

APRECIACION GEOLOGICA

DEL TUNEL PROYECTADO POR LA CIA. DE ENERGIA EL.
EN EL SALTO DE TEQUENDAMA (con un perfil y una
columna estratigráfica)

El túnel en cuestión tiene 1700 m de longitud y se construirá comenzando por los 2 extremos y teniendo como posible un tercer punto de avance desde la zona del hotel del Salto.

ESTRATIGRAFIA. - Las formaciones que cruza el túnel son:

- 1) Cuaternario
- 2) Piso de Guaduas (Terciario inf.)
- 3) Piso de Guadalupe (Cretáceo sup.)

El Cuaternario está representado por masas inconsolidadas, compuestas de bloques de arenisca acantilados hasta redondeados, colocados entre una matriz arcillosa, o areno-arcillosa, o puramente arenosa. Para el túnel son de importancia únicamente las masas cuaternarias en la zona del desarenador y en la zona del castillo de agua.

Del piso de Guaduas sólo interesan los 20 m de la base; estos sedimentos se hallan descritos en la columna estratigráfica adjunta (1:100). Hay que advertir que estos sedimentos, a pesar de ser preferentemente arcillosos, son de gran resistencia en un túnel, debido a que están reforzados por láminas y franjas de arenisca y a que forman una masa compacta. La descomposición es muy lenta, según se observa en los cortes de la carretera y del F.C. y en los zanjoncitos que caen a la carretera abajo del Salto. Esta cualidad es importante porque el carácter ligeramente piritoso que tienen las arcillas esquistosas podría indicar una disgregación rápida.- Los niveles del piso que cruza el túnel son bien impermeables.

Según el actual nivel, la mayor parte del túnel parece desarrollarse en la parte más alta del piso de Guadalupe, formada de bancos de arenisca semidura. Esta roca es favorable para la construcción de túneles cuando yace horizontal, debido a su homogeneidad y resistencia. Cuando esta arenisca se halla con inclinación de más de 10 a 15 grados, acostumbra resquebrajarse y con frecuencia se vuelve arenosa. Además suele haber bancos de esta arenisca que son blandos, como el que asoma dentro del conjunto en cuestión en la carretera del Salto, abajo del ramal del castillo de agua.- La arenisca debe considerarse permeable, tanto en lo que atañe a las capas blandas como por razón del agrietamiento burdo y de los intersticios que se hallan entre uno y otro banco.

El horizonte de los plaeners que yace bajo estas areniscas está formado de banquitos de arenisca en alternación con esquistos arcillosos. Esta peña es resistente y poco permeable.

CONDICIONES TECTONICAS. - Las secciones descritas de los pisos de Guaduas y Guadalupe yacen horizontales hasta aproximadamente horizontales en una muy grande extensión del túnel proyectado. Esta posición

es favorable, sobre todo teniendo en cuenta que el plegamiento afloja la constitución natural de los sedimentos, agrietando las areniscas del Guadalupe y abultando las arcillas del bajo Guaduas.

Los plegamientos leves que se observan son:

- 1) el anticlinal de la "Presa" situada arriba del Salto de Tequendama;
- 2) el anticlinal del "Hotel" del Salto;
- 3) el anticlinal de la "Planta", del cual sólo interesa el flanco oriental en la zona del castillo de agua.

Entre estos anticlinales se intercalan dos sinclinales.

El anticlinal de la "Presa" es muy suave; sólo en el eje las capas se inclinan, con 5 hasta 10° . Debido a que es onduloso, su rumbo no se deja precisar bien; en lo general es S-N. El túnel comienza en el eje de este pliegue y sigue diagonalmente a él, entrando pronto en capas horizontales hasta prácticamente horizontales de la zona del sinclinal pando que sigue al Oeste. Parece que este sinclinal esté levemente afectado por una ondulación anticlinal de rumbo N-S que va de la cabeza del Salto hacia los socavones de Calvo. Sin embargo parece tratarse de un pliegue inestable que no se ha tenido en cuenta en el perfil adjunto.

Siguiendo al Oeste, el sinclinal traspasa a un anticlinal de rumbo general N-S con caída axial al Sur. Este es el anticlinal del Hotel; pasa poco al Oeste del hotel del Salto. Su flanco oriental, visto en la carretera y en la carrilera es suave y onduloso; el flanco occidental, cerca de la cresta y en la carretera, ofrece inclinación de 60° hasta 30° ; pero a los 30 m ya su buzamiento disminuye a menos de 5° volviéndose horizontal en el sinclinal subsiguiente. El eje de este sinclinal se halla desplazado hacia el pié del anticlinal de La Planta, a juzgar por las condiciones de la carretera.

Por fin, el flanco oriental del anticlinal de La Planta presenta en la zona del castillo de agua un tendido que buza con 30 hasta 27° . Su rumbo es N-S con pocos grados de desviación al Occidente.

APRECIACION DEL TRAZADO DEL TUNEL

Sección inicial del túnel (véase perfil A-B).

El trayecto inicial del túnel y el desarenador están cubiertos por Cuaternario, depositado en una hoya erosiva sobre el flanco occidental del anticlinal de La Presa. La magnitud del Cuaternario parece considerable, a juzgar por el hecho de que el lado W del muro de la presa no pudo fundarse en la roca; además una perforación hecha en ese punto no parece haber encontrado la roca hasta los 14 m. A base de estos datos y teniendo en cuenta los afloramientos y las condiciones erosivas en la vecindad, se ha trazado la sección A-B del perfil. Según estos datos, el desarenador quedaría en parte en el Cuaternario cuya matriz es arenosa en la parte alta y arenosa-arcillosa en la parte baja.

Los bloques y su encajamiento indican una buena estabilidad de los cortes que se reforzarán con muros de concreto. Es notable la impermeabilidad de esta formación, según lo muestra el pozo hecho al lado de la presa. El peligro de deslizamiento en esta masa de bloques, al nivel del desarenador, es improbable, porque ahí la masa está encajada entre el piso de Guadalupe; la parte alta, encima del desarenador, necesitará mejor refuerzo.

Se juzga que la parte posterior (NW) del desarenador ya quede en las areniscas del Guadalupe que ahí probablemente no están resquebrajadas, dada su inclinación suave y considerando que dichas capas no han sufrido resquebrajamiento notable en el afloramiento axial de la ribera derecha del Bogotá.

Con el fin de aclarar las condiciones geológicas en el extremo NW del desarenador y en los primeros 50 m del túnel, se está haciendo un pozo de ensayo en el zanjón que cruza la parte inicial del túnel.

Según se desprende del pozo de ensayo al lado de la presa, el desarenador, aun en el caso de que el Cuaternario fuere más profundo de lo presupuestado, queda en un lecho firme y lo mismo vale con respecto a la primera sección del túnel (A-B), dado el caso improbable de que el Cuaternario llegara ahí hasta esa profundidad. Si esta sección entra al piso de Guadalupe, debe encontrarlo sano; el peligro de afluencia de agua probablemente no se presentará, porque se trata de una zona anticlinal.- Ya debajo de la carrilera del F.C., el túnel está en roca. La masa de acarreo, según cortes en la mina de carbón de los Sres. Calvo no afecta el trazado del túnel.

Sección B-C del túnel.

1) Trayecto desde el punto B (52 m) hasta 700 m.

Para calcular la profundidad a que se halla el piso de Guadalupe en esta sección se tuvo en cuenta la magnitud del piso de Guaduas entre el manto de carbón (y capas características intermedias) y la superficie del piso de Guadalupe (véase perfil estratigráfico). Además se han aprovechado los socavones de la mina de los Sres. Calvo.

Conforme a estos datos el túnel avanza por la arenisca de Guadalupe, cerca a su superficie, desde el punto B hasta los 400 m. Ahí debe comenzar a entrar al piso de Guaduas, en la forma como se ha diseñado en el perfil, pero debido a que la magnitud de la sección medida en el piso de Guaduas no es estable, puede ser que el túnel entre ya antes o después de los 400 m al Guaduas.- La roca, sea la de Guaduas o la de Guadalupe, debe estar firme conforme a su posición casi horizontal; si el ligero lomo (anticlinal), presente en la mina de carbón, se reflejara en el Guadalupe, probablemente no logra aflojar la consistencia de la roca.

Debido a que las capas se inclinan desde B hacia la marca de los 400 m del túnel, es de suponer que hacia los 400 m se presente afluencia de agua de roca dentro del piso de Guadalupe. Si la cantidad fuera importante, habrá que recurrir a un socavón auxiliar que avance desde la entrante del precipicio del Salto (al NE del hotel) hacia la línea del túnel y avance de ahí por la línea adoptada en dirección hacia el desarenador.

El declive que sigue de los 400 hasta los 700 m de longitud del túnel, conforme a las observaciones del sinclinal y de las medidas del mantito de carbón de $0,13\frac{1}{2}$ cm en la línea del F.C., indica claramente que el túnel debe entrar a la parte más baja del piso de Guaduas. El escaso declive implica que el paso al Guaduas sea lento (véase perfil entre 400 y 700 m). Dado este caso y el peligro de agua que ofrece el piso de Guadalupe se recomienda colocar la base del túnel a 2 m encima del nivel indicado en el perfil (partida: 7 m debajo del nivel de la corona de la presa) y reducir la caída de un 6/oo a un 4/oo. Así se logrará mayor extensión del túnel en la parte baja del Guaduas cuyas capas, aparte de ser tenaces y resistentes, son impermeables.

2) Trayecto de 700 m al punto C (1250 m ±)

En este trayecto se cruza el anticlinal del hotel. Es probable que no haya agua, pero el pliegue implica que las capas de Guaduas hayan perdido algo su consistencia por abultamiento y que las areniscas del Guadalupe se hallen medianamente resquebrajadas, sobre todo en el flanco occidental que es más erguido. Si ésto es el caso, habrá que torcretizar la roca del túnel. El peligro de deslizamiento que se presentó más al Norte de la línea del túnel, durante la construcción del hotel del Salto (avance del piso de Guaduas en la superficie del piso de Guadalupe), y que se halla detenido desde entonces, no es temible, dada la distancia a que el túnel se halla de la superficie y del hotel.- Se juzga posible que sobre el eje del anticlinal, hacia el flanco occidental, ocurra un sobreescurrimiento que puede haber alojado el Guaduas y el Guadalupe más de lo normal. Queda entendido que en dicho punto habrá necesidad de refuerzo.

En el mapa se ha indicado la travesía del túnel en este trayecto por los pisos de Guaduas y de Guadalupe. Hay que admitir que la longitud de travesía por el Guadalupe sea mayor de lo supuesto, porque probablemente el anticlinal es más alto de lo dibujado.

Sección C-D.

1) Trayecto C hasta 1500 m.

Desde el punto C hasta aproximadamente al punto de 1500 m, el túnel cruza el piso de Guaduas que se presenta con poca inclinación (sinclinal) hasta más o menos 1400 m. El túnel se desarrolla en un terreno impermeable y firme. Entre los 1400 y 1500 m, el túnel cruza las capas del Guaduas con inclinación de 20 a 30° al Este, quizá algo aflojadas.

El peligro de que la masa de acarreo de la zona del castillo de agua que se halla en el contacto del Guaduas con el Guadalupe llegue hasta el nivel del túnel, se puede dar por descartado (perforaciones hechas).

2) Trayecto final; 1500 m hasta boca NW del Túnel.

Entre 1500 y unos 1580 m, el túnel pasa por el horizonte de "Areniscas tiernas" del piso de Guadalupe. Debido a la inclinación que tienen, las capas superiores han sido bastante resquebrajadas, según consta del afloramiento y de la perforación N° 1 del lugar. Empero la perforación 2 indica que la arenisca se halla más compactada hacia la profundidad y que por lo tanto el túnel no encontrará dificultades de consideración. Como el túnel sufrirá considerable presión en esta

sección, una vez puesto al servicio, convendrá reforzar la estructura de la roca y ésto se puede lograr muy bien mediante torcretización dada la permeabilidad de la roca.

La sección de los Plaeners con su alternación de capas delgadas de esquistos arcillosos y de arenisca presenta otra vez un terreno sólido. Las experiencias hechas con respecto a este horizonte hacen prever que a lo largo del contacto de las areniscas y de los esquistos haya leve circulación de agua, de manera que es necesario revestir el túnel.

RESUMEN

El túnel atraviesa un terreno favorable en cuanto a trabajos mineros. La roca, tanto la de la base del piso de Guaduas como la de la parte alta del piso de Guadalupe permiten la construcción de un túnel de presión sólido, excepto en los trayectos donde la inclinación de las capas (sobre todo las del Guadalupe) es más fuerte de lo común. Estos trayectos necesitan refuerzo, quizá mediante torcretización.

Con el fin de evitar el peligro de afluencia de agua en el trayecto suroriental del túnel que se desarrolla en la parte más alta del piso de Guadalupe y para aprovechar los estratos favorables de la base del Guaduas, se recomienda levantar el nivel del túnel en 2 m sobre el nivel indicado en el perfil geológico. Esto probablemente hace innecesario el socavón auxiliar de la zona del hotel del Salto.

El revestimiento del túnel es indispensable en todos los trayectos que cruzan el piso de Guadalupe y también donde el túnel está en el piso de Guaduas próximo al piso de Guadalupe. En las demás partes del piso de Guaduas, excepto donde se nota aflojamiento, es probable que no haya necesidad de revestimiento; durante el trabajo de avance se definirá si se necesita el revestimiento.

ANEXOS

A. Castillo de Agua.

La lumbrera del castillo de agua sube por la zona de los Placeros a la arenisca tierna del Guadalupe. En esta arenisca tierna (véase perfil) se puede extender la cámara hacia el Sur, es decir en el sentido del rumbo de las capas. El resquebrajamiento de la arenisca a este nivel no es importante, pero la circulación de agua a que da lugar obliga a torcretizar las paredes y hacer un revestimiento firme.

B. Condiciones de la tubería entre el castillo de agua y la planta.

Perfil croquizado de la línea
de tubería entre el castillo de agua y la planta.

La tubería sigue el declive del piso de Guadalupe en el flanco oriental del anticlinal de La Planta que tiene inclinación de 25 a 30° y que va recubierto de una capa irregular de acarreo que forma una masa grande en la parte baja al Este de la Planta. Los bloques 1 hasta 5 van apoyados en la roca del piso de Guadalupe, en condiciones favorables. Debe tenerse en cuenta que la tubería baja por una saliente de roca a cuyos lados se hallan pequeñas hoyas erosivas cubiertas de acarreo. Como dichas hoyas se apartan hacia abajo, sólo el bloque 2, colocado en la carretera en una zona bastante arcillosa, se halla en te-

rreno menos estable y necesita fundarse más profundamente que los demás bloques. Los bloques 3, 4 y probablemente el 5 van apoyados en bancos sólidos de arenisca. En el bloque 5 se está haciendo el cateo para destapar la roca.

El bloque 6 está en un acarreo sólido formado de bloques de arenisca con matriz arenosa hasta arenosa-arcillosa.

La mesa de acarreo en que va afirmado el bloque 6 no se puede tajar hacia el actual casino para los fines de la nueva planta, porque está colocada hacia el Sur sobre un plano esquistoso con inclinación oriental. Al hacer el tajo sobreviene el peligro de deslizamiento de la masa a lo largo de la superficie esquistosa y en dirección a la planta.

Bogotá, Junio 25 de 1937

H. Hubach