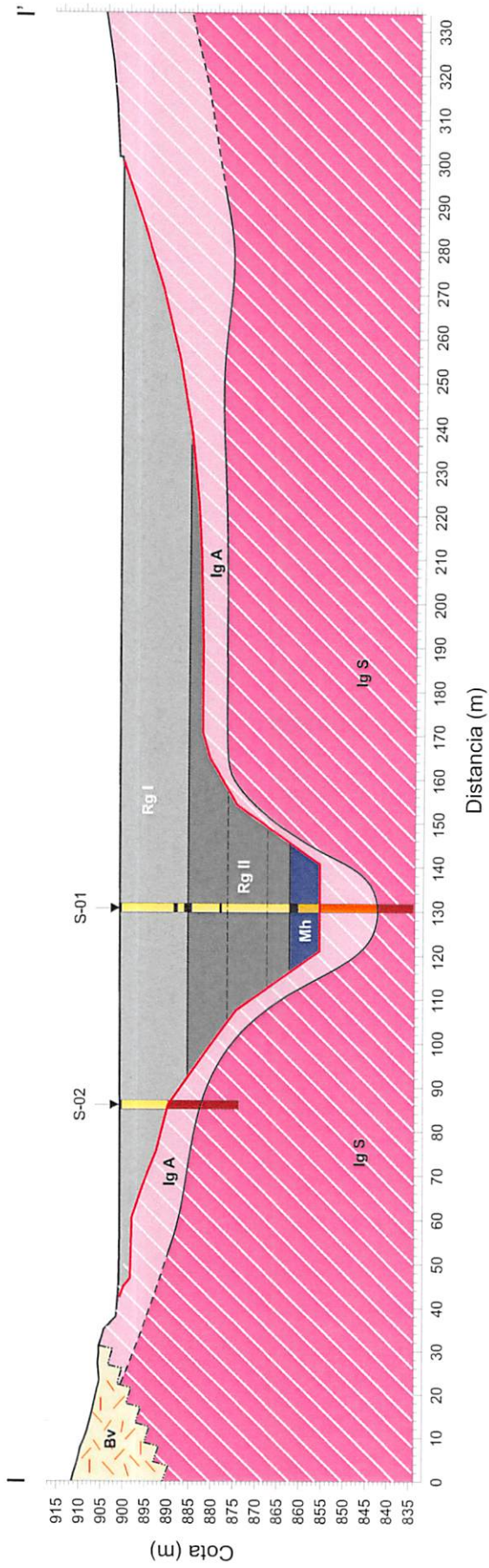


PROYECTO		CIENTE		CONSULTOR		TÍTULO DEL PLANO		ESCALA		FECHA	
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOME DE TIRAJANA, (GRAN CANARIA).		 GOBIERNO DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA		 AGI		TOPOGRAFIA PERFILES TRANSVERSALES 2 DE 2		DIN A3 GRÁFICA		SEPTIEMBRE - 2018	
										NUMERO DE PLANO J - 4	



ANEXO K

MODELO SINTÉTICO DE LA ESTRUCTURA DE LA PRESA



LEYENDA

Rg I	Relleno Granular Tipo I	Bv	Brecha volcánica
Rg II	Relleno Granular Tipo II	Al	Materiales aluviales
Mh	Mampostería Hidráulica		Nivel del agua en presa (Mayo 2018)
Ig A	Ignimbrita		Límite entre materiales
Ig S	Ignimbrita Soldada		Límite inferior
			Contacto discordante inferior

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO - GEOTÉCNICO DE LA PRESA DE CHIRA, EN SAN BARTOLOME DE TIRAJANA (GRAN CANARIA)			SECCIONES TIPO SINTÉTICAS I - I' II - II'	DIN A3	SEPTIEMBRE 2018
				GRÁFICA	NÚMERO DE PLANO
					G-1