

Estudio sismográfico del túnel de conducción a Central Hidráulica y Chimenea de equilibrio - aprovechamiento Hidroeléctrico Agua del Toro

(Continuación del número anterior)

Ing. Jorge Lázaro González⁽¹⁾
Ing. Mario Carlos Vacirca

RESUMEN

El presente trabajo está basado en la aplicación de las fórmulas simples de la propagación de ondas elásticas de la teoría de la elasticidad y de la comparación de los valores obtenidos con ensayos de gran placa realizados en túnel de Agua del Toro.

El objetivo del mismo fue determinar el espesor de la corona descomprimida que se estimaba para la aplicación de la Fórmula de Marco Lelli, donde el espesor se estimaba en base al diámetro de la abertura (túnel y chimenea de equilibrio) la medición resultó inferior a dicha estimación por lo que se ahorraron alrededor de 30.000m de perforación en roca para consolidación de la misma y más de 2.000 tn. de cemento e hierro en la construcción del revestimiento del túnel y de la chimenea de equilibrio.

Hoy, a más de 15 años de inaugurada la obra, el túnel y la chimenea de equilibrio, ambos trabajan normalmente.

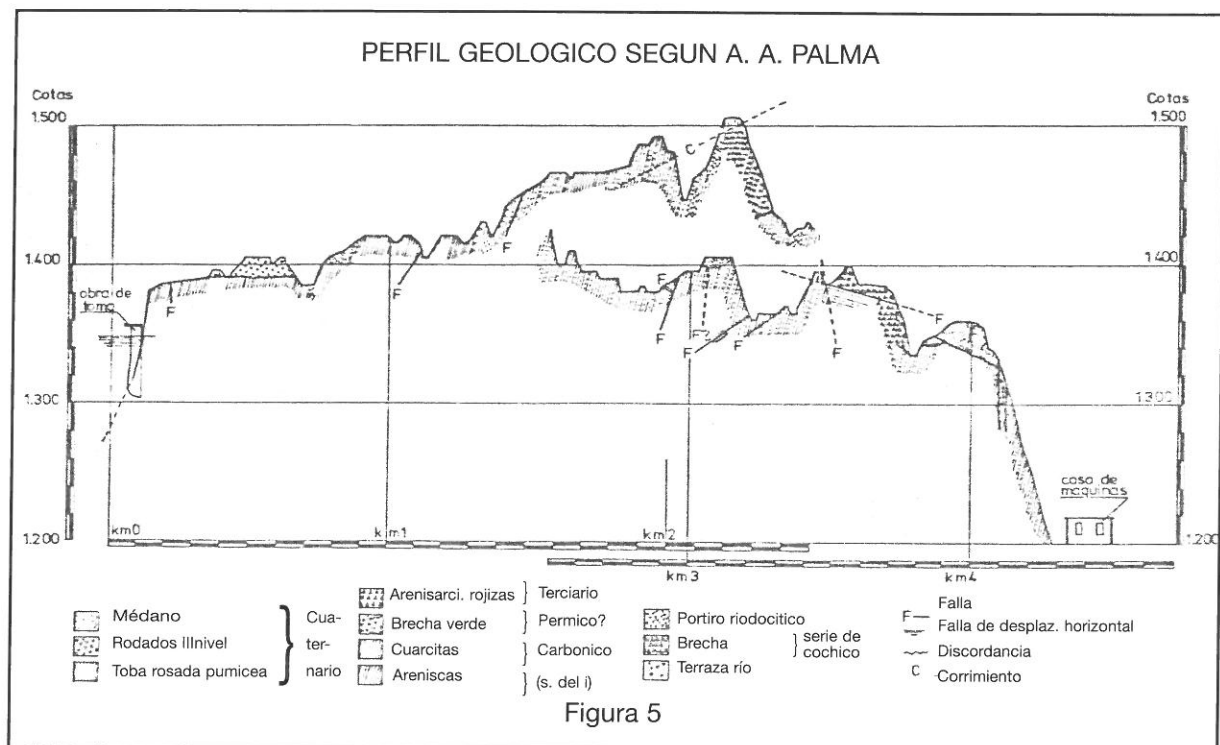
ABSTRACT

This document is based on the application of simple formulas of the elastic wave propagation from the theory of elasticity and the comparison of the obtained values with tests of great plate carried out in Agua del Toro tunnel.

Its aim was to determine the thickness of the uncompressed crown considered for the application of Marco Lelli formula: where the thickness was calculated according to the opening diameter - equilibrium surge chamber y tunnel. The measurement resulted inferior to that estimation and thus it was saved nearly 30,000m. of rock drilling for its consolidation and more than 2,000 tn. of cement and iron in the tunnel coating and surge chamber building.

Now, fifteen years later from the inauguration of the work both the tunnel and the surge chamber are normally operating.

1 - Profesor de la Cátedra Geofísica - Facultad de Ingeniería - U.N.C. Premio "Ing. Eduardo Baglietto", 1978, de la Academia Argentina de Ingeniería por su trabajo de investigación en mecánica de Rocas para la represa Los Reyunos.
N. de R: El autor dedica esta publicación a la memoria del geólogo Dr. Alejandro Aníbal Palma.



6. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo en el interior del túnel y chimenea de equilibrio, fue diagramada en función de las consideraciones teóricas enunciadas y de los objetivos por alcanzar.

Para la determinación en el interior del túnel del módulo de elasticidad dinámico, coeficiente de Poisson y demás parámetros elásticos, se realizaron tramos de registración de 55 m de longitud, empleándose, por posición dos receptores sismográficos, uno de componente horizontal para determinar la velocidad de propagación de las ondas transversales polarizadas (Sh), y otro de componente vertical para definir la velocidad de propagación de las ondas longitudinales (VL).

La longitud del tramo fue definida experimentalmente para asegurar la determinación de las velocidades en el macizo sin decomprimir.

Como equipo de registración se utilizó un sismógrafo del tipo analógico de 24 canales.

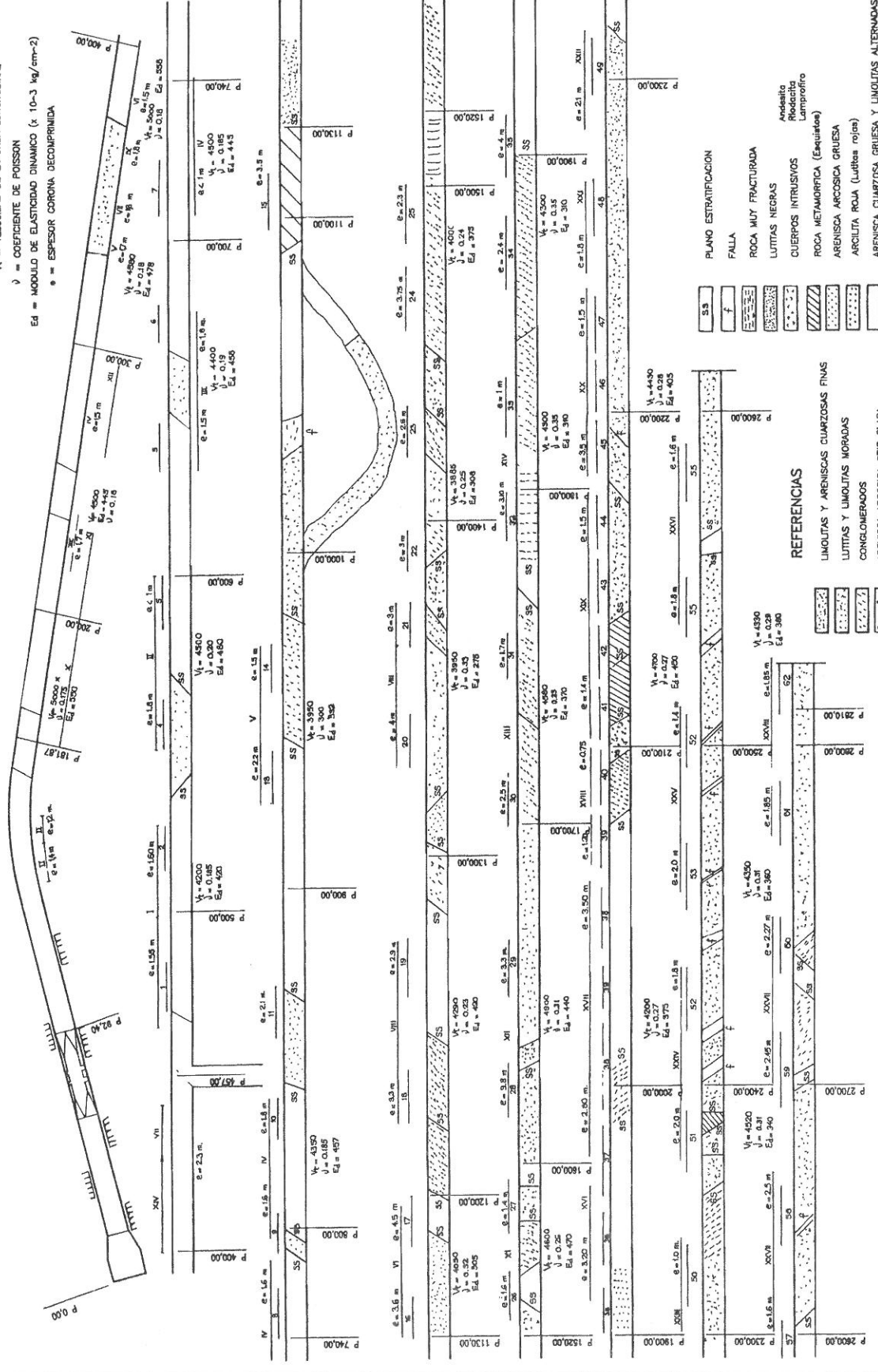
Para la determinación de la corona decomprimida se realizaron (en general superpuestos a los tramos para determinación de parámetros elásticos) tramos de 11 metros de longitud (separación entre receptores sismográficos de 1 metro) para definir con la mayor seguridad posible, las velocidades de propagación de las ondas longitudinales en la corona decomprimida, empleándose en la registración un sismógrafo del tipo analógico de 12 canales con líneas de tiempo cada 1 milisegundo (Ver planos N° 1 y 2).

Como fuente de excitación sísmica se emplearon explosivos convenientemente acondicionados para la generación de ondas transversales.

La interpretación de los resultados para el cálculo de la corona decomprimida se realizó mediante el método denominado de distancia crítica de corte, definiéndose las velocidades mediante el método de sumación de tiempos entre perfil y contra perfil. Se registraron en la galería de presión 58 tramos para parámetros elástico y 126 tramos para la determinación de la corona decomprimida.

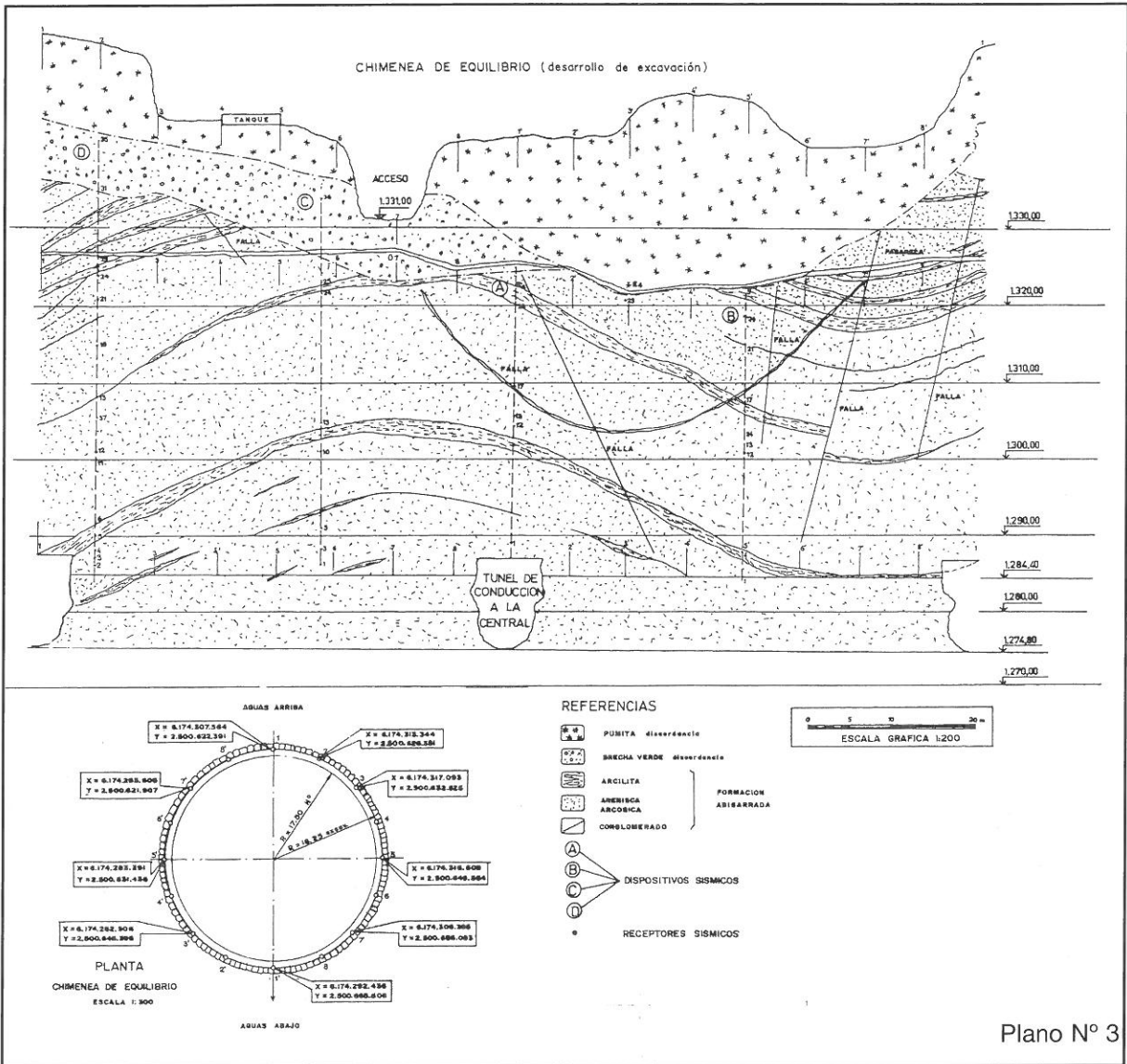
En la chimenea de equilibrio se realizaron 4 tramos verticales de longitud variable a 90° uno de otro

V_L = VELOCIDAD DE LA ONDA LONGITUDINAL
 ν = COEFICIENTE DE POISSON
 E_d = MODULO DE ELASTICIDAD DINAMICO ($\times 10^{-3}$ kg/cm²)
 e = ESPESOR CORONA DECOMPRESIDA



- REFERENCIAS**
- SS: PLANO ESTRATIFICACION
 - f: FALLA
 - ROCA MUY FRACTURADA
 - LUITAS NEGRAS
 - CUERPOS INTRUSIVOS
 - ROCA METAMORFICA (Esquistos)
 - ARENISCA ARCOSICA GRUESA
 - ARCILLITA ROJA (Luitas rojas)
 - ARENISCA CUARZOSA GRUESA Y LIMOLITAS ALTERNADAS
 - CUARCITAS GRANO BLANQUEAS MOTEADAS
 - ARENISCA ARCOSICA GRIS CLARA
 - LIMOLITAS Y ARENISCAS CUARZOSAS FINAS
 - LUITAS Y LIMOLITAS MORDAS
 - CONGLOMERADOS
 - ARENISCA ARCOSICA GRIS CLARA

PLANO N° 1



y 10 tramos superpuestos a los anteriores (Ver plano N° 3).

En todos los casos, para el cálculo de los parámetros elásticos de la corona decomprimida se empleó el mismo coeficiente de Poisson que el determinado para el macizo en la zona investigada.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

a) Galería de presión y tubería forzada:

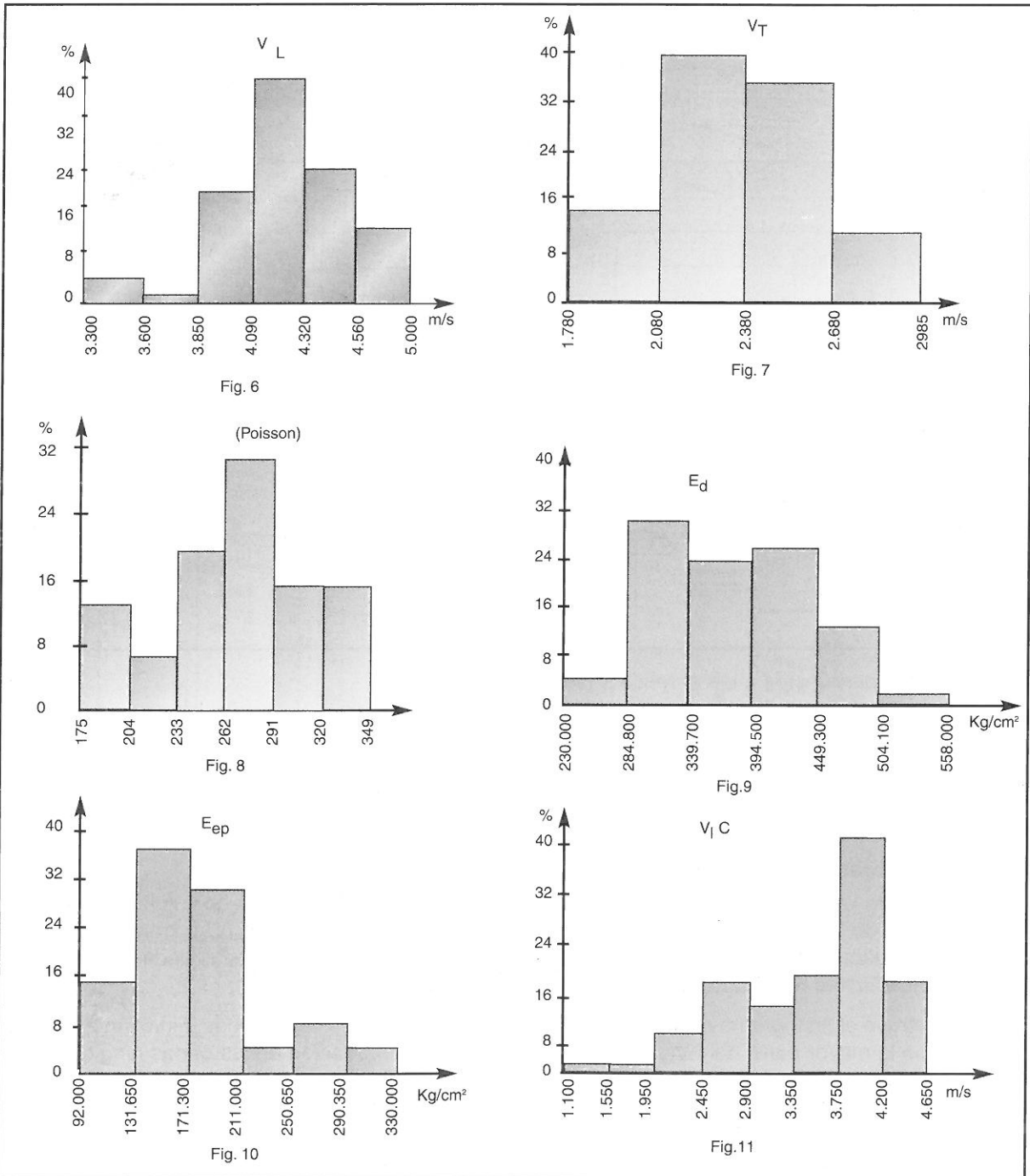
El estudio de las dromocronas correspondientes a los tramos de 55 metros de longitud permitió la determinación de las velocidades de propagación de las ondas longitudinales (VI) y transversales (VT) inherentes al macizo rocoso sin decomprimir. La velocidad de propagación de las ondas longitudinales varía entre límites relativamente amplios (3300 y 5000 m/s).

Se construyó el histograma de frecuencias relativas porcentual de velocidades (Fig.6) en el cual se observa que la mayor parte del túnel posee velocidades de propagación de las ondas longitudinales que varían entre 3850 y 4560 m/s lo que sería indicativo de una buena cuasi isotropía en la mayor parte del macizo excavado; los valores extremos obtenidos corresponden a cuarcitas de muy buena calidad que se encuentran en las cercanías de la obra de toma (entre 4600 y 5000 m/s) y las intercalaciones de lutitas (3300 a 3600 m/s).

Un tratamiento estadístico similar se realizó con las velocidades de propagación de las ondas transversales (V_T) donde el histograma de frecuencias relativas indica que el rango de variación de dichas velocidades es inferior al de las ondas longitudinales (1780-2895 m/s) (Fig. 7). Por ser las ondas transversales menos condicionadas en su propagación por factores como el agua, y aparecer en dicho diagrama que alrededor de 75% del túnel tiene velocidades que oscilan entre 2080 y 2680 m/s, nos estaría indicando más fehacientemente que el macizo rocoso posee una alta cuasi isotropía indicativa de su excelente calidad.

Los valores extremos son coincidentes con lo enunciado para el caso de propagación de ondas longitudinales.

Con los respectivos valores de velocidades de propagación se calcularon los coeficientes de Poisson, el valor medio para la totalidad del túnel es de $\nu = 0,271$ resultando un histograma como el in-



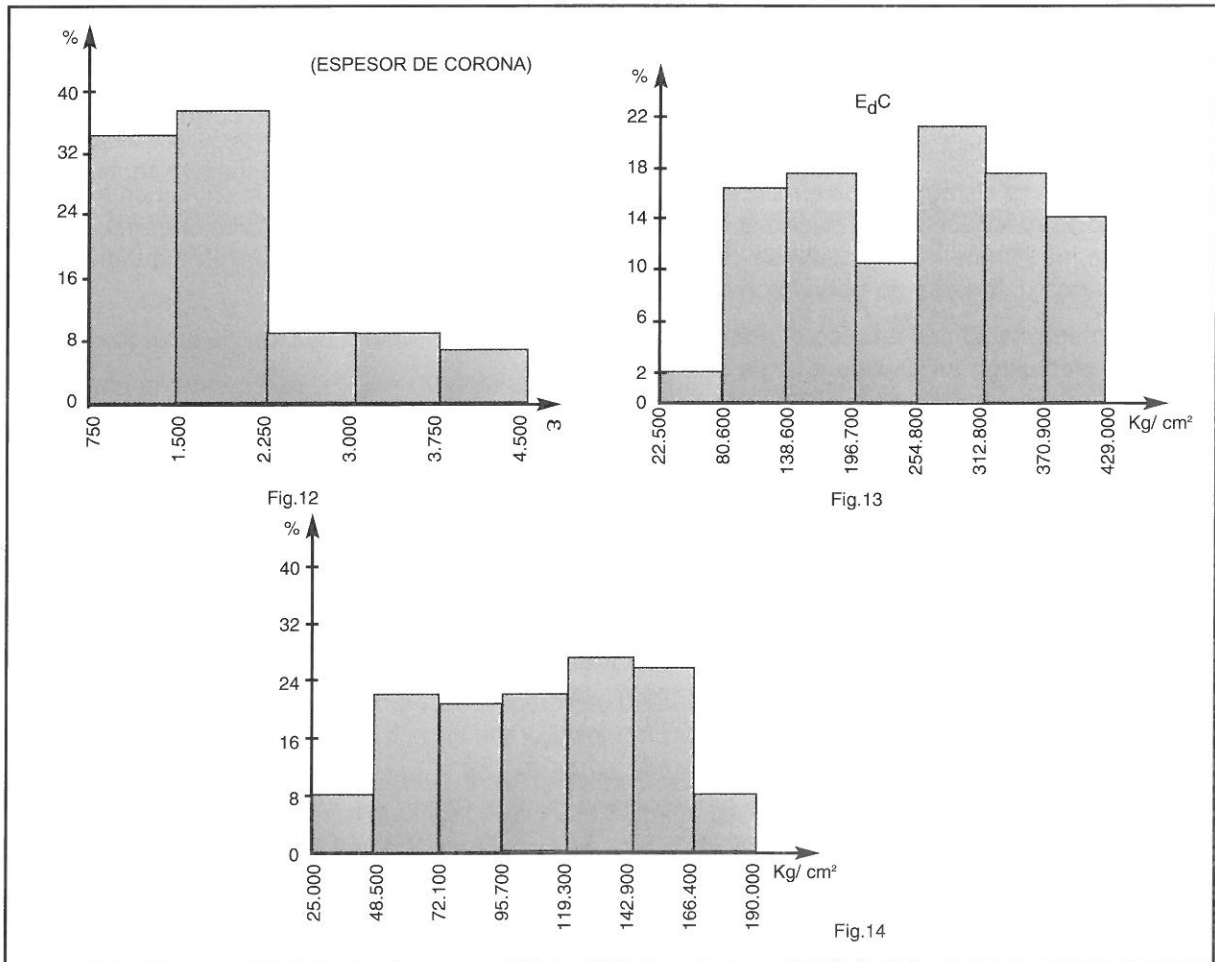
dicado en la Fig. 8.

En él, los valores extremos corresponden a cuarcitas $\nu = 0,175$ y lutitas y zonas de elevado diaclasamiento $\nu = 0,349$.

Con los coeficientes de Poisson y las velocidades de propagación se calcularon los módulos de elasticidad dinámicos (E_d) cuyo rango de variación se puede observar en el histograma de la Fig. 9. La reducción de dichos módulos a valores estáticos probable (E_{ep}), se realizó utilizando una ecuación de correlación que surge de considerar valores determinados in situ, de módulos de elasticidad por métodos dinámicos y ensayos clásicos de mecánica de rocas. Los valores obtenidos están graficados en el histograma de la Fig. 10.

Con los resultados obtenidos de las dromocronas para dispositivos de 11 metros se ha dibujado el histograma de velocidades de propagación de las ondas longitudinales (VL.C) para corona decomprimida donde el rango de variación es muy amplio, 1100 a 4650 m/s (Fig. 11).

El análisis de dicho histograma nos indica que en la mayor parte del túnel las velocidades correspondientes a la corona son relativamente cercanas a las velocidades de la roca sin decomprimir, razón por la cual los espesores de la corona (que son función del contraste de velocidades) tienen valores medios inferiores a los 2,25 m; el histograma de espesores está representado en la Fig. 12, donde se puede observar que el 70% del túnel tiene un valor medio de 1,65 metros, mientras que el



valor extremo de 4,5 metros corresponde a zonas de lutitas.

Para el cálculo de los módulos de elasticidad en la corona (E_{dc}) se empleó el mismo coeficiente de Poisson que el obtenido para la roca sin decomprimir, esto es debido a que en los tramos de pequeña longitud (11 metros) no resultó posible discriminar la velocidad de propagación de las ondas

transversales. La reducción del módulo dinámico a módulo estático probable (E_{dpC}) se realizó siguiendo el mismo procedimiento que para el caso de roca sin decomprimir; se han presentado los histogramas correspondientes en las Figs, 13 y 14.

En los planos N° 1 y 2 se han indicado los valores principales correspondientes a velocidad de propagación de las ondas longitudinales, coeficiente de Poisson, módulo de elasticidad dinámico y espesores de corona decomprimida.

b) Chimenea de Equilibrio

En razón de que el número de tramos registrados en la chimenea de equilibrio es pequeño y los requerimientos para el cálculo final del revestimiento exigen un mayor detalle de los resultados obtenidos, se describen a continuación los cuatro tramos registrados con un análisis pormenorizado de cada uno de ellos.

No se ha tomado en cuenta la Pumita, dado que en ella la velocidad de propagación de las ondas sísmicas es relativamente baja y el correspondiente coeficiente de absorción de energía es elevado, por lo que la señal sísmica se atenúa rápidamente.

Los perfiles se han ubicado aproximadamente a 90° entre sí según puede observarse en el plano N° 3.

Los dispositivos A y B están formados por 3 tramos cada uno; dos de ellos denominados cortos, con separación entre receptores variables entre 0,90 y 2 metros, mientras que el dispositivo largo abarca los dos tramos cortos, pero el distanciamiento entre receptores sismográficos es variable entre 2 y 5 metros. Los dispositivos C y D están formados por cuatro tramos, tres cortos y uno largo, con disposiciones similares a los dispositivos A y B.

Los receptores sismográficos en todos los casos fueron fijados a la pared de la chimenea mediante expansores roscados tipo Hilty con el objeto de asegurar un óptimo acoplamiento entre receptor y terreno. En los puntos de explosión se colocaron cargas relativamente pequeñas, en algunos casos solamente con detonador se obtuvieron registros de buena calidad.

En la interpretación se empleó el método de sumación para la determinación de las velocidades reales; se efectuaron análisis de energía sísmica.

Dispositivo Sismográfico "A"

Ubicado en coordenadas $X = 6.174.292,436$ e $Y = 2.500.655,608$. Está subdividido en los tramos AI de longitud 16 metros y el AII de 15 metros; el tramo A tiene 32 metros de longitud.

TRAMO AI: Presenta una velocidad media para la roca de 3200 m/s; debe destacarse que desde el receptor sismográfico 8 y hasta el N° 12 comienza una disminución gradual de la velocidad, hecho que se observa tanto en el perfil como contraperfil; esta variación de velocidad se atribuye a la existencia en la zona de una intercalación de lutitas.

El espesor de la corona decomprimida es del orden de 3 a 5 metros, pero debe destacarse que las variaciones de velocidad entre la probable corona decomprimida y la roca "inalterada" no es significativa (del orden de los 600 m/s).

El módulo de elasticidad dinámico que se calcula para las areniscas es de 200.000 kg/cm² para un coeficiente de Poisson $\nu = 0,30$. Con módulos calculados se adopta un coeficiente de reducción $\frac{E_d}{E_e} = 2,28$ lo que arroja un módulo de elasticidad estático probable de 85.000 kg/cm².

En la zona comprendida por los receptores 8 a 17 de este dispositivo (zona de lutitas) el módulo de elasticidad dinámico calculado es de 85.000 kg/cm². El módulo de elasticidad estático probable para esta última zona es inferior a los 15.000 kg/cm².

TRAMO AII: Es similar al tramo AI aunque de menor longitud. Los valores registrados de velocidad y, por ende, de módulos de elasticidad, son similares a los obtenidos en el dispositivo AI. En la dromocrona correspondiente se puede observar que en la iniciación del perfil como en la finalización del contraperfil (zona comprendida entre receptores 13 y 17) se produce un hecho similar al correspondiente a los receptores 8 a 12 del tramo AI.

TRAMO A: O tramo largo, abarca a los dos tramos anteriores; tiene una longitud total de 32 metros.

De la información obtenida en campaña puede observarse que las velocidades registradas son mayores que en los tramos AI y AII, este incremento de velocidad es originado por una mayor profundización del frente de onda sísmica, lo que resulta indicativo de un mejoramiento de la calidad de la roca hacia el interior del macizo.

Si bien el incremento de velocidad no es significativo, los valores de los módulos de elasticidad calculados son ligeramente superiores a aquellos calculados en los tramos AI y AII.

En la zona de la chimenea comprendida entre cotas 1288 y 1299,80 el valor de módulo dinámico calculado es de 270.000 kg/cm²; a partir de la cota 1310,80 hasta la 1321, el valor obtenido es de 230.000 kg/cm². Esta disminución de módulo dinámico es congruente pues existe una decompresión natural del macizo a medida que aumenta su cota.

En la zona comprendida entre cotas 1300 y 1308,8 la velocidad es significativamente menor; esto confirma lo observado en los tramos cortos y originado por la intercalación de lutitas.

Los módulos estáticos probables calculados para cada una de las zonas en que se puede subdividir el dispositivo son:

Zona 1: comprendida entre cotas 1288,95 y 1299,85; $E_{ep} = 120.000 \text{ kg/cm}^2$; Zona 2 entre cotas 1300 y 1310 E_{ep} menor de 20.000 kg/cm² y para el resto del dispositivo 95.000 kg/cm².

Dispositivo B:

Ubicado en coordenadas $X = 6.174.283,391$ e $Y = 2.500.631,436$.

Está constituido como en el caso del dispositivo A por tres tramos; dos cortos denominados BI y BII y uno largo denominado B. Este último tramo abarca los dos tramos cortos.

TRAMO B: Registrado entre cotas 1284,96 y 1301,11 presenta 2 zonas bien marcadas; una comprendida entre receptor 1 y 4 correspondiente a una zona con intercalación de lutitas con una baja velocidad relativa del orden de: 1600 m/s, para luego hasta el final del tramo, continuar con una velocidad relativamente elevada de 3400 m/s.

La dromocrona correspondiente a este tramo no presenta alteraciones significativas hasta el final de tramo, lo que sería indicativo de una homogeneidad de la roca.

Los módulos dinámicos para este primer tramo son: zona comprendida entre receptores 1 a 4 $E_d = 50.200 \text{ kg/cm}^2$; para el resto del tramo $E_d = 225.000 \text{ kg/cm}^2$ lo que indica módulos estáticos probables de menos de 20.000 kg/cm² para la primer zona y de 98.000 kg/cm² para el resto del tramo.

TRAMO BII: Registrado entre cotas 1302 y 1318,50. Desde el comienzo del perfil en el receptor 13 se manifiesta una pérdida de velocidad asociada con una intercalación de lutitas, para luego continuar con una velocidad superior hasta el receptor 21 a partir del cual se produce una brusca disminución de velocidad de propagación hasta el final del tramo. La primer zona comprendida entre cotas 1302,2 y 1305, como la última comprendida entre cotas 1315 y 1318 presenta velocidades del orden de 1500 m/s correspondiente a un módulo dinámico de 45.000 kg/cm² y un estático probable

Eep menor de 20.000 kg/cm². La zona intermedia, comprendida entre cotas 1305 y 1315 el módulo dinámico es de 140.000 kg/cm² y el módulo estático probable Eep 60.000 kg/cm².

TRAMO B: Abarca los dos tramos anteriores; confirma los resultados obtenidos con los tramos cortos BI y BII. Las velocidades que se obtienen son mayores que en los tramos cortos, pero no en manera significativa lo que es indicativo de que el macizo no presenta alteraciones de importancia en su interior.

Los módulos dinámicos calculados son, entre cotas 1284,96 y 1289,99 $E_d = 60.000 \text{ kg/cm}^2$; entre cotas 1290 y 1300 $E_d = 265.000 \text{ kg/cm}^2$; entre cotas 1300 y 1315 $E_d = 145.000 \text{ kg/cm}^2$, resultados que son confirmatorios de los obtenidos en BI y BII:

Resultan por consiguiente los siguientes valores de módulo de elasticidad estáticos probables:

cotas 1284 y 1289 menor de 20.000 kg/cm²;

cotas 1290 y 1300, 115.000 kg/cm²;

cotas 1300 y 1315, 60.000 kg/cm².

Dispositivo C: Ubicado en coordenadas $X = 6.174.315,140$ e $Y = 2.500.649,190$.

Está constituido por 4 tramos: 3 cortos de longitud variable denominados CI, CII y CIII y uno largo que abarca a los tramos CI y CII, denominado C.

TRAMO CI: Registrado entre cotas 1286,10 y 1303,65 se observa entre los receptores 3 y 5 un retardo de tiempo indicativo de una zona de diaclasas; a partir del receptor N° 5 la dromocrona no presenta anomalías notables hasta el receptor N° 10 de cota 1301,50 a partir del cual, se comienza a notar una disminución de la velocidad originada por una intercalación de arcilita. La velocidad media a partir del receptor 5 y hasta el receptor 10 es de 3650 m/s lo que arroja un módulo de elasticidad dinámico E_d de 250.000 kg/cm² y un módulo de elasticidad estático probable de 110.000 kg/cm².

A partir del receptor N° 10 la velocidad es cercana a los 2000 m/s que arroja un módulo de elasticidad dinámico de 90.000 kg/cm² y un estático probable inferior a 30.000 kg/cm².

TRAMO CII: Comienza en la cota 1304,75 y finaliza en la cota 1322,22. A partir del receptor 13 comienza una disminución gradual de la velocidad con el incremento de cota; entre cotas 1304,76 y 1314,74 la velocidad media adquiere un valor de 3000 m/s y, a partir de dicha cota, la velocidad disminuye a 2000 m/s. Esta velocidad es acompañada por variaciones en los parámetros elásticos, por lo que el módulo de elasticidad resulta: entre receptores 13 y 19 de 175.000 kg/cm² y el módulo estático probable de 75.000 kg/cm² para los receptores 19 a 24 el módulo estático probable es menor de 30.000 kg/cm².

TRAMO CIII: Registrado entre cotas 1323,26 y 1334,57. Hasta la cota 1326 continúa la velocidad que caracteriza el tramo CII; a partir de dicha cota se produce una brusca caída de velocidad (media de 1400 m/s) que arroja un valor de módulo de elasticidad dinámico del orden de 35.000 kg/cm², por lo que el módulo estático probable es inferior a 15.000 kg/cm².

TRAMO C: Abarca a los tramos CI y CII y confirma las velocidades obtenidas entre los tramos precisados. El módulo de elasticidad dinámico generalizado para la zona del perfil es de 200.000 kg/cm² y el módulo estático probable Eep = 90.000 kg/cm².

Dispositivo D: Ubicado en coordenadas X = 6.174.313,344 e Y = 2.500. 626,551. Está formado por 3 tramos cortos denominados DI, DII y DIII y un tramo largo o tramo D.

TRAMO DI: Registrado entre cotas 1284,48 y 1301,08. Se observa un cambio de pendiente entre los receptores 5 y 6 que está en correspondencia con la intercalación de la lutita; para luego continuar una alta velocidad hasta el receptor N° 11 donde se produce una pequeña zona de debilidad. El módulo de elasticidad dinámico para la zona es de 300.000 kg/cm² y su módulo estático probable de Eep = 135.000 kg/cm². La zona de debilidad originada en las lutitas no es tan marcada como en los casos anteriores.

TRAMO DII: Registrado entre cotas 1308,35 y 1324,66. Se registra una baja velocidad superficial entre los receptores 13 y 18 para luego producirse un incremento notable de la misma hasta el receptor 21, y luego comienza a decrecer hasta el final del tramo. Las velocidades medias para las 3 secciones son: 1700 m/s para la primera; 3300 m/s para la segunda y 1500 m/s para la tercera; indudablemente los módulos dinámicos tanto para la primera como para la tercera son del orden de 50.000 kg/cm² y los módulos estáticos probables son inferiores a los 20.000 kg/cm². Para la parte central comprendida entre cotas 1315 y 1321 el módulo dinámico es de 180.000 kg/cm² y el módulo estático probable Eep = 80.000 kg/cm².

TRAMO DIII: Registrado entre cotas 1326,46 y 1341, 49. Presenta en toda su longitud bajas velocidades de propagación (orden 2000 m/s) y se hace más notable dicha baja velocidad a partir de la cota 1335.

Los módulos dinámicos para esta zona son del orden de 75.000 kg/cm² y los módulos estáticos probables Eep menor de 30.000 kg/cm².

TRAMO D: Está registrado entre cotas 1287,96 y 1321,10. Presenta 2 zonas muy bien diferenciadas que corroboran los datos anteriores. Entre cotas 1308 y 1321 el módulo dinámico global para la zona es de 175.000 kg/cm² y el estático probable Eep = 75.000 kg/cm². La zona comprendida entre cotas 1287,96 y 1305 presenta un módulo de elasticidad dinámico de 235.000 kg/cm² y el estático probable Eep = 100.000 kg/cm².

NOTA: El coeficiente de Poisson con que se han calculado los módulos de elasticidad es de $\nu = 0,30$ aunque en algunas zonas varía hasta 0,35. Este último valor es dudoso.

8. UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos permitieron un control de los espesores de los revestimientos proyectados, como asimismo una estricta vigilancia sobre las inyecciones de consolidación y su presión de inyección.

Las cantidades de lechada de cemento inyectadas en los dos primeros metros de profundidad fueron muy superiores a las insumidas en profundidades mayores.

Como ejemplo práctico se ahorraron 32.275 m de perforación para inyección de consolidación respecto de las previstas en el contrato original, y alrededor de 600 toneladas de cemento.

9. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al equipo de trabajo que colaboró en la realización de las tareas de campaña y gabinete y al Ing. Tomás Fermín Ulzurum por aplicar los resultados obtenidos.

10. Bibliografía

- Bollo, Mariano F.: Resultats des recherches geotechniques sur une serie de sites de barrages. Compte Rendus, 8 Congr. Int. des Grands Barrages. Vol: 1 Edimburgh 1964.
- Coates, D.F.: Fundamentos de Mecánica de Rocas. Editorial Blume, 1970.
- Farmer, I.W.: Engineering Properties of Rocks. Editorial E. y F.N. Spon Ltd., Londres, 1968.
- Habetha, E. y Langer, M.: Der einflub des geologischen Aufbaus des Untergrundes auf Druckwellenaus breitung und Bauwer sechuterungen. V.D.I. Beriashte Nr. 13-5-89-93.
- Kolsky, H.: Viscoelastic Waves International Simposium on Stress propagation in Material. 1960.
- Kujunzic, B.: Correlation between static and Dinamics investigation on rock in situ. Elastics, property of DAM foundation Rock. Inter. Congr. of Larg. DAM Edimburgh, 1964.
- Rousell, J.M.: Etude Theorique et experimentale du module dinamique des Massifs rocheux. Revue de L'Industrie Minerale, agosto de 1968.
- Schneider, B.: Moyen Nouveaux de reconnaissance des massifs rocheux. Annales I.T.B.T.P. Julio y agosto de 1967.
- Stagg y Zienkiewicz, O.C.: Rock Mechanics in Engineering Practice. Ed. John Wiley, 1968.
- Timoshenko, S. y Young, D.H.: Vibration problems in Engineering. D. Van Nostrand Co, 1955.
- Youash Younathan: Dinamic phisical properties of rock. The University of Texas, 1964.

SISTEMAS VISUALES

Distribuidor Oficial **3M** ARGENTINA

VENTA Y ALQUILER

jt JOSE B. TAPIA S.R.L.
SERVICIO TECNICO

LAS MEJORES MARCAS

IBM - OLIVETTI - SHARP - BEE
HEWLETT PACKARD - EPSON
JVC - PANASONIC - LANIER

bee intel

Adolfo Calle 696 - 5519 Dorrego - Guaymallén - Mendoza
Tel y Fax 061 312004 / 321606
Correo electrónico (Email): jt@cpsarg.com