

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCION GENERAL DE GEOLOGÍA

**ESTUDIO GEOFÍSICO DE REFRACCIÓN SÍSMICA PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE CIRUELO**

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE SAN IGNACIO,
DISTRITO DE HUARANGO – PUERTO CIRUELO

POR:

Ing. Walter Pari Pinto



DIRECCION DE GEOTECNIA

Noviembre, 1999
LIMA - PERU

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCION GENERAL DE GEOLOGÍA

**ESTUDIO GEOFÍSICO DE REFRACCIÓN SÍSMICA PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE CIRUELO**

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE SAN IGNACIO,
DISTRITO DE HUARANGO – PUERTO CIRUELO

POR:

Ing. Walter Pari Pinto



DIRECCION DE GEOTECNIA

Noviembre, 1999
LIMA - PERU

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCION

2.0 OBJETIVO

3.0 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

4.0 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

- 4.1 Generalidades
- 4.2 Geofísica
- 4.3 Método de Refracción Sísmica
- 4.4 Trabajo de Campo
- 4.5 Equipo Empleado

5.0 INTERPRETACIÓN GEOFÍSICA

- 5.1 Perfil Elástico Línea L-01
- 5.2 Perfil Elástico Línea L-02
- 5.3 Perfil Elástico Línea L-03

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.0 INTRODUCCIÓN

El estudio geofísico del área del Puente "Puerto Ciruelo" (Ver foto N° 02), ha sido realizado por el INGEMMET a solicitud de la Compañía Jack López Ingenieros S.A.

Los trabajos de campo se realizaron entre los días del 22 al 25 de Octubre de 1999, realizándose en dos etapas; la primera, de recopilación de datos de campo, y la segunda, de procesamiento y evaluación de la información sísmica geológica.

2.0 OBJETIVO

El método de Refracción Sísmica suministra información de las propiedades elásticas de las rocas. Las características elásticas de las rocas se observan por la velocidad de onda; por lo tanto, están en relación directa con la compactabilidad de cada medio, por consiguiente las velocidades en los sedimentos consolidados ó no consolidados son menores que las rocas duras.

El objetivo de este estudio es, determinar las características, los planos de contacto elástico y la roca que separan diferentes velocidades de los materiales de fundación de los estribos, pilar central del Puente Puerto Ciruelo .

3.0 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

Ubicación

El área del estudio realizado está ubicado entre las coordenadas UTM con 742,600E a 742,850E de longitud oeste y 9'415,350N a 9'415,400N de latitud sur (ver figura N° 1), políticamente se ubica en el distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca. Se ubica entre los 450 a 460 m.s.n.m. de altitud.

Accesibilidad

El acceso al lugar donde se ubicará el puente Puerto Ciruelo fue mediante vía terrestre teniendo como ruta de acceso, Lima – Jaén – Puerto Ciruelo por carretera asfaltada. El cruce al estribo izquierdo se realiza utilizando bote.

MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

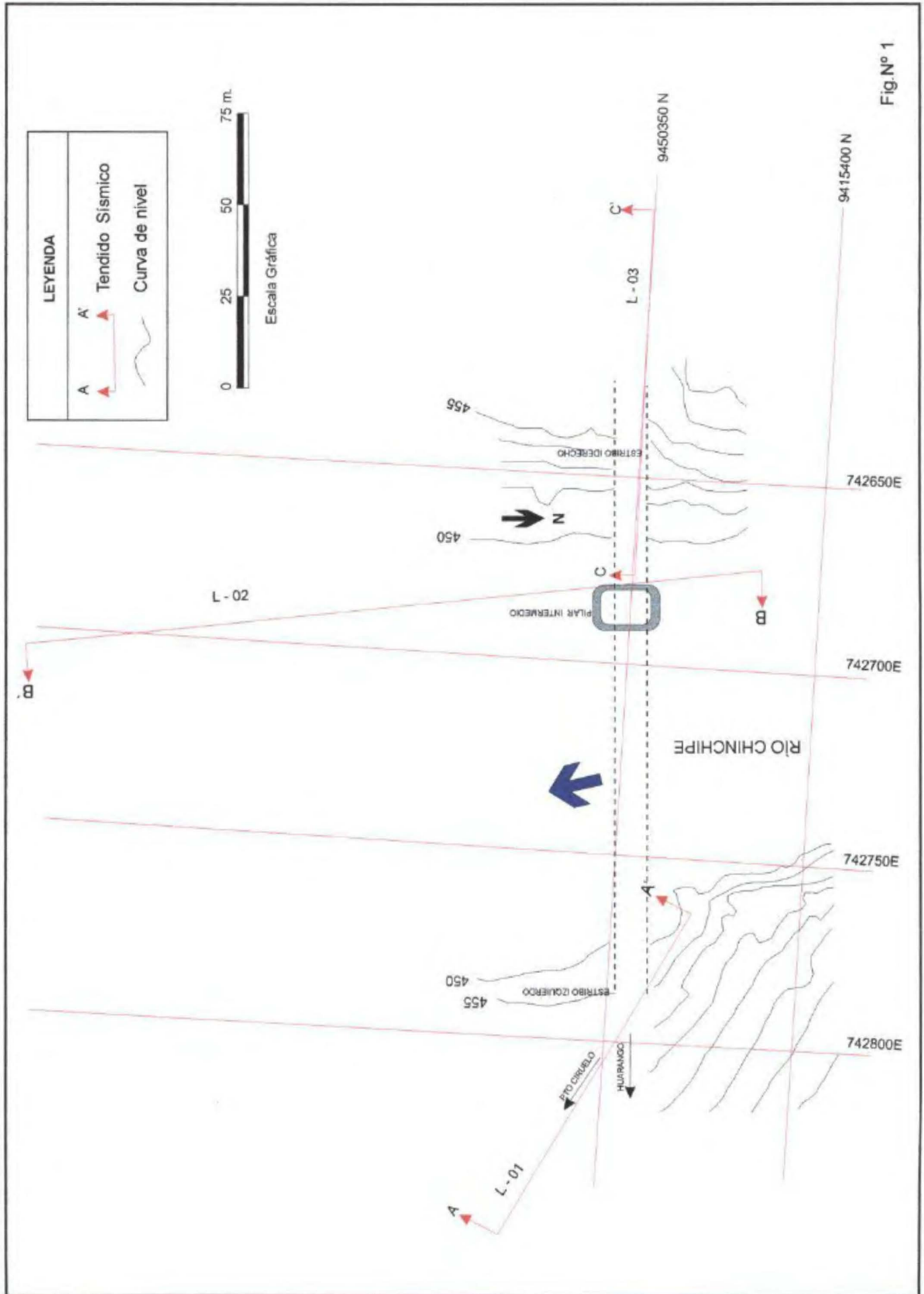


Fig. Nº 1

4.0 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

4.1 Generalidades

El Método de Refracción Sísmica suministra información de las propiedades elásticas de las rocas. Las características elásticas de las rocas se observan por los valores de velocidad de ondas; por lo tanto, están en relación directa con la compactibilidad de cada medio; por consiguiente, las velocidades en los sedimentos (material cuaternario) serán menores que en las rocas duras como en el caso de las rocas sedimentarias que afloran en el área de estudio.

Delimitar las diferentes interfases (planos de contacto elástico) así como de la roca que separan medios con diferentes velocidades y por consiguiente diferentes densidades.

4.2 Geofísica

El método geofísico empleado en el estudio del Puente Puerto Ciruelo es de Sísmica de Refracción que a continuación describimos:

4.3 Método Sísmica de Refracción

En el método sísmico de refracción un impulso elástico (ó más claramente una onda elástica) se genera cerca de la superficie del suelo mediante una carga explosiva ó golpe de martillo y el movimiento resultante del suelo se registra en puntos próximos de la superficie por pequeños sismómetros ó geófonos. La medición de los intervalos de tiempo que transcurren desde que se genera el impulso hasta su recepción en los geófonos colocados a diferentes distancias, permite determinar la velocidad de propagación del impulso en el suelo. Este suelo no es generalmente homogéneo, por lo que a sus propiedades elásticas se refiere, y por lo tanto la velocidad varía tanto en profundidad como lateralmente. Los límites entre capas de distinta velocidad

generalmente coinciden con los límites geológicos, por este motivo un corte transversal en que se representen las interfaces de velocidad pueden parecerse a un corte geológico transversal aunque los dos no sean necesariamente iguales.

El tipo más sencillo de propagación de onda en un medio elástico homogéneo es indefinido, consiste en una serie de condensaciones y rarefacciones alternadas, durante las cuales las partículas adyacentes situadas en cualquier límite siguen la dirección de propagación que están respectivamente más próximas ó más alejadas entre sí que lo normal.

El método sísmico de refracción se emplea, como en el presente trabajo, en estudios geotécnicos que nos permiten resolver problemas como la diferenciación de la parte suprayacente (suelo-cobertura del cuaternario) de la roca firme, en base a la diferenciación de velocidades. En los estudios geotécnicos los valores de las velocidades sísmicas observadas son útiles por sí mismos, ya que pueden dar una idea acerca de otras propiedades de las rocas como su grado de compactación, sus constantes elásticas, zonas de diferente grado de fracturamiento de roca, etc.

4.4 Trabajo de Campo

La metodología empleada en el área del puente Puerto Ciruelo fue la técnica de prospección a lo largo de perfiles de suficiente longitud que es el tipo más utilizado y permite resolver tareas variadas, se obtiene sistemas de hodógrafos (dromocronas) opuestos y de encuentro entrelazados.

Se tomó como base el trazo de los tendidos propuestos por los consultores dando mayor longitud al pilar central, en suma se efectuaron 3 líneas sísmicas. En el sector de la margen izquierda del río Chinchipe (estribo izquierdo) con 100 m. de longitud se realizó la Línea L-01, y 2 Líneas sísmicas en la margen derecha del río Chinchipe, la L-02 en el pilar central y la L-03 perpendicular a la Línea L-02 interceptando en el punto 30 (Geófono 15).

Las extensiones tanto en el pilar central del tendido de la línea L-02 (paralela al curso del río) así como de la línea L-03 transversal son de longitudes de 120 m. y 220 m. de longitud, respectivamente.

Para los tendidos de las líneas L-01, L-02 y L-03, se ubicaron las estacas cada 10 m en las que se utilizaron offset de 5, 55 y 110 m. con la finalidad de poder alcanzar mejores profundidades en la zona de estudio.

Los impactos fueron realizados a base de golpes de martillo (15 golpes). Se realizaron 6 pruebas con Detonación Superficial. Un sensor conectado al martillo y este al trigger, sirven para obtener la línea de tiempo base, a partir de la cual se toman las correspondientes llegadas de onda a cada geófono.

El trabajo de campo se llevó a cabo según cronograma establecido inicialmente.

4.5 Equipo empleado

El Equipo Sísmico empleado estuvo constituido por :

- 1 Sismógrafo portátil de alta resolución Ms- 170 Modelo 1119
- 24/12 Canales sísmicos
- Dispositivo para el uso con dinamita- comba y geófono
- Proceso de Registro Analógico y Digital Instantáneo con información grabada en Diskettes y con impresión en papel termosensible.
- 15 geófonos electro-magnéticos verticales.
- 1 Batería de 12,5 voltios
- Cable Multicanal de geófonos de 240 m.
- 1 Placa Metálica
- 1 Comba
- Detonantes superficiales.

5.0 INTERPRETACIÓN GEOFÍSICA

El análisis de los sismogramas de refracción permite calcular las velocidades sísmicas y espesores de los diversos medios elásticos atravesados. La precisión de los cálculos depende, aparte de la calidad de las trazas en el sismograma, de los siguientes factores:

- Paralelismo entre la superficie de trabajo y la de contacto en el subsuelo.
- Homogeneidad elástica de cada medio determinado.
- Aumento progresivo de las velocidades en profundidad.

Se deduce que la información de base de un estudio de refracción sísmica, es un conjunto de datos que pueden dividirse en geométricos (espesores) y físicos (velocidades).

El proceso de interpretación se realizó en las curvas Dromocrónicas de doble dirección (perfil - contraperfil) que nos ha permitido construir tres secciones sísmicas 2 longitudinales al curso del río Chinchipe y 1 transversal (ver Láminas Nos. 1, 2 y 3).

Las condiciones elásticas de las rocas se definen por el grado de cohesión de las partículas; por lo tanto, las Velocidades de las ondas están en relación directa con la compacidad de las mismas y cumplen la condición de $V_1 < V_2 < V_3$.

5.1 Perfil Elástico Longitudinal al río Chinchipe A-A' (Lámina N° 1).

Se observa la presencia de tres medios elásticos se ubica en la margen izquierda del río aguas abajo.

Capa Elástica Superficial.- Primer medio está conformada depósitos aluviales (Gravas y conglomerados), con velocidades aparentes que varían de 400 a 450 m/seg y con una velocidad computada de $V_1 = 425$ m/seg. y un espesor que varía entre 1.82 m. en el punto A (borde del río Chinchipe), y 2.27 m. en el punto B (hacia el sector de la trocha carrozable del Puerto Ciruelo).

Capa Elástica Intermedia.- Segundo medio elástico que está determinado por el material de conglomerados más compactos, con velocidades aparentes de 1000 a 1600 m/seg y con una velocidad resultante computada para ese

medio de 1226 m/seg. con espesores de entre 3,9 (A) a 21.46 m. (B) hacia el Sur.

Capa Elástica Profunda .- Tercer medio que corresponde al material compacto de roca sedimentaria, con velocidades aparentes que varían de 3000 a 3500 m/seg y una velocidad resultante computada de $V_3 = 3099$ m/seg. La profundidad a que se encuentra esta capa es la siguiente en el punto A (borde del río) 4.91 m., y en el punto B 23.73 m.

5.2 Perfil Elástico Longitudinal B-B' (Lámina N° 2)

Se ubica en la margen derecha del río Chinchipe en el pilar central del puente proyectado, y se ha determinado la siguiente secuencia de materiales:

Capa Elástica Superficial.- Corresponde al primer estrato con velocidades aparentes de 400 (B) a 1250 (A) m/seg (sector del Pilar Central) y con una velocidad computada para todo el medio elástico de 825 m./seg. corresponde a depósitos Aluviales (conglomerados y gravas) y espesores que varían entre 14.76 m. (A) a 4.61 m. (B).

Capa Elástica Intermedia.- Segundo medio elástico está conformada por el paquete grueso de material conglomerádico mas compacto son depósitos mas antiguos del río. Se ha determinado velocidades aparentes que varía de 1670 a 2100 m/seg y con una velocidad computada de 1867 m/seg y espesores entre 28.22 m. (A) y 20.250 m. (B).

Capa Elástica Profunda.- Tercer estrato correspondiente a la roca sedimentaria (Calizas intercaladas con lutitas y areniscas y algunos niveles de margas), con velocidades aparentes de 3300 a 3500 m/seg y resultando una velocidad computada de 3.372 m/seg. y las profundidades de esta roca desde la superficie varía entre 42.98 m. (A) y 24.87 m. (B) (sector Sur de la línea). El buzamiento de las capas varía de 3.24° a -4.14° .

5.3 Perfil Elástico Transversal C-C' (Lámina N° 3)

Transversal al río Chinchipe e intercepta al perfil B-B' en el punto 30 en el Geófono 15 de la línea L-02 ubicado en la margen derecha, se observan tres estratos bien definidos correspondientes a la siguiente secuencia litológica :

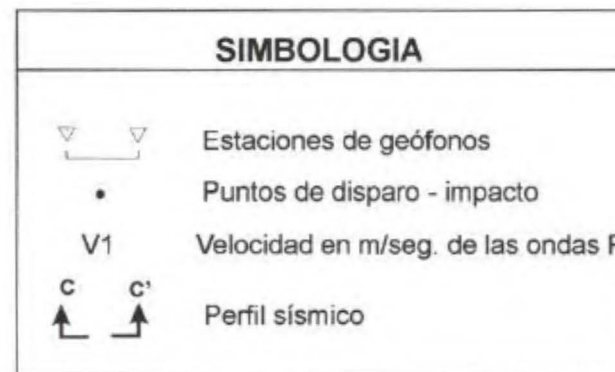
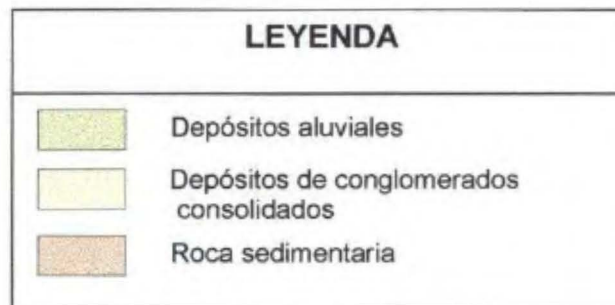
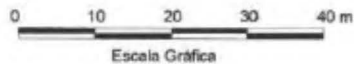
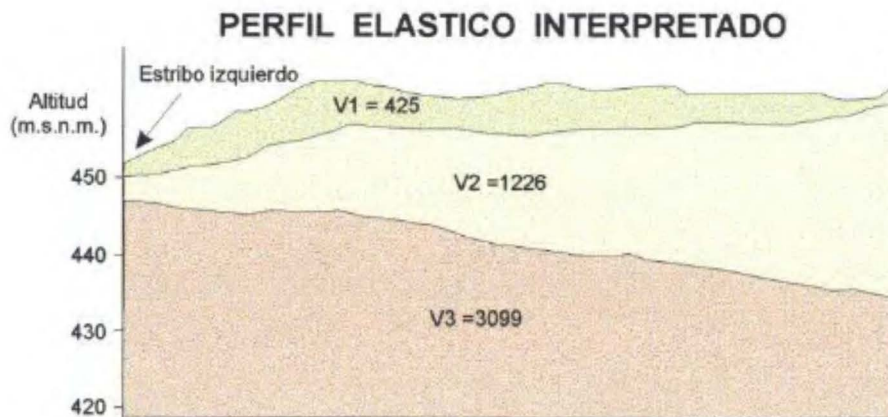
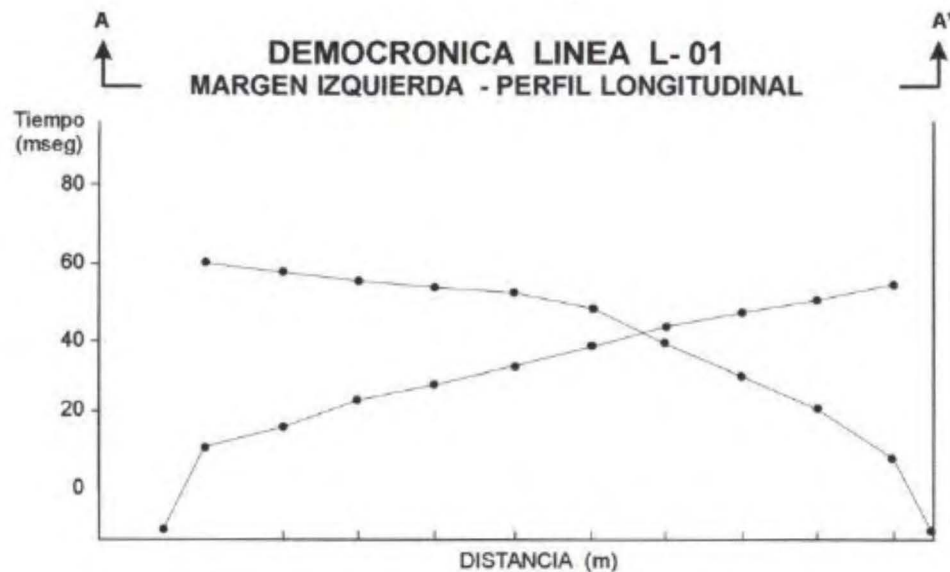
Capa Elástica Superficial.- Con velocidades aparente que varia de 400 a 830 m/seg y una velocidad resultante computada de 615 m/seg, determinado por el material de depósitos aluviales y conglomerados, con espesores entre 6.94 m. (A) a 8.32 m.(B).

Capa Elástica Intermedia.- Con velocidades aparentes de 1250 a 1428 m/seg y una velocidad computada de $V_2 = 1332$ m/seg. corresponde a material de depósitos conglomerádicos más compactos con espesores entre 29.52 a 21.07 m.

Capa Elástica Profunda.- Determinada por la roca dura, con velocidades aparentes de 3000 a 3200 m/seg y con una velocidad computada de $V_3 = 3.084$ m/seg . Se le encuentra a una profundidad de 36.46 (A) a 29.39 (B).

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El comportamiento de los medios elásticos de la zona del Puente Ciruelo nos han mostrado velocidades crecientes $V1 < V2 < V3$ y varían de acuerdo al grado de compactación de sus constituyentes, desde :
400 - 1250 m/seg. Conformado por depósitos Aluviales (Conglomerados y gravas)
1000 - 2.100 m/seg. Material conglomerádico mas compactos, depósitos antiguos.
3.000 - 3.500 m/seg. Roca sedimentaria (presencia de caliza intercalada con lutitas y areniscas con algunos horizontes de margas).
Son valores límites para los diferentes materiales formaciones geológicas presentes en el área de estudio. Se trata en todo caso de sedimentos Aluviales (Conglomerados y gravas) compactos que yacen sobre la roca de basamento.
- En líneas generales en el área central y el estribo derecho se localiza a la Roca desde los 24.98 m encontrándose superficialmente material conglomerádico que en profundidad se hace más compacto debido al aumento creciente de la velocidad de las ondas P a partir de los 20.25 m a 28.22 m.
- En el estribo izquierdo la Roca se muestra casi aflorando en superficie, a una profundidad que varia de entre los 4.91 a 23.73m hacia el Sur de la L-01.(Lámina N°1)
- Si se desea confirmar los datos encontrados sería necesario efectuar perforaciones en la zona de los estribos para comprobación de los materiales existentes y de control , mediante el uso del sistema de perforación de percusión.

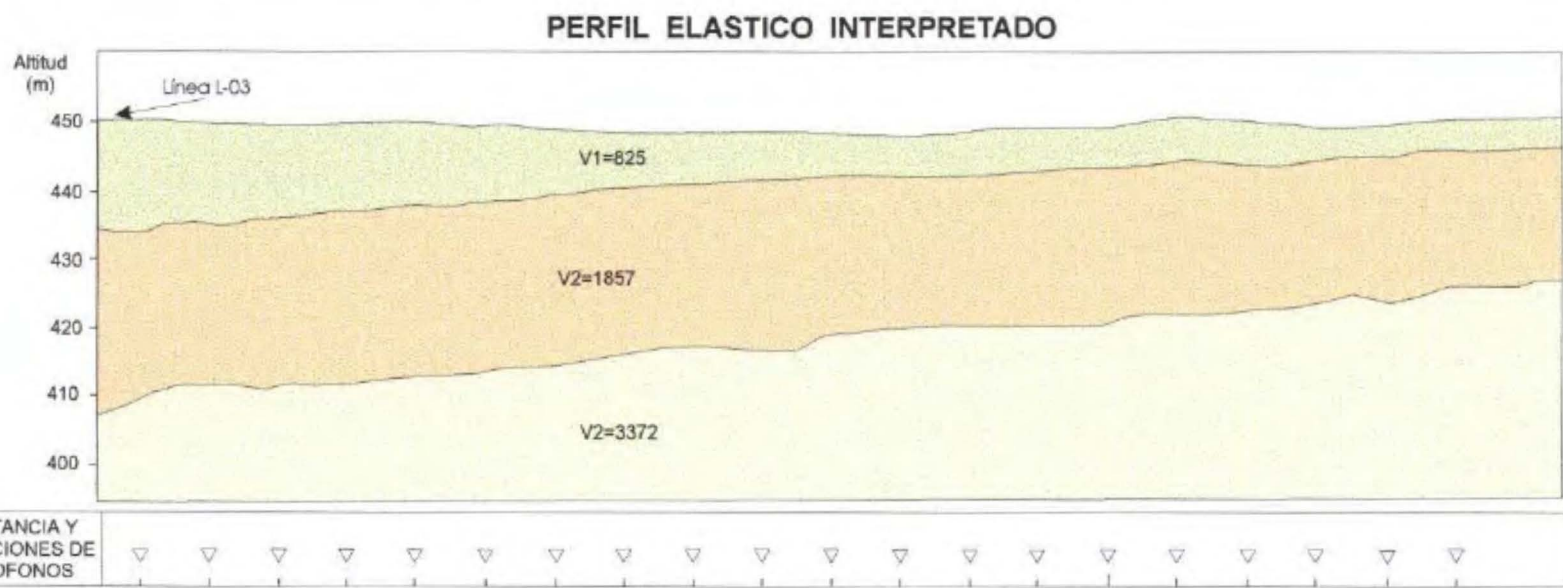
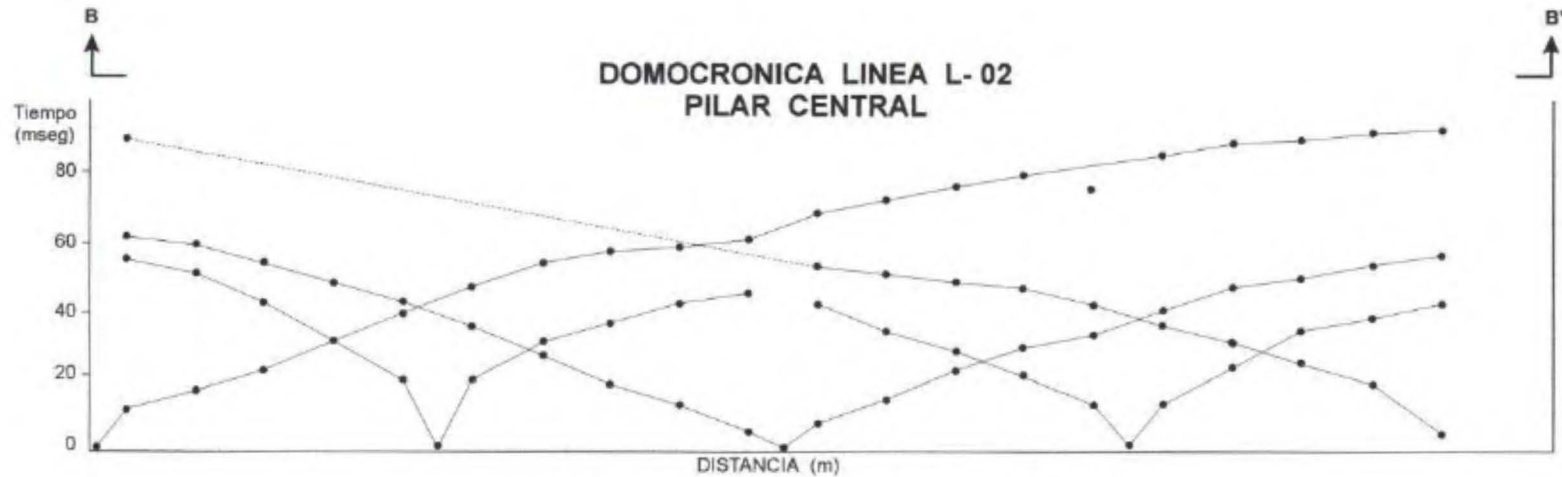


INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
(INGEMMET)
DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA
DIRECCION DE GEOTECNIA

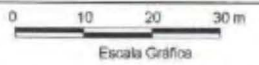
ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA
CONTRATO INGEMMET - JACK LOPEZ INGENIEROS S.A.

PUENTE CIRUELO
PERFIL LONGITUDINAL A-A'

Autor : Walter Pari P.	Revisado: Antonio Guzmán M.	Dibujado: Segundo Núñez
Escala referida	Fecha: Noviembre 1999	Lamina: N°1



LEYENDA	
	Depósitos aluviales
	Depósitos conglomerados consolidados
	Roca sedimentaria



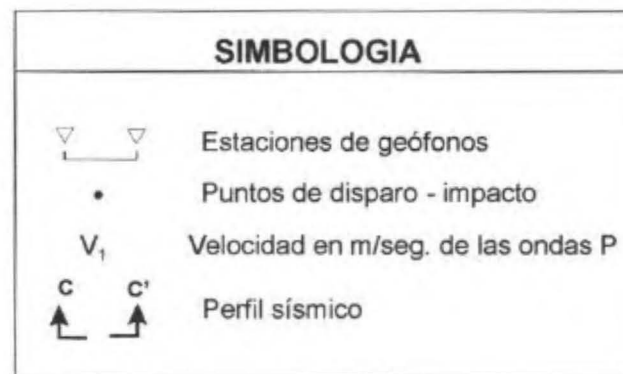
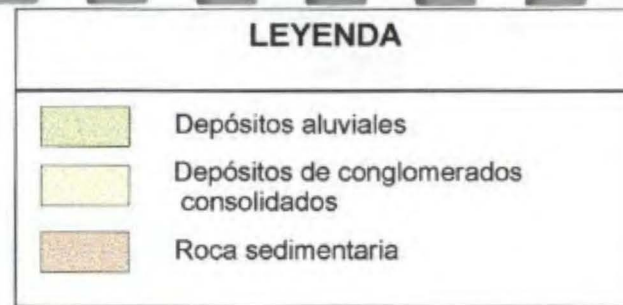
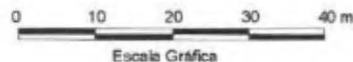
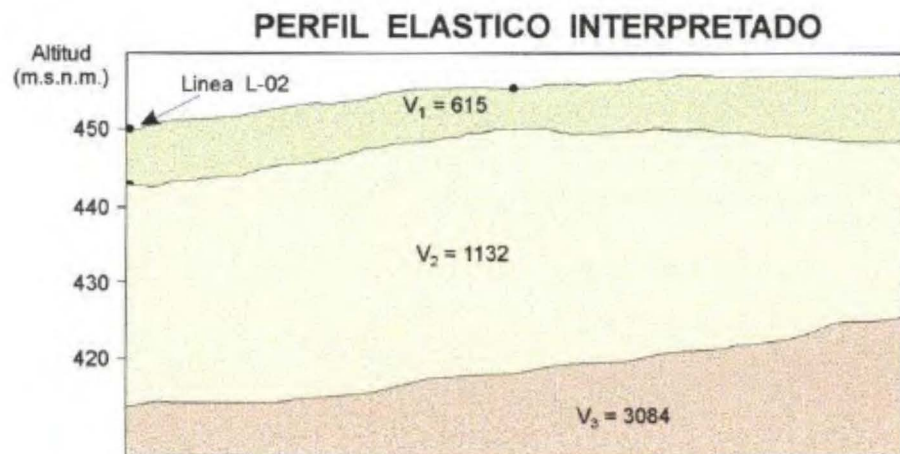
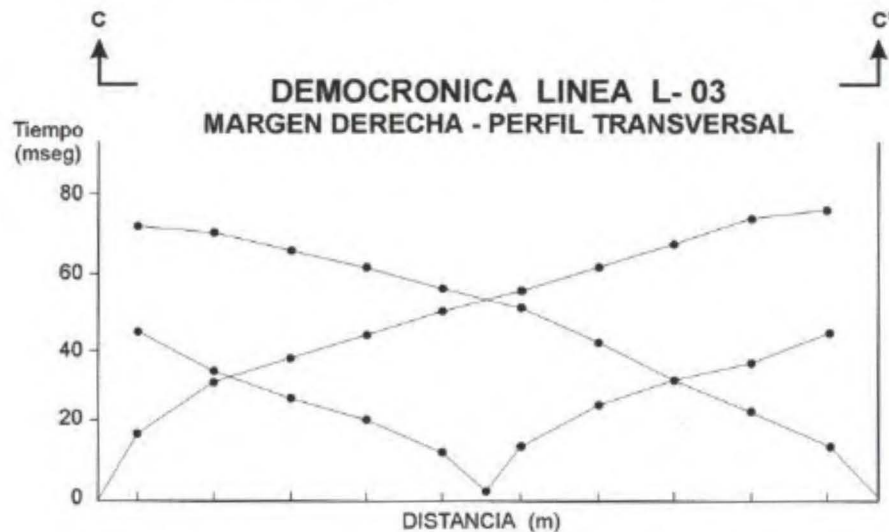
SIMBOLOGIA	
	Estaciones de geófonos
	Puntos de disparo - impacto
V1	Velocidad en m/seg. de las ondas P
	Perfil sísmico

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
(INGEMMET)
DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA
DIRECCION DE GEOTECNIA

ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA
CONTRATO INGEMMET - JACK LOPEZ INGENIEROS S.A.

PUENTE CIRUELO
PERFIL LONGITUDINAL B - B'

Autor : Walter Pari P.	Revisado: Antonio Guzmán M.	Dibujado: Segundo Núñez
Escala referida	Fecha: Noviembre 1999	Lamina: N°2



INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO (INGEMMET) DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA DIRECCION DE GEOTECNIA		
ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA CONTRATO INGEMMET - JACK LOPEZ INGENIEROS S.A.		
PUENTE CIRUELO PERFIL TRANSVERSAL C-C'		
Autor : Walter Pari P.	Revisado: Antonio Guzmán M.	Dibujado: Segundo Núñez
Escala referida	Fecha: Noviembre 1999	Lamina: N°3