

# INVESTIGACIONES GEOTECNICAS EN PUENTES



# INTRODUCCION

En nuestro país, la infraestructura vial aun es deficiente, las carreteras que existen no cubren la necesidad de conexión que requiere nuestro país, esto se agrava cuando las infraestructuras construidas como los puentes colapsan; lo que ya ha ocurrido en varias oportunidades. En los últimos Fenómenos de El niño del 1983, 1998, 2003, 2017, decenas de puentes colapsaron o sufrieron daños severos. Tal como se desprende del Informe de INDECI y otros la mayor causa de los daños en los puentes se debió a fallas en la cimentación.

La presencia de diversos tipos de suelos, la variedad de climas y morfología de nuestro territorio y la presencia de los fenómenos naturales como es El Niño, deben ser tomados en cuenta al momento de desarrollar los estudios Geotécnicos, en especial en el programa de exploraciones el cual servirá de base para los diseños de los proyectos a construir.

Presentamos el caso del puente Simón Rodríguez sobre el rio Chira en Piura, el cual colapso en el año 1998 a casi 10 años de su construcción; su Rehabilitación y Mejoramiento ha merecido un especial análisis debido a que no se contaba con planos y porque se debía verificar si la parte que no colapso podrían resistir las nuevas avenidas con un periodo de retorno de 500 años según las normas vigentes.

Se efectuaron múltiples exploraciones directas e indirectas como perforaciones diamantinas y ensayos de Geofísicos, con el objeto de determinar la profundidad y estado de los pilotes de los tramos que no colapsaron, así también con esta información y los resultados de los demás ensayos establecer el diseño de los nuevos pilotes para el puente a construir en la zona del colapso.

Las investigaciones geotécnicas permitieron recuperar 300 m. de puente existente y se que este se integre a los 120 m. del nuevo puente, siendo finalmente la longitud total del puente de 420 m.

El estudio fue ejecutado por el Consorcio Piura, por un encargo de Provias Descentralizado en el año 2008, el puente fue inaugurado en el año 2010. La inversión final fue de 13 millones 160 mil nuevos soles

Mejoramiento y Rehabilitación del Puente Simon Rodriguez.

# PUENTE SIMON RODRIGUEZ

- El puente Simón Rodríguez, se ubica sobre el río Chira, a la altura del Km. 46.5 de la carretera Sullana – Arenal – Amotape o también en el Km. 29.70 de la carretera Paita – Amotape, provincia de Paita, departamento de Piura.
- El puente une los sectores de El Arenal y Amotape.



- El puente Simón Rodríguez se terminó de construir en el año 1987; y en el año 1998, por efectos del Fenómeno “El Niño”, colapso un pilar y dos tramos, en una longitud total de 61.60 m.
- Se necesitaba saber si los tramos que quedaron en pie podían soportar los siguientes eventos climatológicos.
- No se tenía planos del tipo y tamaño de la cimentación de los tramos que quedaron.



**VISTA PANORAMICA DEL PUENTE EN LA ZONA DE COLAPSO**



**VISTA DEL PUENTE SIMON RORIGUEZ, CON LA PERDIDA DE DOS TRAMOS**



**VISTA DE LAS “MESAS” DEL PUENTE EXISTENTE – SE OBSERVA PALIZADA, INICIALMENTE ERAN 11 MESAS**

## ZONA DEL CAUCE

El cauce del río, esta conformada por depósitos fluvioaluviales constituidas por arenas tipo SP y SP-SM, (arenas con limos) con finos no plásticos, muy sueltos y de gran espesor; que superan los 50 m. aprox.

En la zona del puente el ancho del cauce dinámico actual es de aprox. de 400 m. a 600 m. de longitud; sin embargo el ancho del río en épocas de grandes avenidas en esta zona es de aprox. 1100 m. de ancho.

En el cauce, aguas arriba del puente, se observa grandes restos de losa de concreto, materiales de los diques destruidos, tubos de alcantarillas, restos de canales, entre otros (de aprox. 80 m. x 100 m.); los cuales al ser arrastrados por las aguas, significan un gran peligro para los pilares del puente actual (Ver fotos adjuntas).

Aguas arriba, existen islas y playas de gran extensión, de arenas finas a medias, muy sueltas, listas para ser erosionadas, socavadas y arrastradas hacia el puente, en un volumen aprox. de 480 m<sup>3</sup> (600 m. x 200 m. x 4 m.), en ese momento existían los pilares centrales cubiertos por palizadas de arbustos y cañaverales, que de alguna forma ya están afectando la estabilidad de dichos apoyos.



Se debe limpiar el cauce del río, aguas arriba del puente, retirando todo tipo de material potencialmente peligroso, especialmente en tiempo de máximas avenidas, que pueden golpear los pilares del puente, y ayudar a represar el cauce del río junto con la gran cantidad de maleza que arrastra el río.

## **Características morfológicas**

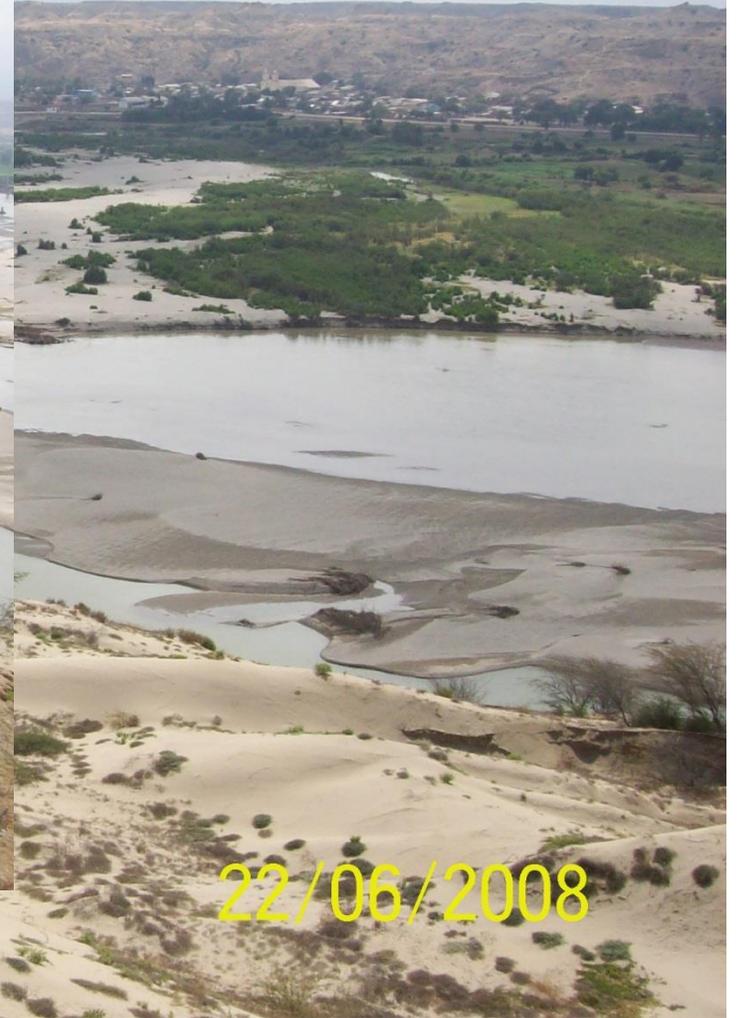
El puente Simón Rodríguez se ubica en el curso inferior del río Chira, muy cerca de su desembocadura (a 13 Km. aprox.), si consideramos los 300 Km. aprox. de recorrido que tiene este río.

En la zona del puente, el valle presenta un perfil transversal de suaves pendientes a casi llano, con pequeñas terrazas fluviales.

A 300 m. aprox., aguas arriba de la zona del puente, el ancho del cauce fluvial aluvial del valle del río es aprox. 1100 m.

A 6 Km. aprox., aguas arriba, en el sector de Tamarindo, tiene un ancho de 4000 m.

A 18 Km. aprox., aguas arriba, en el sector de San Jacinto, el ancho es de 7000 m.



El río Chira es un río internacional, y su cuenca tiene una área de drenaje total de 19.095 km<sup>2</sup> hasta su desembocadura; de este total, 7.162 km<sup>2</sup> están en Ecuador y 11.933 km<sup>2</sup> en Perú.

Su cuenca es de aproximadamente 9.500 km<sup>2</sup>.

La longitud del río Chira es de 168 km.

La presa de **Poechos** regulariza los caudales del río Chira, para que estos puedan ser utilizados en el riego del valle del bajo Chira, y a través del canal Chira-Piura, aumenta el caudal del río Piura en su periodo más seco,

**Crecidas del año 1998**, Los caudales de crecida están influenciados por la reserva de la presa de Poechos. Para la mayor crecida de 1998, el caudal pico que entraba en la reserva era de 7.300 m<sup>3</sup> El caudal pico de salida de 5.500 m<sup>3</sup>, lo que significa una amortiguación de más de 30% del caudal de pico.

- La capacidad de almacenamiento de la reserva se ve reducida por la acumulación de sedimentos

# PROGRAMA DE ENSAYOS GEOTECNICOS

- **PERFORACIONES DIAMANTINAS**
- **SPT**
- **ENSAYOS DE CROSSHOLE**
- **ENSAYOS DE DOWNHOLE**
- **ENSAYOS DE REFRACCION SISMICA**
- **ENSAYOS DE GEORADAR**

# PERFORACIONES DIAMANTINAS

- Las perforaciones diamantinas estuvieron a cargo de la empresa ESONDI. Las perforaciones efectuadas fueron **9**.
- **4** perforaciones de 35 m. de profundidad en la zona donde se proyectaba la ampliación del puente.
- **5** a 28 m. de profundidad en la zona del puente existente.



El programa estableció 288.00 m de perforación, según la ubicación de pozos, distribuidos en 09 perforaciones. La línea de perforación utilizada fue HQ y NQ y como revestimiento HW. Como se observa en el siguiente cuadro:

<b>LINEA</b>	<b>DIÁMETRO DE SONDEO (mm)</b>	<b>DIÁMETRO DE TESTIGOS (mm)</b>
<b>HW</b>	<b>117.00</b>	<b>102.00</b>
<b>HQ</b>	<b>95.60</b>	<b>77.00</b>
<b>NQ</b>	<b>75.60</b>	<b>59.00</b>

Las brocas utilizadas en las perforaciones fueron de diamantes marca Boyles BROS. Como fluido de perforación se utilizó solo agua limpia; se empleo el aditivo POLIPLUS, que permite formar pared y de ese modo que no se produzca derrumbamientos

El método empleado en los sondeos, fue el rotativo con recuperación continua de testigos, es decir, aquel que atraviesa los materiales cortándolos por medio de la acción giratoria de una broca de diamantes a alta velocidad y a presiones adecuadas al tipo de suelo.

En estos materiales la longitud de los tramos de perforación así como de muestreo, fue a 1.50 m para recuperar el mayor porcentaje posible de muestras.

# PERFORACIONES DIAMANTINAS

Perforación N° 1 y 2 :Mesa de apoyo 3 (Columna 3A – Lado izq y lado der. Respectivamente.

Perforación N° 3 y 4 :Mesa de apoyo 6 (Columna 6A – Lado izq. – Lado der. Respectivamente.

Perforación N° 5 y 6 :Mesa de apoyo 8 (Columna 8A – Lado izq. – Lado der. Respectivamente.





**VISTA PANORAMICA DEL COMIENZO DE LAS  
PROSPECCIONES EN EL SONDEO P-1, MESA 3**

# PERFORACIONES DIAMANTINAS

Perforación N° 7: Lecho de río, en la zona de mayor demanda de agua a 36 m de la mesa 8 en el eje del puente (Donde se cimentara el 1° apoyo intermedio de la estructura proyectada)

Perforación N°8: Margen der. sobre el relleno de aprox. 6 m de altura a 48 m del pozo N° 7 en el eje del puente (Se cimentara el 2° apoyo de la estructura proyectada).

Perforación N° 9: Margen der. sobre el relleno de aprox. 5 m de altura de 36 m del pozo N° 8, en el eje del puente (Se cimentara el estribo derecho de la estructura existente)

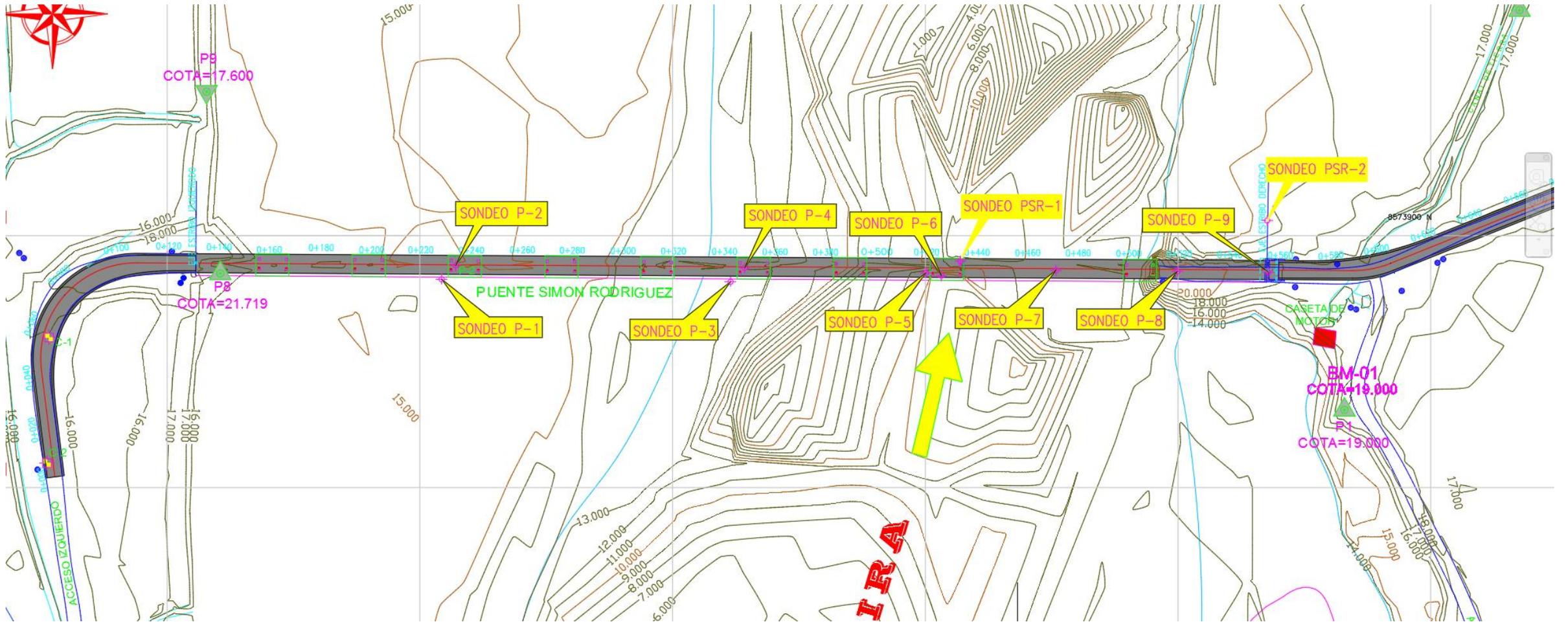




**PROSPECCIONES EN EL SONDEO xxxxP-1**



**SUELOS: SO- SP-SM, ARENAS,  
LIMOS Y GRAVA**



# ENSAYOS



**VISTA PANORAMICA DE LA REALIZACION DE LOS ENSAYOS SPT , TAMBIEN SE OBSERVA LA RECUPERACION DE TESTIGOS POR MEDIO DE LA CAÑA PARTIDA (SONDEO P-7)**



**VISTA PANORAMICA DEL LOGUEO REALIZADO POR EL  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA  
SONDEOS (P-5 y P-6)**



**MUESTRAS INALTERADAS DE LOS  
POZOS P-5 Y P-6 PARA SER LLEVADOS  
AL LABORATORIO**



# PROSPECCIONES GEOFISICAS

- Las prospecciones geofísicas efectuadas por el Consorcio fueron **Refracción Sísmica, Georadar , Crosshole y Downhole**, como información de correlación entre los puntos de perforación a efectos de verificar la continuidad estratigráfica horizontal y vertical, también para determinar la longitud y continuidad de los pilotes de los tramos que no colapsaron

# REFRACCION SISMICA

El ensayo de **Refracción Sísmica** es uno de los métodos sísmicos de la geofísica aplicada. En este método se mide el tiempo de propagación de las ondas elásticas, transcurrido entre un sitio donde se generan ondas sísmicas y la llegada de éstas a diferentes puntos de observación.

Las prospecciones geofísicas comprendio:

- **Líneas paralelas al eje del puente**

Estas líneas sobrepasarán cuando menos 30 m en cada extremo a la longitud total de la estructura; una se ubicará a lo largo del eje del puente y las otras dos serán paralelas a la anterior (una a cada lado) con una separación máxima entre ellas de 50 m.

El objetivo es lograr información del subsuelo a lo largo de una franja 60 m más larga que la longitud total del puente y de 100 m de ancho [50 m a cada lado del eje del puente]); Estas líneas sísmicas se denominan LS 1 LS 2 LS 3

# REFRACCION SISMICA

- **Líneas transversales al eje del Puente**

Se efectuaran Líneas sísmicas transversales al eje del Puente, se efectuaran 6 líneas sísmicas transversales LS 4, LS 5, LS 6 LS 7, LS 8, LS 9.

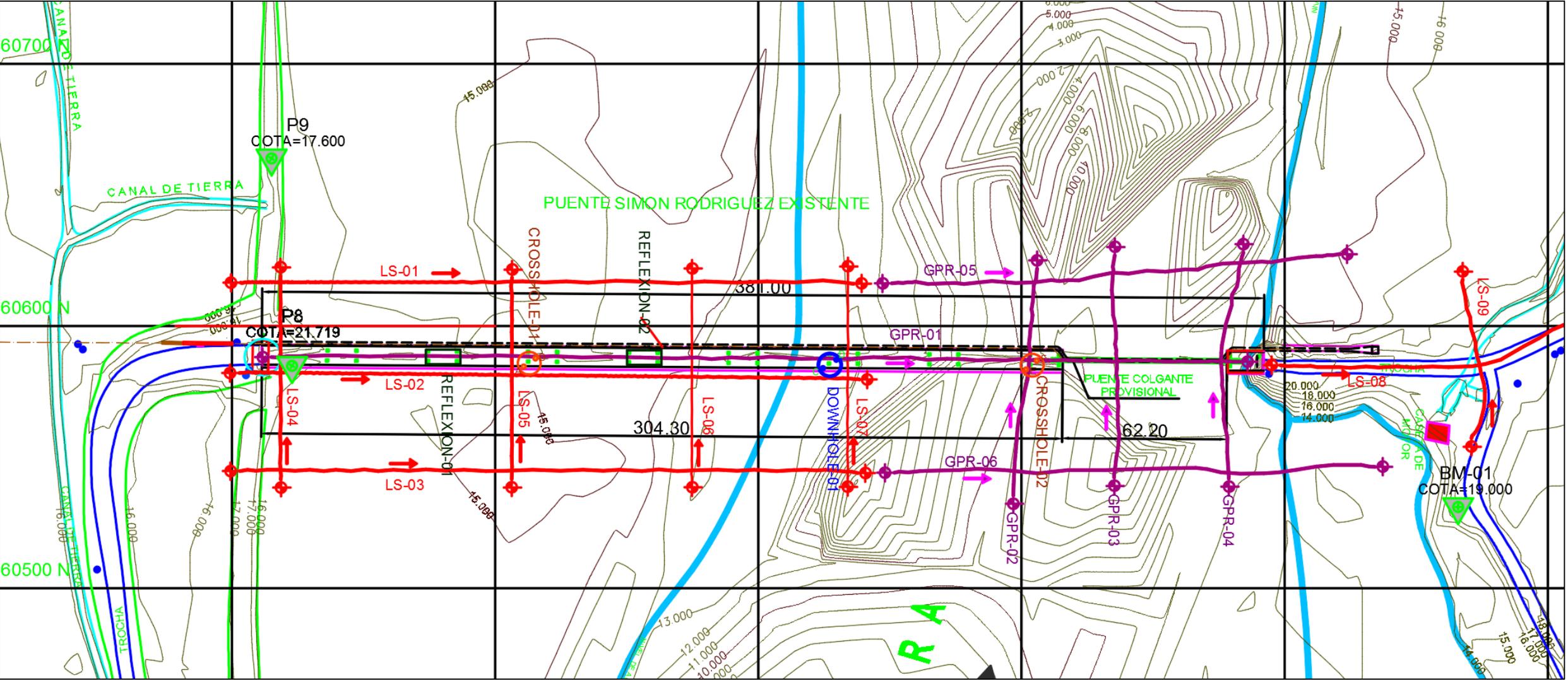
- Las líneas geofísicas transversales al eje del puente tendrán por punto medio la línea eje del puente y comprenderán 60 m de longitud como mínimo.

Se efectuaron 6 líneas sísmicas transversales LS 4, LS 5, LS 6 LS 7, LS 8, LS 9.

Las líneas geofísicas transversales al eje del puente tendrán por punto medio la línea eje del puente y comprenderán 60 m de longitud como mínimo

# REFRACCION SISMICA

- LS 4, primer apoyo izquierdo del puente.
- LS 5, Apoyo compuesto denominado 2.
- LS 6, Apoyo compuesto denominado 4.
- LS 7, Apoyo compuesto denominado 6
- LS 8, Apoyo compuesto denominado 8
- LS 9, Apoyo derecho del puente existente.



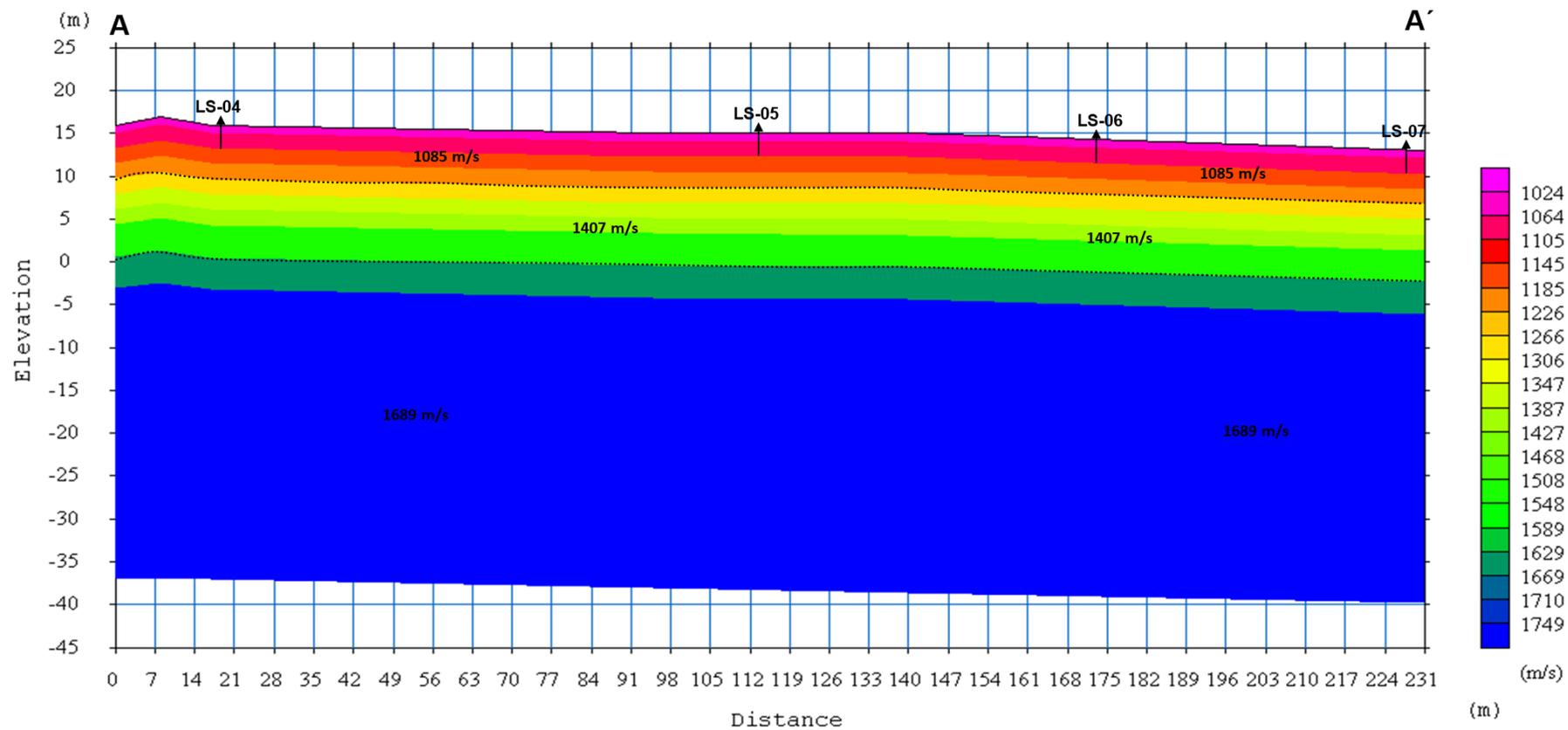
## ENSAYOS DE REFRACCION SISMICA



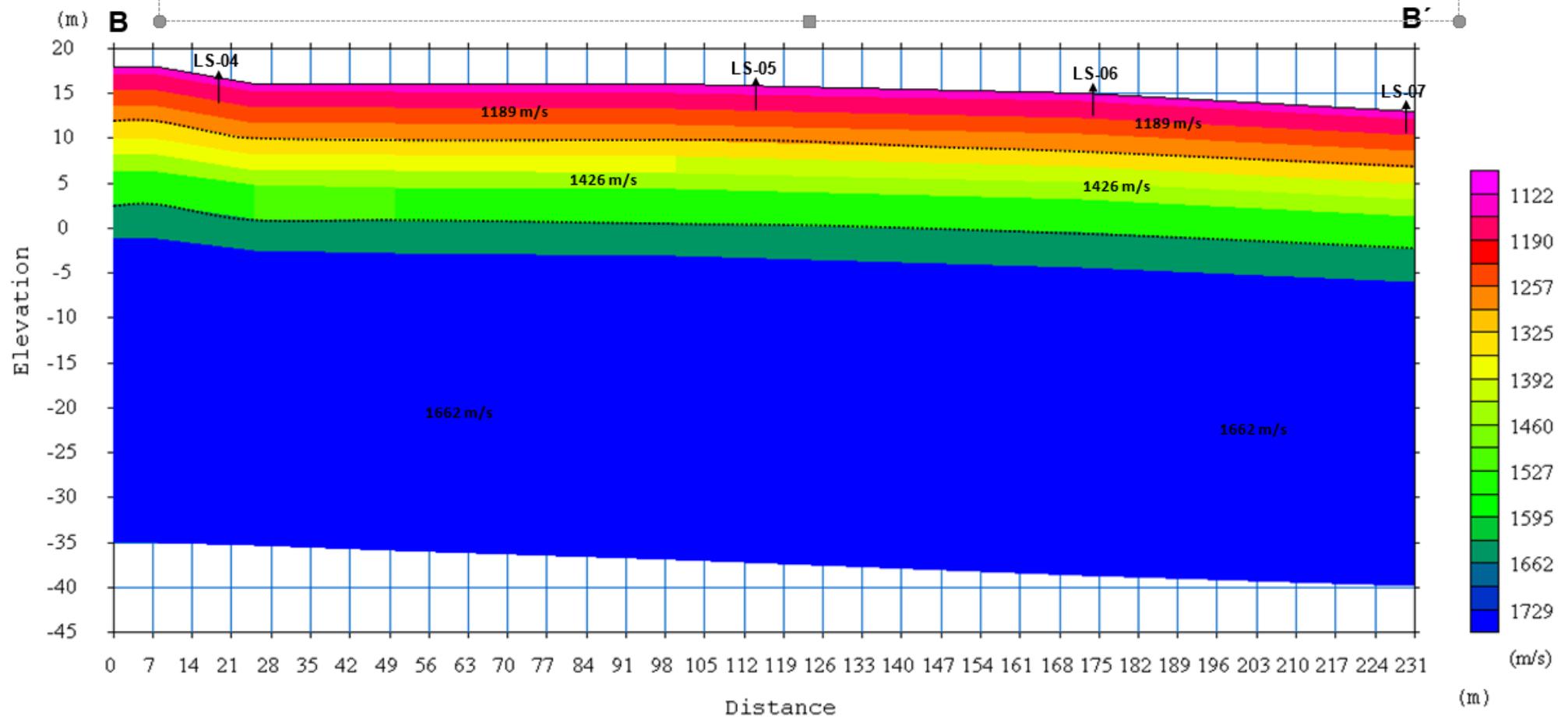
## ENSAYOS DE REFRACCION SISMICA



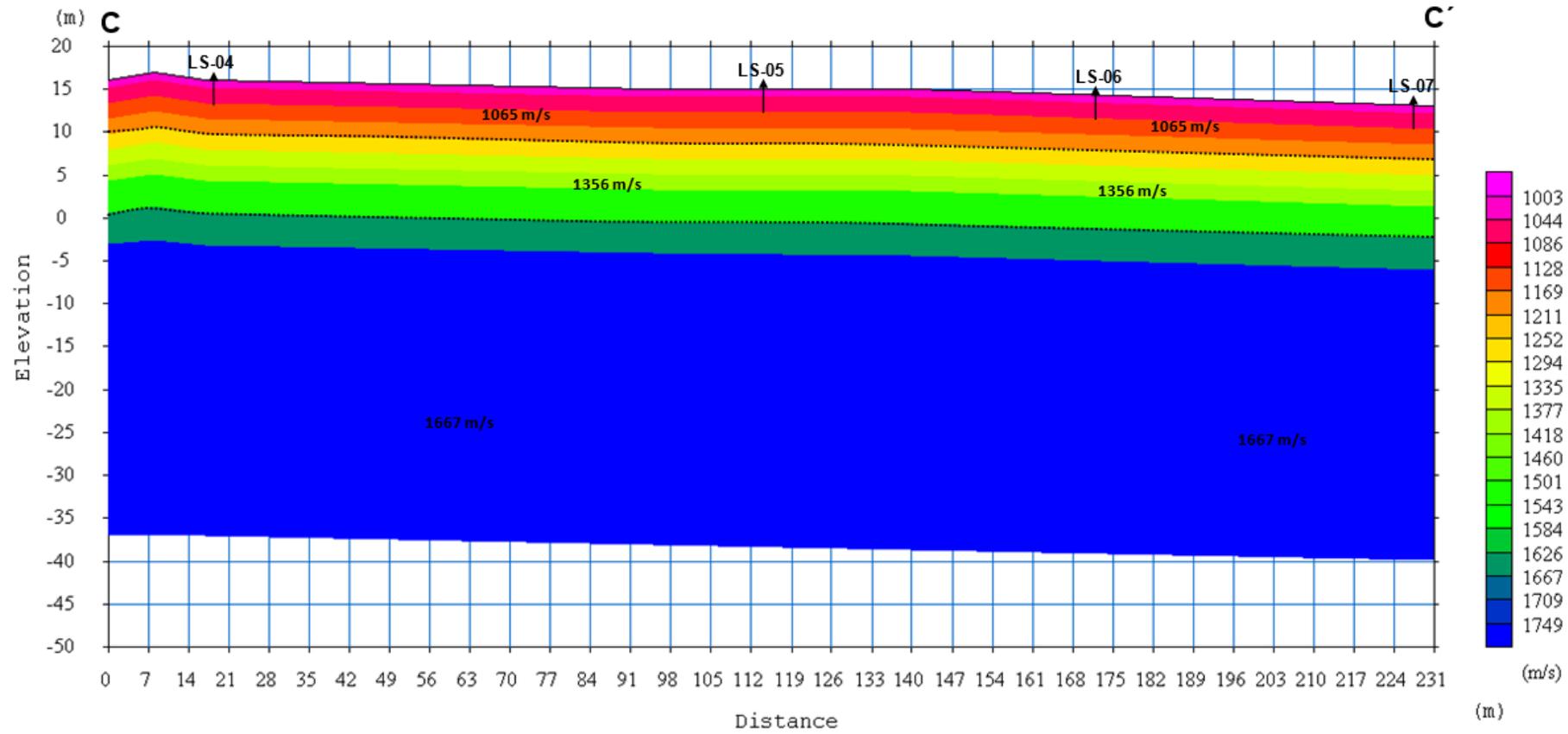
# PERFIL SISMICO LS-01(A-A'), PUENTE SIMON RODRIGUEZ



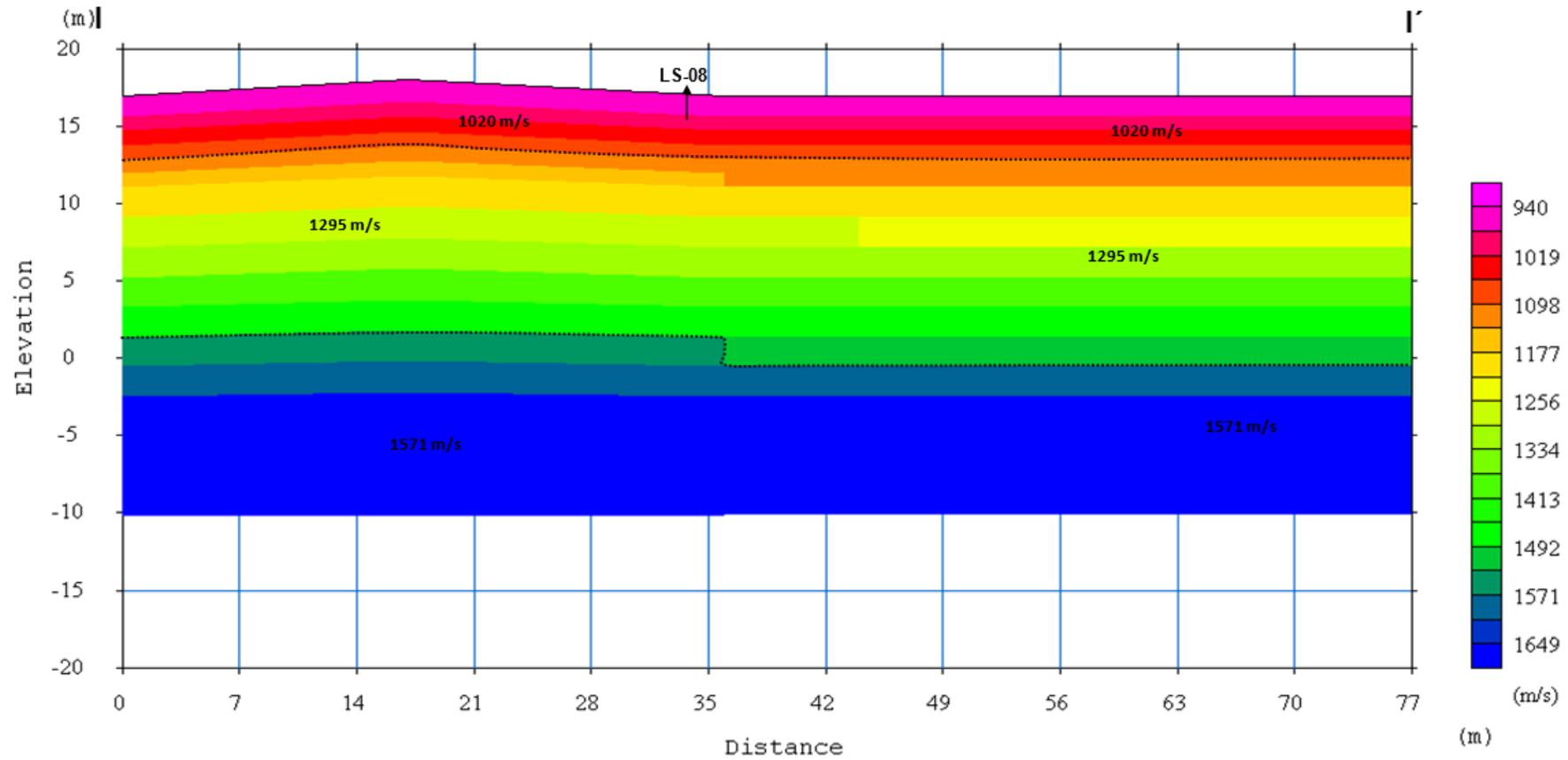
PERFIL SISMICO LS-02 (B-B'), PUENTE SIMON RODRIGUEZ



# PERFIL SISMICO LS-03(C-C'), PUENTE SIMON RODRIGUEZ



# PERFIL SISMICO LS-09 (I - I'), PUENTE SIMON RODRIGUEZ



# CROSSHOLE

## **Crosshole - Tomografía sísmica entre sondeos**

La técnica geofísica "Crosshole" permite obtener las velocidades de las ondas primarias y secundarias, P y S, a lo largo de trayectorias directas entre dos puntos. Cada punto situado a la misma profundidad en el interior de un sondeo diferente. En uno de los sondeos se sitúa la fuente de energía (sondeo emisor) y en el otro el geófono de pozo (sondeo receptor).

El ensayo de CROSSHOLE, se efectuó con el fin de determinar la profundidad de los pilotes existentes.

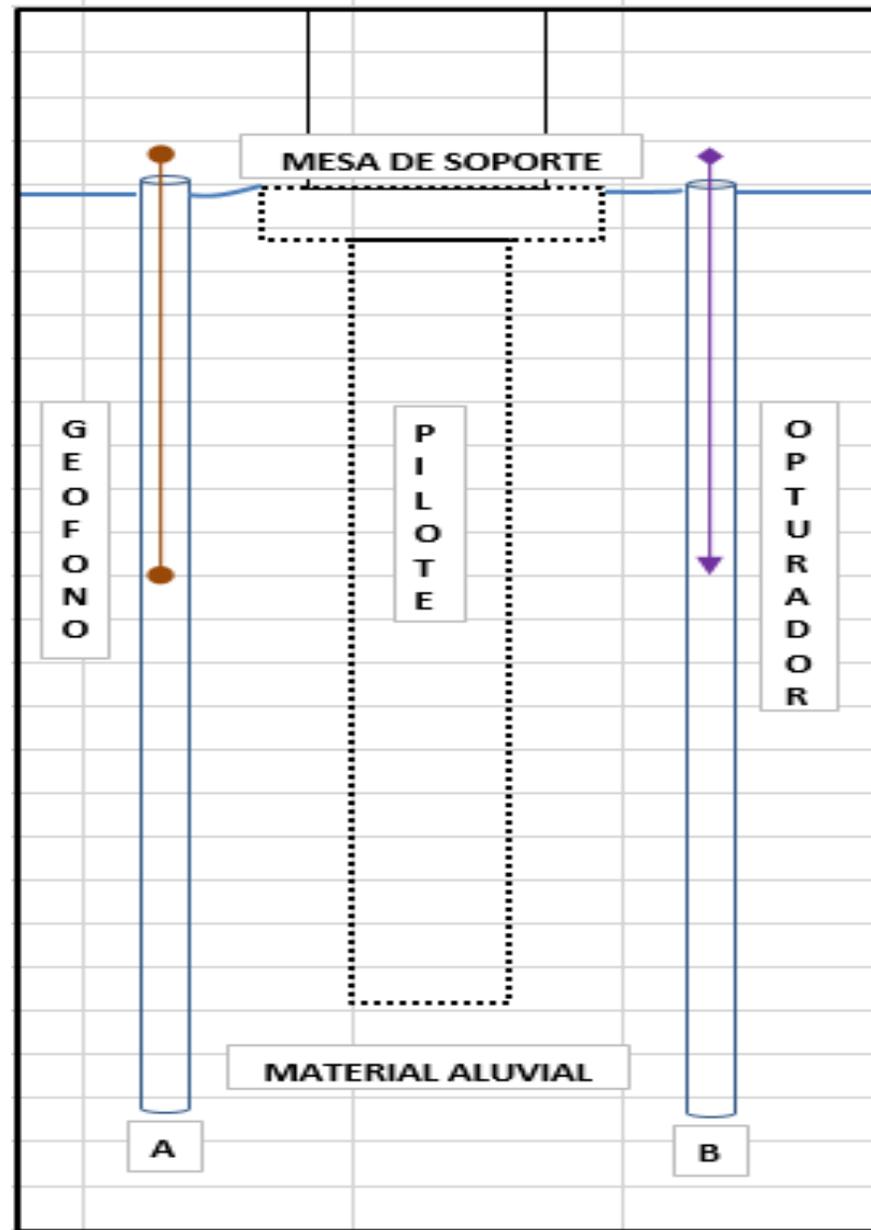
Se efectuaran dos Crosshole uno por cada par de pozos perforados y un Downhole.

La ubicación de los Crosshole a efectuar serán:

Crosshole 1 en los pozos A y B,

Crosshole 2 en los pozos C y D,

Downhole 3 en los pozos E y F.



**ESQUEMA DE LA PRUEBA  
CROSSHOLE**



**COLOCACION DEL MARTILLO, FUENTE DE  
ENERGIA**



**VISTA DE LOS TUBOS DE LA  
PERFORACION  
MESA 3**



**COLOCACION DEL MARTILLO, FUENTE DE ENERGIA**

**GEOFONO TRIAXIAL**





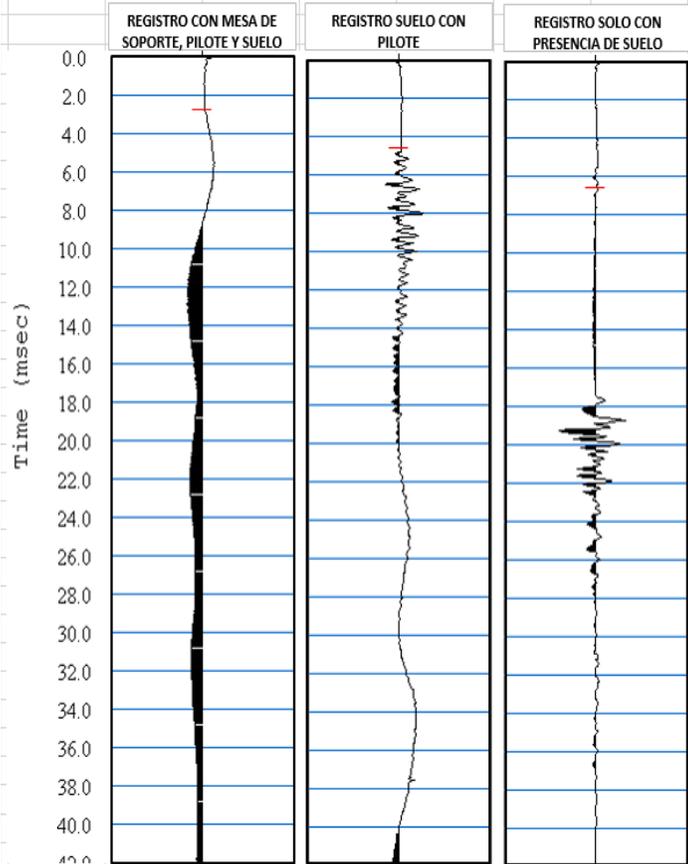
**COLOCACION DEL GEOFONO A DISTINTAS ALTURAS**



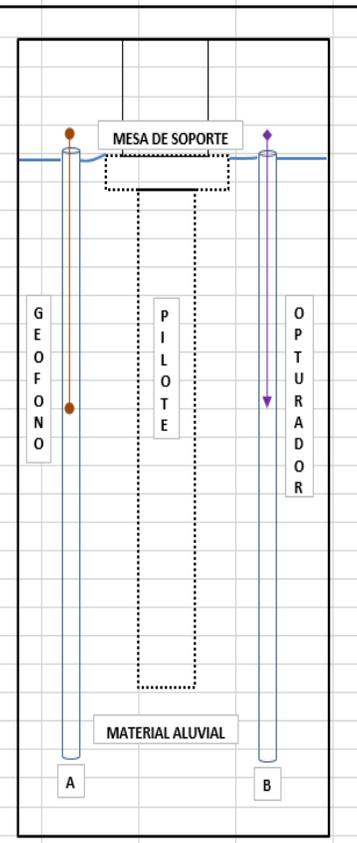
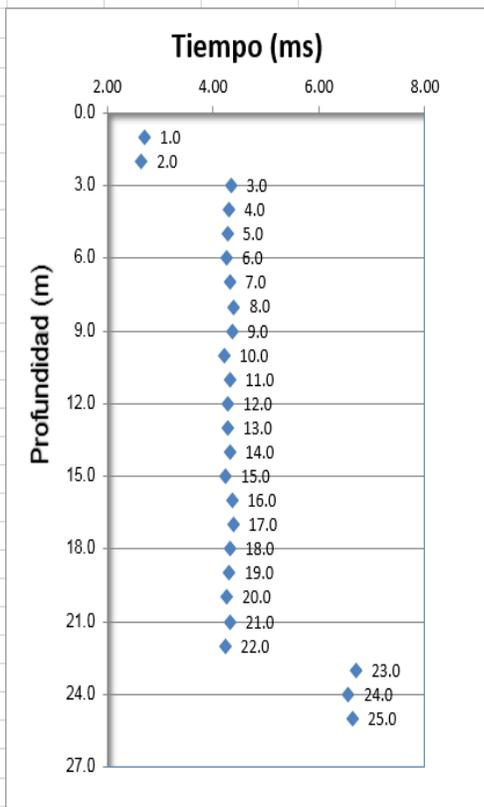
**BALON DE OXIGENO**



### CROSS - HOLE PERFORACIONES A - B



Datos Obtenidos del Cross Hole E-F			
Tiempo (ms)	Profundidad (m)	Distancia A-B	Velocidad (m/S)
2.71	1.0	7.3	2694
2.85	2.0	7.5	2830
4.34	3.0	7.5	1728
4.30	4.0	7.5	1744
4.27	5.0	7.5	1756
4.26	6.0	7.5	1761
4.32	7.0	7.5	1736
4.40	8.0	7.5	1705
4.36	9.0	7.5	1720
4.21	10.0	7.5	1781
4.32	11.0	7.5	1736
4.28	12.0	7.5	1752
4.28	13.0	7.5	1752
4.32	14.0	7.5	1736
4.24	15.0	7.5	1769
4.36	16.0	7.5	1720
4.38	17.0	7.5	1712
4.32	18.0	7.5	1736
4.31	19.0	7.5	1740
4.26	20.0	7.5	1761
4.32	21.0	7.5	1736
4.23	22.0	7.5	1773
6.70	23.0	7.5	1119
6.56	24.0	7.5	1143
6.63	25.0	7.5	1131



# DOWNHOLE- tomografía sísmica

- El método Down-Hole consiste en generar ondas sísmicas en la superficie, mediante golpes verticales y horizontales en una placa (Fig.1) ubicada a una distancia cercana del pozo, registrándose los tiempos de llegada de las ondas de compresión (ondas P) y cizalle (ondas S).
- El objetivo del ensayo es tomar medidas de los tiempos de viaje de las ondas sísmicas internas generadas a partir de la energía de la fuente emisora. Se recurre a la representación en una curva de los tiempos de llegada versus la profundidad; el valor inverso de la pendiente de esta curva representa la velocidad de propagación de la onda sísmica.

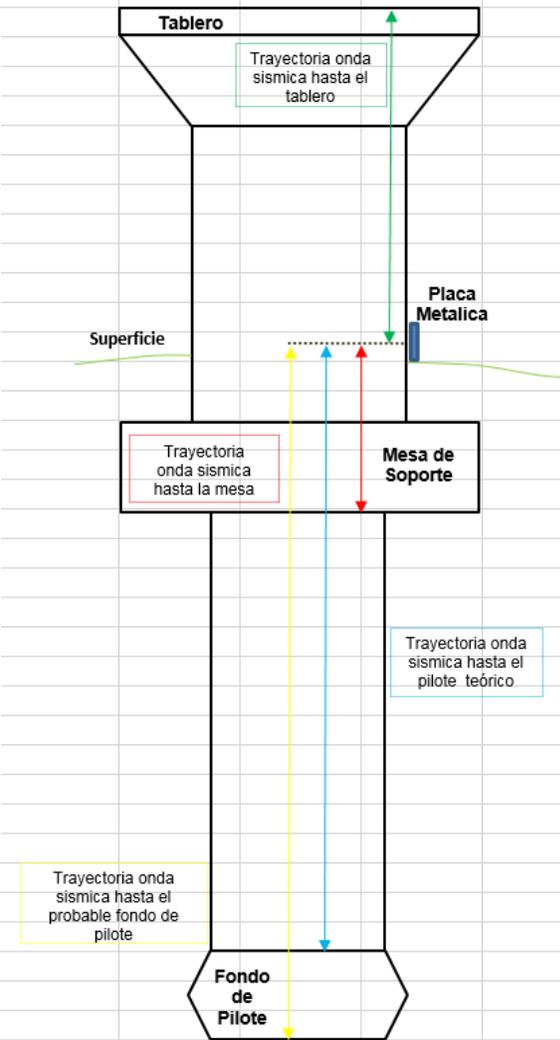
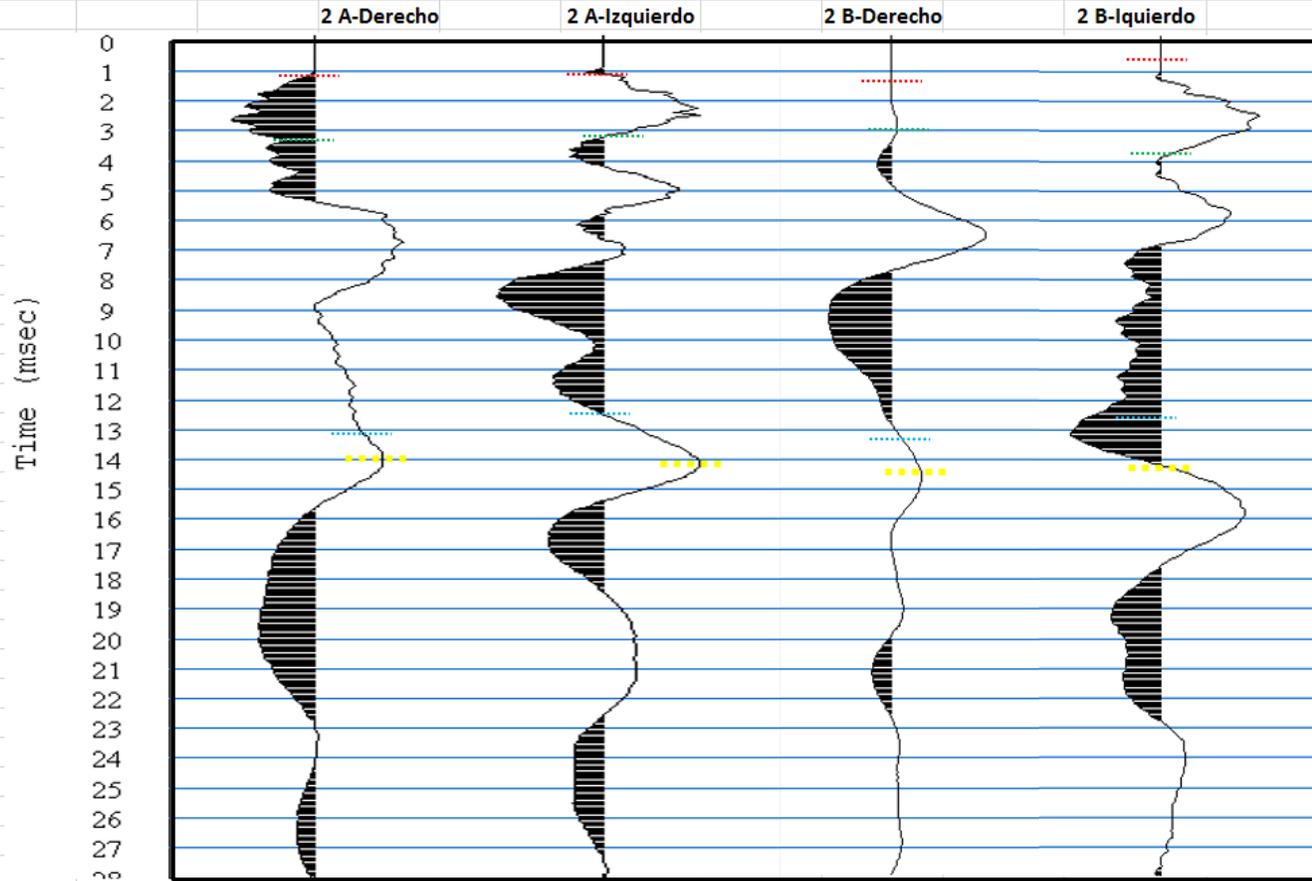


**VISTA DE LA PLACA Y EL MARTILLO**



**ENSAYO DE DOWNHOLE, APLICANDO LA ENERGIA**

### Reflexión Sísmica de Concreto en la Mesa 2



Nombres	Codigo	Distancia (m)	T 2A-D (ms)	Distancia (m)	T 2A-I (ms)	Distancia (m)	T 2B-D (ms)	Distancia (m)	T 2B-I (ms)
Dist. Tablero	T-01	4.8	3.2	4.7	3.1	4.5	3.0	5.5	3.7
Dist. Mesa	T-02	1.7	1.1	1.8	1.2	2.0	1.3	0.9	0.6
Dist. Pilote	T-03	19.7	13.1	19.1	12.7	20.0	13.3	18.8	12.5
T- Concreto	D-01	21	14.0	21.15	14.1	21.45	14.3	21.3	14.2

**GEOINSTRUMENTS S.A.C.**

EMPRESA CONTRATANTE :  
**ANA RIOS PADILLA**

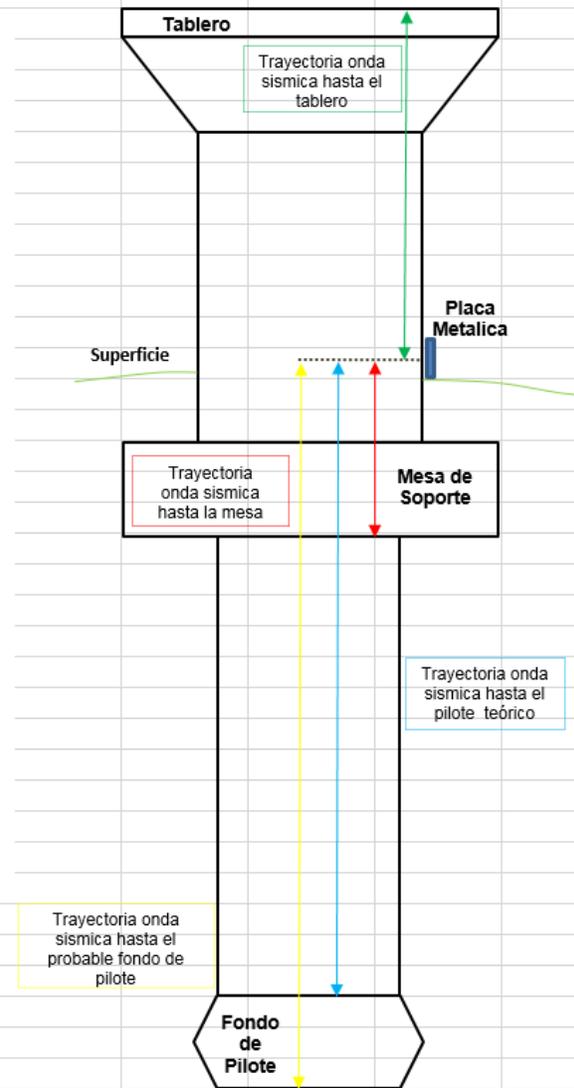
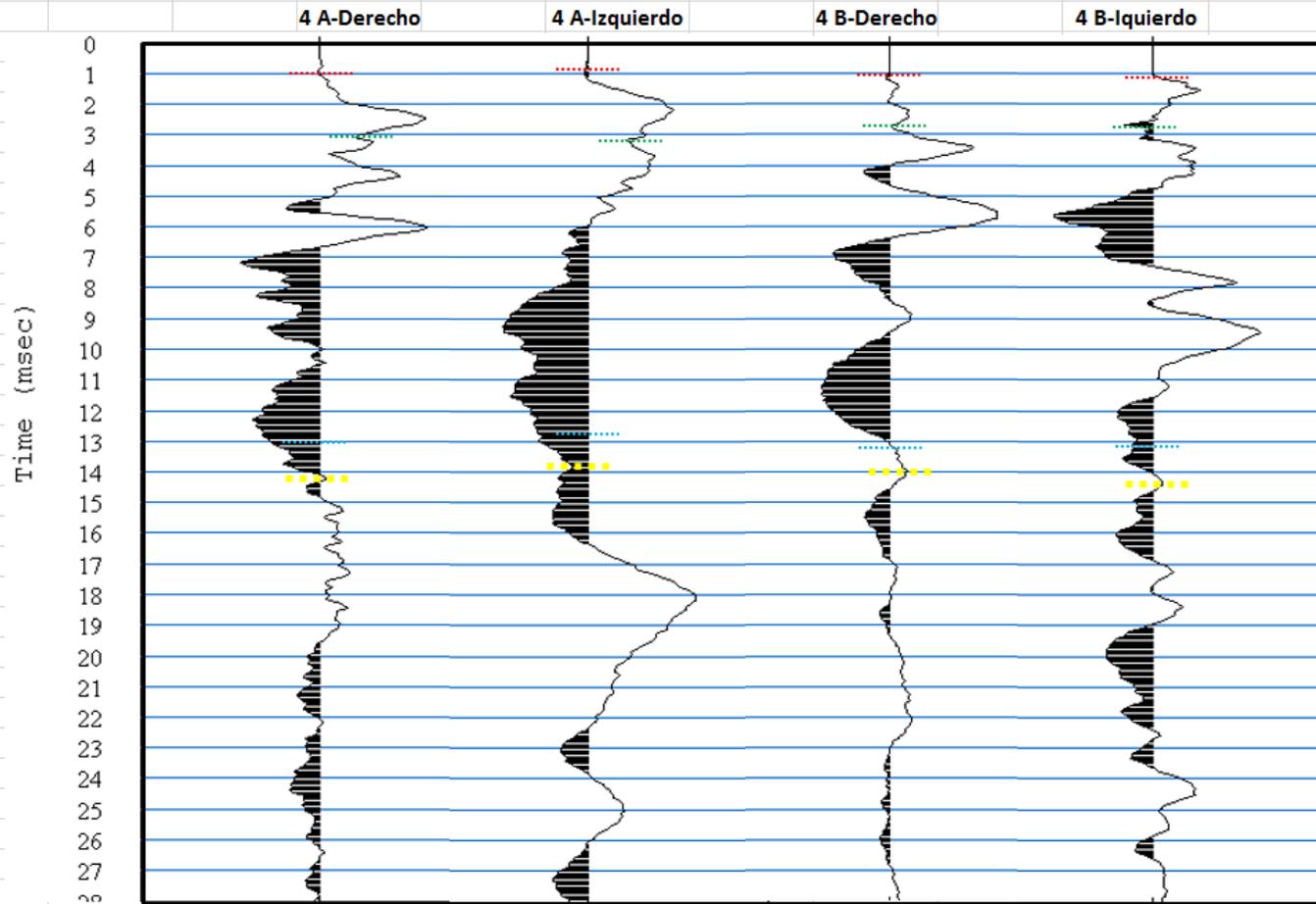
PROYECTO :  
**LEVANTAMIENTO GEOFISICO EN LA RECONSTRUCCION DEL PUENTE SIMON RODRIGUEZ, EL ARENAL - PAITA**

TITULO :  
**REGISTROS REFLEXION E INTERPRETACION**

REVISADO : C.G.P.  
DISEÑADO : F.C.H.  
PROYECTO : G08-435  
FECHA : AGO.-2008

PLANO :  
**RS- 01**

### Reflexión Sísmica de Concreto en la Mesa 4



Nombres	Codigo	Distancia (m)	T 4A-D (ms)	Distancia (m)	T 4A-I (ms)	Distancia (m)	T 4B-D (ms)	Distancia (m)	T 4B-I (ms)
Dist. Tablero	<b>T-01</b>	4.65	3.1	4.8	3.2	4.2	2.8	4.2	2.8
Dist. Mesa	<b>T-02</b>	1.45	1.0	1.2	0.8	1.6	1.1	1.6	1.1
Dist. Pilote	<b>T-03</b>	19.45	13.0	19.2	12.8	19.6	13.1	19.6	13.1
T- Concreto	<b>D-01</b>	21.15	14.1	20.85	13.9	21.00	14.0	21.45	14.3

Onda P					
Profundidad Lectura (m)	Distancia Horizontal (ms)	Tiempo de Llegada (ms)	Tiempo Vert. Corregido (ms)	Velocidad Intervalo (m/s)	Velocidad Capa (m/s)
1.00	3.50	15.20	3.10	2250	2823
2.00	3.50	16.40	8.14	1390	2823
3.00	3.50	17.80	11.58	2031	2823
4.00	3.50	18.30	13.77	1600	2823
5.00	3.50	19.20	15.73	1788	2823
6.00	3.50	20.90	18.05	1506	2823
7.00	3.50	21.60	19.32	2763	2823
8.00	3.50	23.10	21.16	1898	2823
9.00	3.50	24.10	22.46	2696	2823
10.00	3.50	25.00	23.60	3083	2823
11.00	3.50	26.20	24.97	2554	2823
12.00	3.50	26.90	25.82	4082	2823
13.00	3.50	27.80	26.84	3431	2823
14.00	3.50	28.60	27.75	3880	2823
15.00	3.50	30.10	29.31	2234	2823
16.00	3.50	31.20	30.48	3000	2823
17.00	3.50	31.80	31.15	5244	2823
18.00	3.50	32.70	32.10	3676	2823
19.00	3.50	33.60	33.04	3703	2823
20.00	3.50	34.20	33.69	5435	2823
21.00	3.50	35.90	35.41	2031	2823
22.00	3.50	37.80	37.33	1824	1768
23.00	3.50	39.80	39.35	1736	1768
24.00	3.50	43.60	43.14	922	1768
25.00	3.50	45.20	44.76	2161	1768
26.00	3.50	47.70	47.27	1394	1768
27.00	3.50	49.00	48.59	2652	1768
28.00	3.50	50.40	50.01	2469	1768
29.00	3.50	53.90	53.51	1000	1768
30.00	3.50	54.10	53.74	1564	1768
31.00	3.50	55.30	54.95	2880	1768
Intervalo 0.0 a 21.00 m.					2823
Intervalo 21.00 a 31.00 m.					1768

### LEYENDA

2883 m/s Velocidad del suelo con presencia de concreto

1768 m/s Velocidad del suelo sin presencia de concreto

### TABLA DE DATOS DE PARAMETROS DE VELOCIDAD Y TIEMPO EN LAS PERFORACIONES C-D PUEBLO SIMON RODRIGUEZ

### LEVANTAMIENTO GEOFISICO EN LA RECONSTRUCCION DEL PUEBLO SIMON RODRIGUEZ, EL ARENAL - PAITA

**GEOINSTRUMENTS S.A.C.**

REVISADO : C. G. P.  
 DISEÑADO : F. C. H.  
 PROYECTO : G08 - 335  
 FECHA : AGOSTO -2008

Tabla :

**T-1-C-D**

**INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL DOWN HOLE C-D**

# ENSAYO DE GEORADAR

- La prospección mediante Ground-Penetrating Radar (GPR) es un método no destructivo de análisis. Este método, permite registrar el tiempo de propagación de las ondas P y S.
- Es basado en la emisión de impulsos electromagnéticos de muy corta duración (entre 1 ns y 10 ns) en la banda de frecuencias de UHF-VHF (normalmente entre 8 MHz y 2,6 GHz). La técnica de georadar se basa en el principio de reflexión de ondas electromagnéticas que se propagan en un medio. Esquemáticamente, las mediciones se efectúan mediante la generación, por la antena emisora de una onda electromagnética con una frecuencia característica. Ésta se va propagando por el medio, hasta que alcanza una zona u objeto cuyas propiedades eléctricas son diferentes respecto a las circundantes o adyacentes, entonces, parte de la energía electromagnética se refleja hacia la superficie, mientras que el resto de energía continúa propagándose. La onda electromagnética reflejada se recibe a través de la antena receptora.

# GEORADAR

En las zonas en las que existe un nivel considerable de agua y que sea una causal de interferencia, se empleo el GEORADAR en lugar de la refracción sísmica.

Se programo una línea de prospección geofísica, GEORADAR en el eje del puente en la zona no colapsada, este método permitió obtener información de los pilotes existentes en esta zona.

Esta línea se denomina **GRP-1**.

Correlacionando con la información de los Crosshole se pudo interpretar de tal forma que se pudo estimar la profundidad de los pilotes existentes.

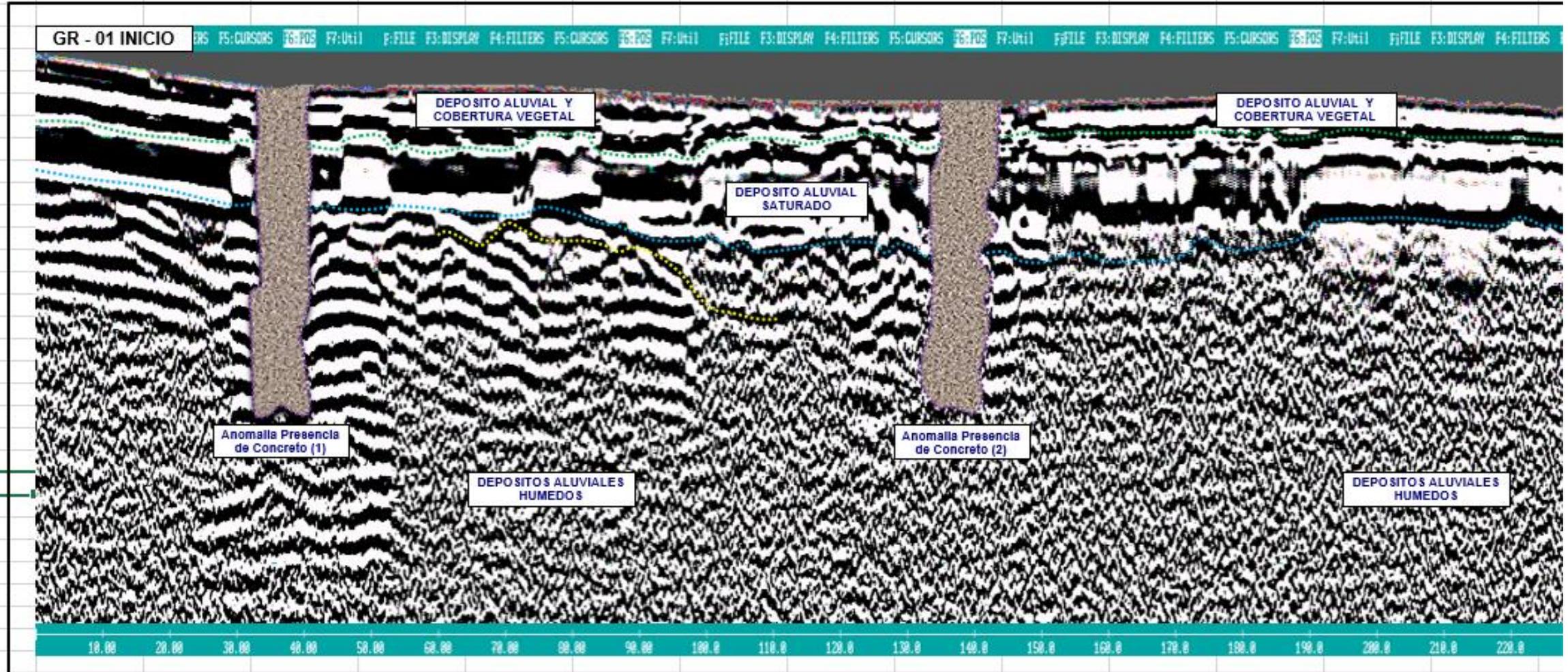
Estas líneas se denominan **GPR 2 y GPR 3**.

El Georadar empleado fue de una antena de 100 MHz que tiene un alcance de investigación de 35 - 50 m con una resolución de 0.10 ms.

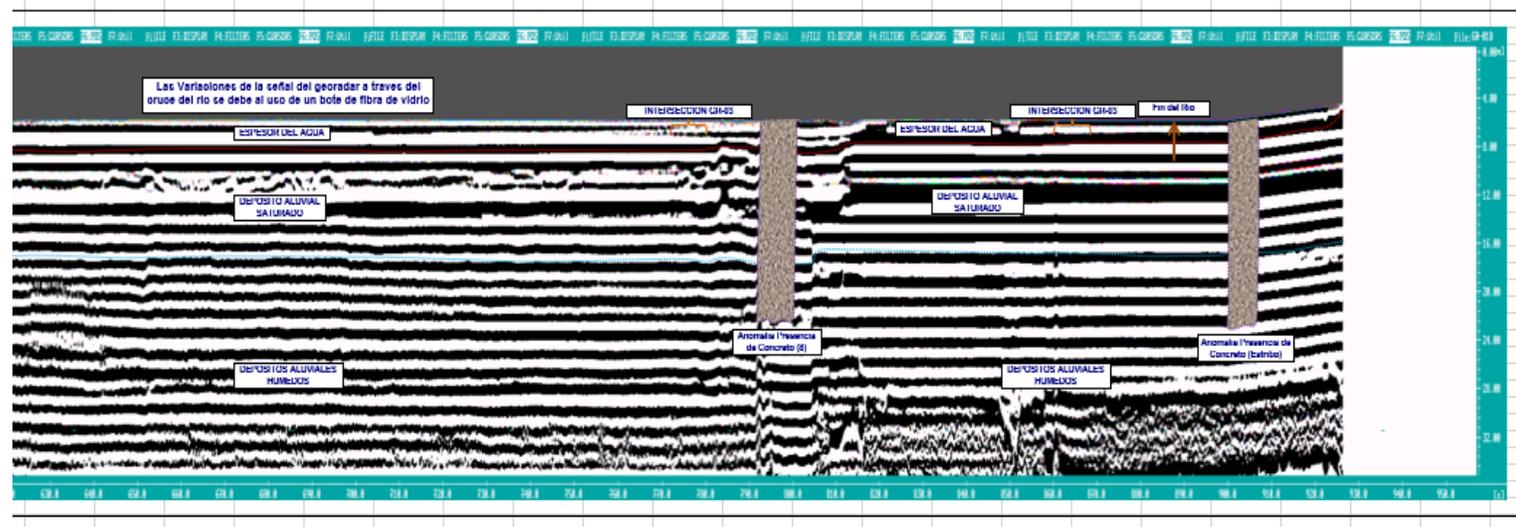
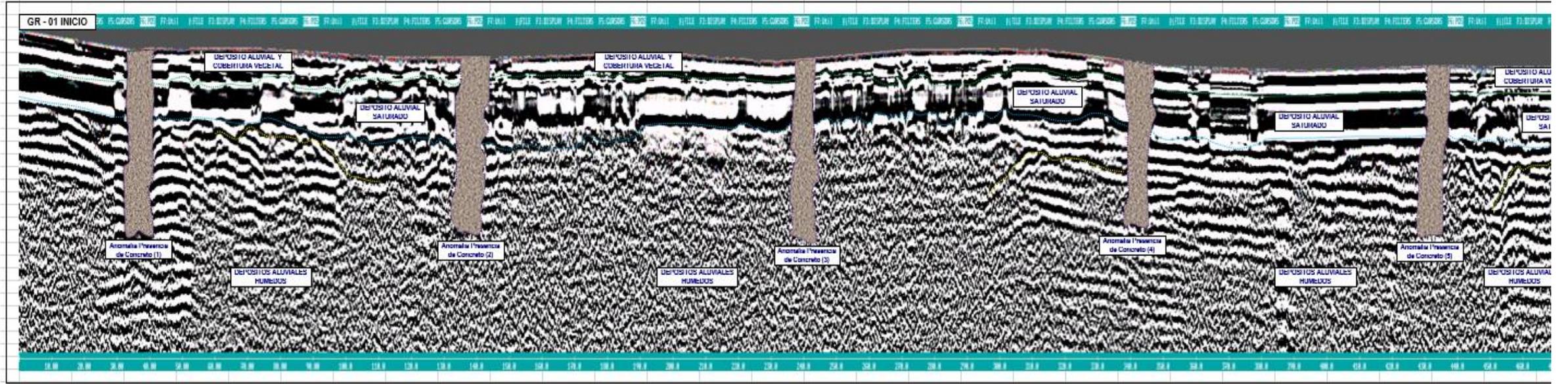


**VISTA DEL GEORADAR DE 100 MHz, SE COLOCO EN UNA BARCASA PARA EVITAR EL CONTACTO CON EL AGUA**

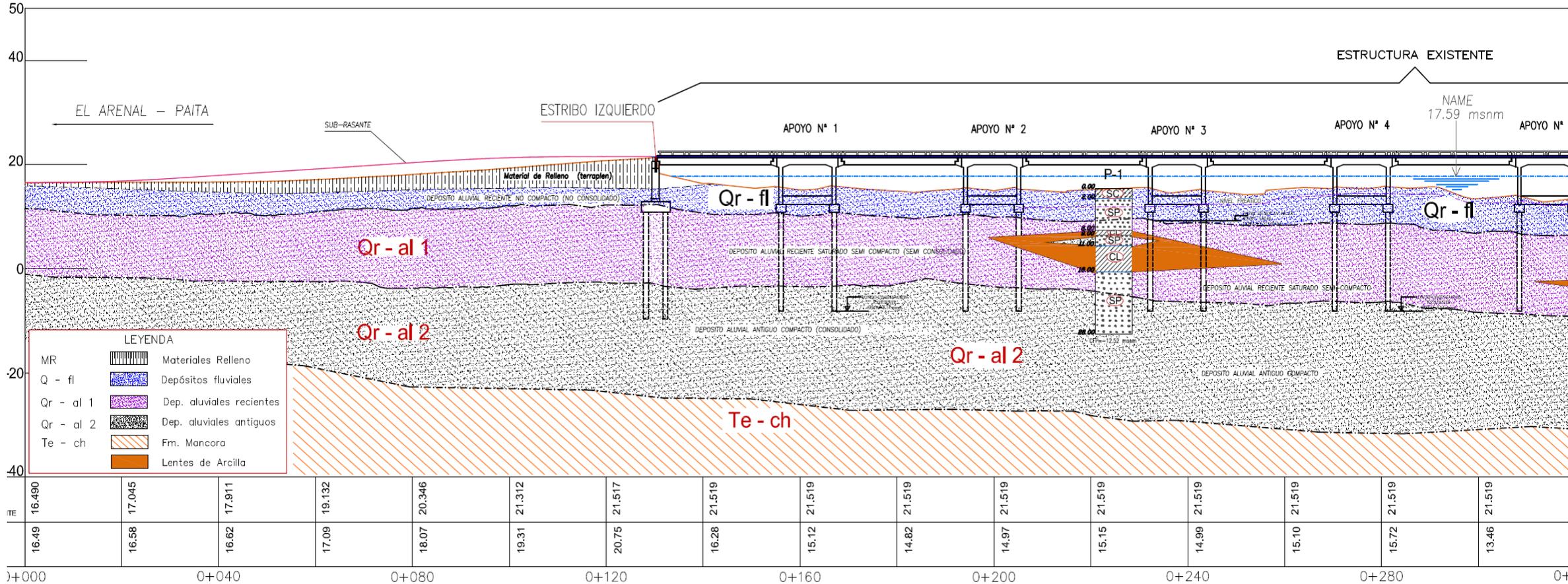




**VISTA DE LOS PILOTES Y SU INTEGRIDAD**

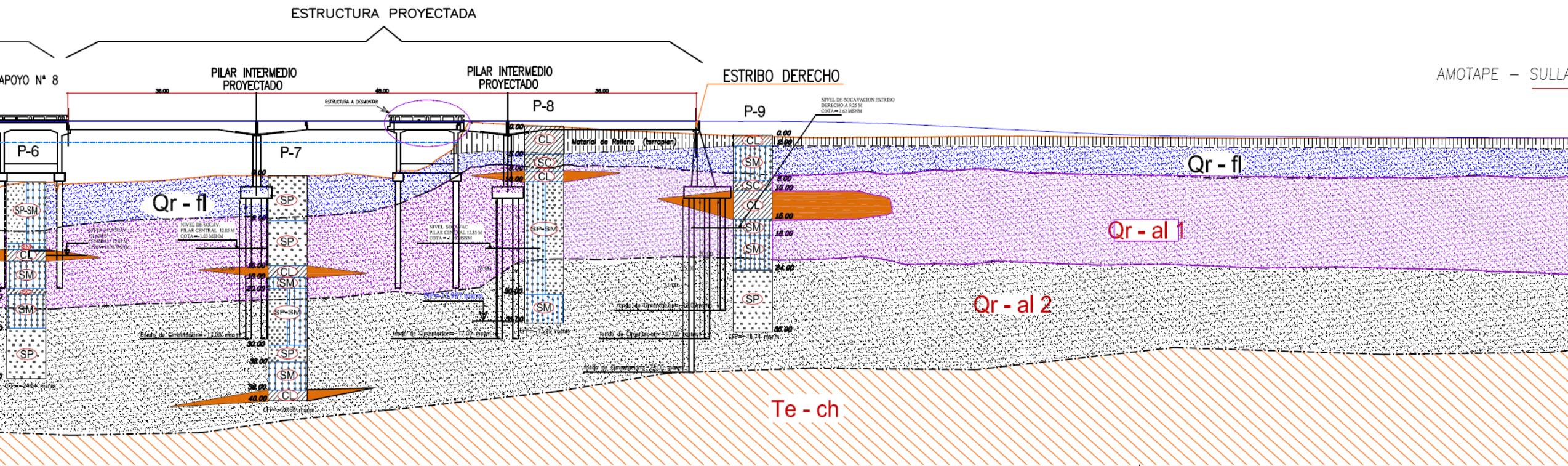


SECCION GEOLOGICA - GEOTECNICA DEL E.



**PERFIL GEOLOGICO CON LOS PILOTES EXISTENTES Y LOS TIPOS DE SUELO ENCONTRADO**





21.319	21.519	21.519	21.519	21.519	21.519	21.519	21.517	21.418	20.765	19.839	19.007	18.819	18.738	18.657	18.576
0.27	10.43	11.55	11.82	12.85	20.97	19.93	19.01	18.60	18.74	18.82	18.63	18.54	18.55	18.54	18.52
	0+440		0+480		0+520		0+560		0+600		0+640		0+680		0+720

# RESULTADOS

## 5.3 Cross Hole, Down Hole y Reflexión Sísmica

En estos métodos se han determinado tiempos de arribo determinando la presencia, profundidad y continuidad de los pilotes:

Métodos Tipos	Ubicación (Mesa)	Profundidad de Pilote (m)	Observaciones
Cross Hole	Mesa 03, A-B	22.00	Presencia de suelos húmedos
Cross Hole	Mesa 08, E-F	20.00	Presencia de agua y suelo saturado
Down Hole	Mesa 06, C-D	21.00	Presencia de Suelo Saturado
Reflexión Sísmica	Mesa 02	21.0 , 21.15, 21.45 y 21.3	Presencia de suelo húmedos.
Reflexión Sísmica	Mesa 04	21.15 , 20.85, 21.00 y 21.45	Presencia de suelo húmedos.

Espesor Promedio	Perfil Sismico	Velocidad Capa	Velocidad Capa	Modulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad de Muestra	Modulo de Corte	Modulo de Young	Modulo Bulk
Capa (m)	PS	Vp (m/s)	Vs Estimada (m/s)	$(Vp/Vs)^2$ Vx	$((Vx-2)/(2*Vx-2))$ *p	Promedio d (gr/cm3)	$(d*(Vs^2)/1000$ G (Kg/cm2)	$2G(1+p)$ E (Kg/cm2)	$(1/3)*E/(1-2*(p))$ K (Kg/cm2)
6.0 - 8.0	A-A'	1085.00	813.75	1.78	-0.14	1.878	12436	21319	5527
5.0 - 8.0	B-B'	1189.00	891.75	1.78	-0.14	1.878	14934	25601	6637
6.0 - 8.0	C-C'	1065.00	798.75	1.78	-0.14	1.878	11982	20540	5325
4.0 - 6.0	D-D'	1177.00	882.75	1.78	-0.14	1.878	14634	25087	6504
7.0 - 8.0	E-E'	1192.00	894.00	1.78	-0.14	1.878	15010	25731	6671
6.0 - 8.0	F-F'	1202.00	901.50	1.78	-0.14	1.878	15263	26164	6783
4.0 - 6.0	G-G'	1350.00	1012.50	1.78	-0.14	1.878	19252	33004	8557
6.0 - 8.0	H-H'	1285.00	963.75	1.78	-0.14	1.878	17443	29903	7753
4.0 - 5.0	I-I'	1020.00	765.00	1.78	-0.14	1.878	10991	18841	4885
9.0 - 12.0	A-A'	1407.00	1055.25	1.78	-0.14	1.963	21859	37473	9715
12.0 - 16.0	B-B'	1426.00	1069.50	1.78	-0.14	1.963	22453	38492	9979
9.0 - 12.0	C-C'	1356.00	1017.00	1.78	-0.14	1.963	20303	34805	9024
12.0 - 14.0	D-D'	1393.00	1044.75	1.78	-0.14	1.963	21426	36731	9523
9.0 - 11.0	E-E'	1436.00	1077.00	1.78	-0.14	1.963	22769	39033	10120
8.0 - 9.0	F-F'	1427.00	1070.25	1.78	-0.14	1.963	22485	38546	9993
12.0 - 14.0	G-G'	1506.00	1129.50	1.78	-0.14	1.963	25043	42931	11130
8.0 - 13.0	H-H'	1445.00	1083.75	1.78	-0.14	1.963	23056	39524	10247
8.0 - 11.0	I-I'	1295.00	971.25	1.78	-0.14	1.963	18518	31744	8230
> 25	A-A'	1689.00	1266.75	1.78	-0.14	1.983	31820	54549	14142
> 25	B-B'	1662.00	1246.50	1.78	-0.14	1.983	30811	52819	13694
> 25	C-C'	1667.00	1250.25	1.78	-0.14	1.983	30997	53137	13776
> 25	D-D'	1639.00	1229.25	1.78	-0.14	1.983	29964	51367	13317
> 25	E-E'	1680.00	1260.00	1.78	-0.14	1.983	31482	53969	13992
> 25	F-F'	1669.00	1251.75	1.78	-0.14	1.983	31071	53265	13809
> 25	G-G'	1682.00	1261.50	1.78	-0.14	1.983	31557	54098	14025
> 25	H-H'	1626.00	1219.50	1.78	-0.14	1.983	29491	50556	13107
> 25	I-I'	1571.00	1178.25	1.78	-0.14	1.983	27529	47193	12235

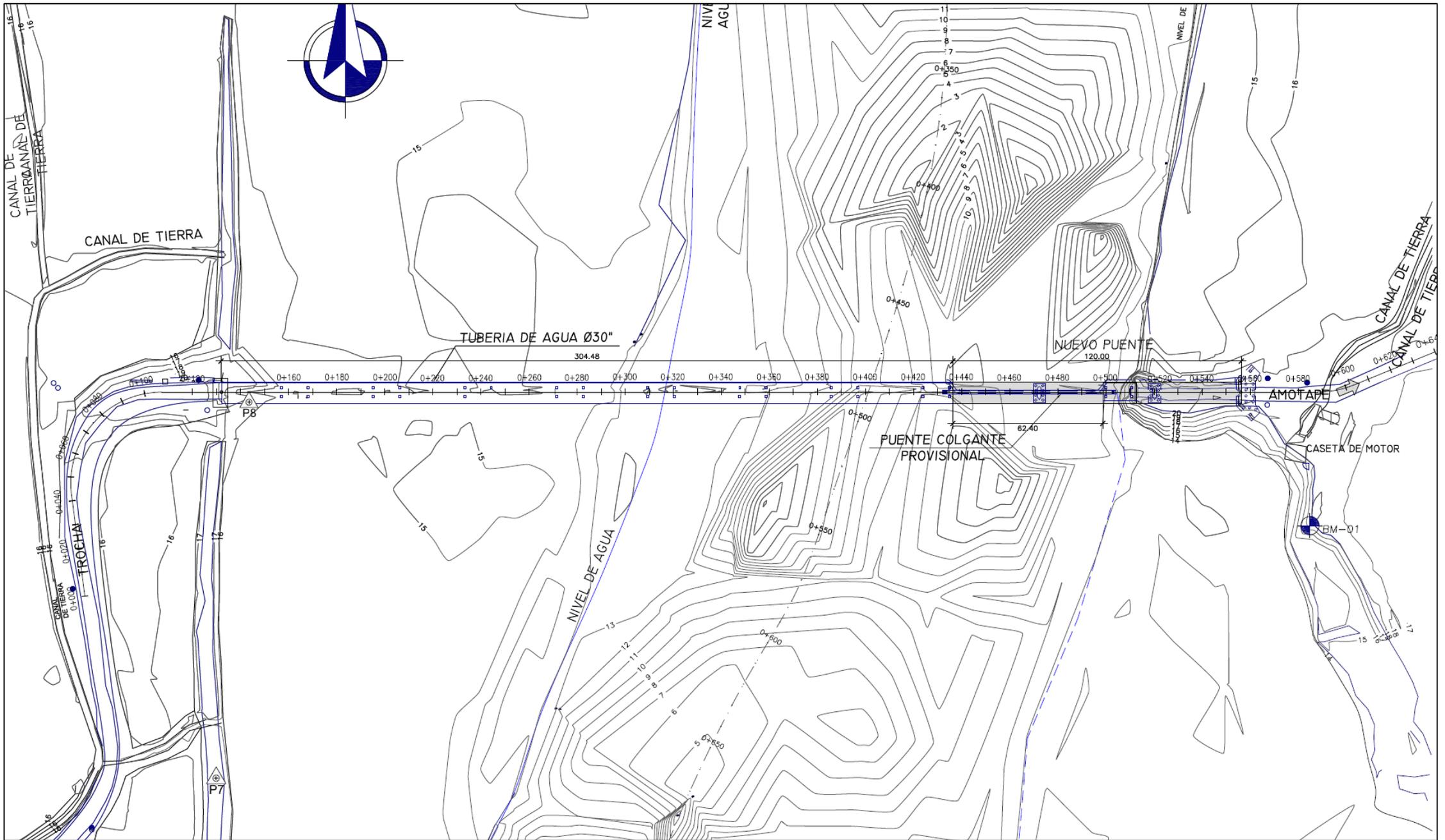
### LEYENDA

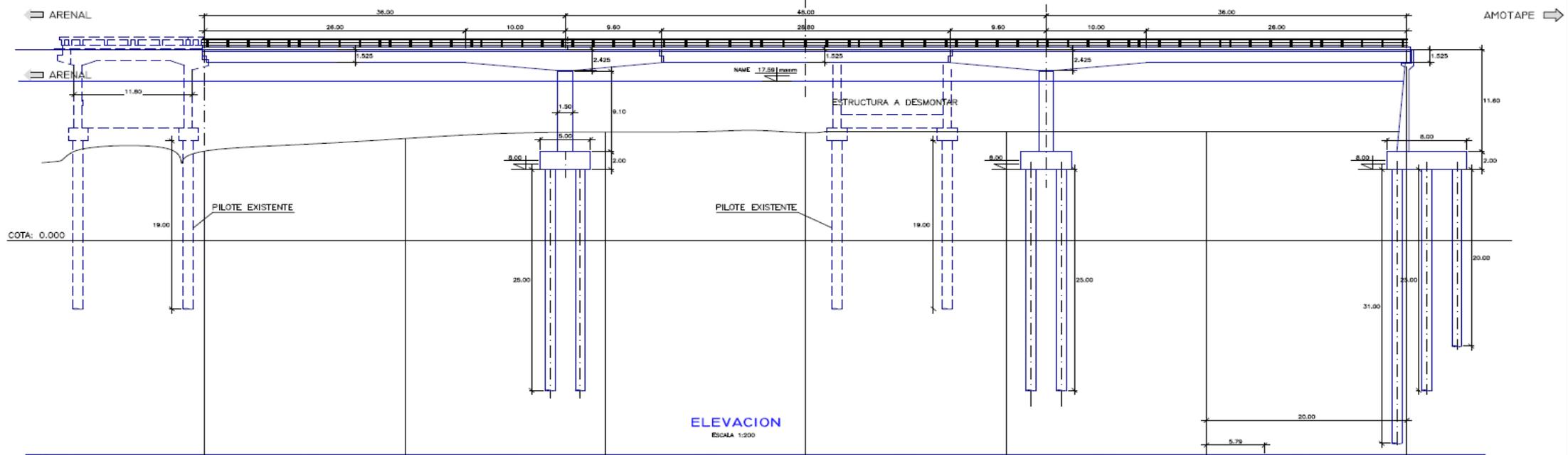
	1era. Capa
	2da. Capa
	3era. Capa

**Nota:** Se utiliza una densidad variable, siendo mayor dependiendo la profundidad.

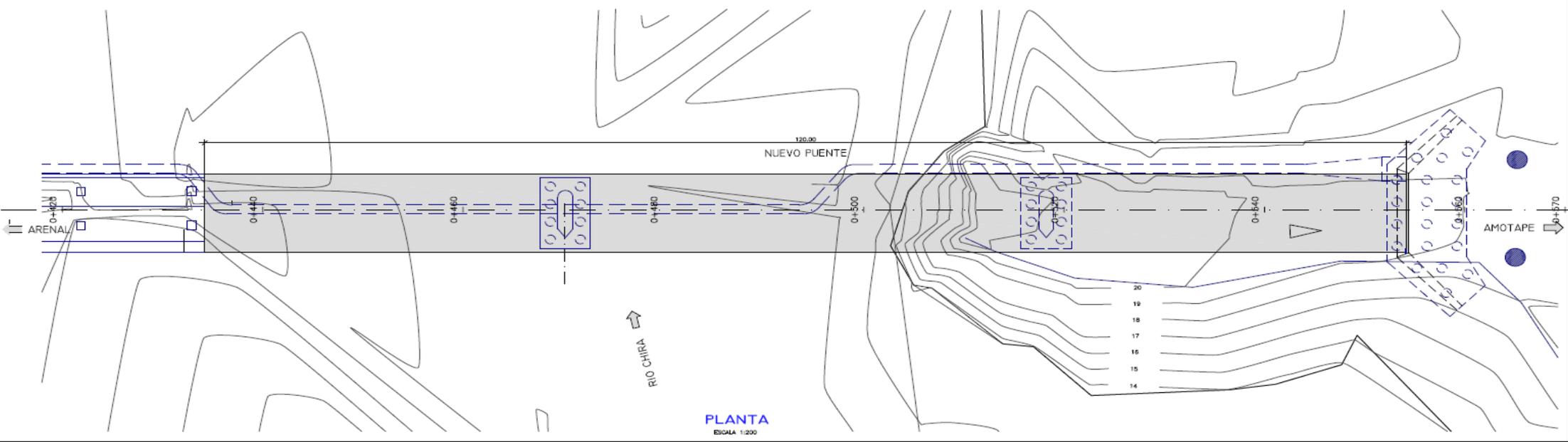
# RESULTADOS

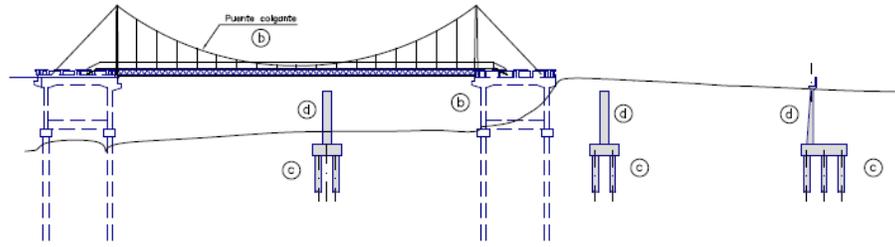
- De los ensayos se pudo hacer una buena estimación de la longitud e la integridad de los pilotes existentes.
- En la Rehabilitación del Puente Simon Rodriguez, se pudo recuperar 300 m de puente existente.
- Como resultados de los ensayos directos e indirectos realizados, se pudo elaborar los perfiles geológicos de los suelos de fundación del puente.
- Se diseño los pilotes del nuevo puente.



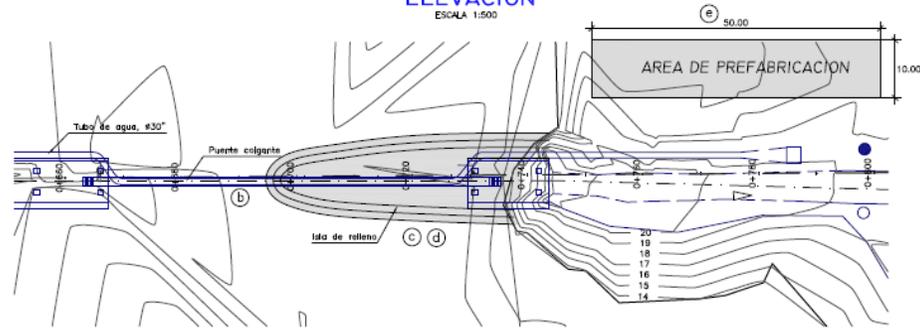


DISTANCIAS	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
KILOMETRAJE	0+434.21	0+454.21	0+474.21	0+494.21	0+514.21	0+534.21	0+554.21		
COTA DEL TERRENO	10.050	11.475	12.199	12.127	21.447	20.504	19.554		
COTA DE LA RASANTE	21.570	21.570	21.570	21.570	21.570	21.570	21.570		





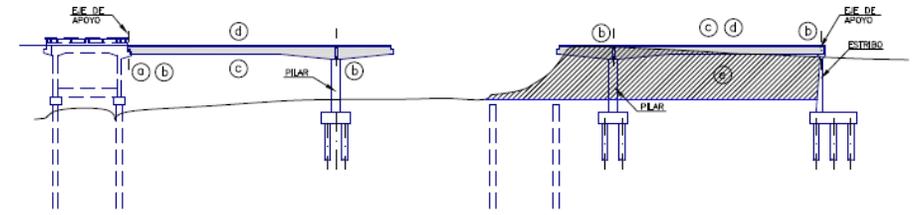
**ELEVACION**  
ESCALA 1:500



**PLANTA**  
ESCALA 1:500

**I. TRABAJOS PRELIMINARES Y PREFABRICACION**

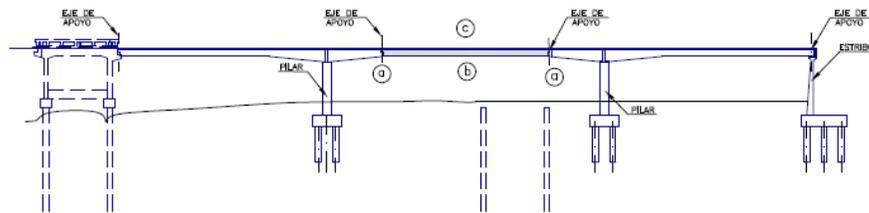
- a : Construcción de pilares de apoyo de la pasarela
- b : Reubicación de la pasarela provisional y demolición de pilares existentes
- c : Construcción de cimentaciones para pilares y estribos
- d : Construcción de elevaciones de pilares y estribos
- e : Construcción de las Vigas Prefabricadas



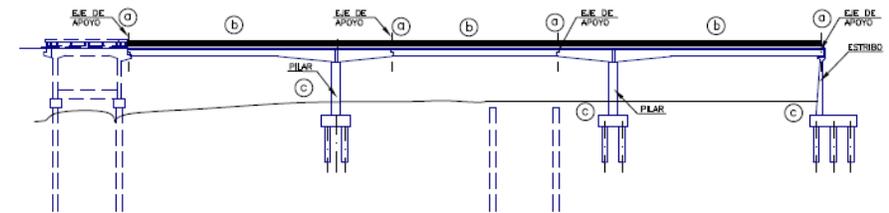
**ELEVACION**  
ESCALA 1:500

**2. CONSTRUCCION DE LOS TRAMOS LATERALES**

- a : Reparación y reforzamiento del braquete del pilar existente
- b : Colocación de los dispositivos de apoyo de los tramos laterales
- c : Montaje de las vigas prefabricadas de los tramos laterales
- d : Vaciado de la losa del tablero de los tramos laterales
- e : Excavación del terreno bajo el tercer tramo



**ELEVACION**  
ESCALA 1:500



**ELEVACION**  
ESCALA 1:500



**VISTA DEL PUENTE REHABILITADO SIMON RODRIGUEZ LONG 420 M.**

**MUCHAS GRACIAS!**