

# TUNEL EN EL CANAL PRINCIPAL DE PRESA "MADERO"

POR EL INGENIERO ERNESTO BIESTRO M.

Este túnel está situado entre el Km. ... O + 936.56 y el Km. 1 + 500 del Canal Principal, que se inicia en la obra de toma de la presa "Madero", en el Municipio de Huichapan del Estado de Hidalgo.

Longitud: 563.44 m.

Pendiente: 0.0005.

Curvas: No tiene.

Clasificación: Túnel proyectado para trabajar como canal con 1.70 m. de lámina de agua.

Sección terminada: piso horizontal de 3.00 m. de ancho, paredes verticales de 1.50 metros de altura y clave semicircular de 1.50 m. de radio.

Método de excavación: Ataque en dos frentes a sección completa.

Clase de revestimiento: Sólo se revistió con mampostería y concreto un tramo de unos 12 metros, quedando el resto sin revestir.

Iniciación: Excavación: 21 de diciembre de 1939.

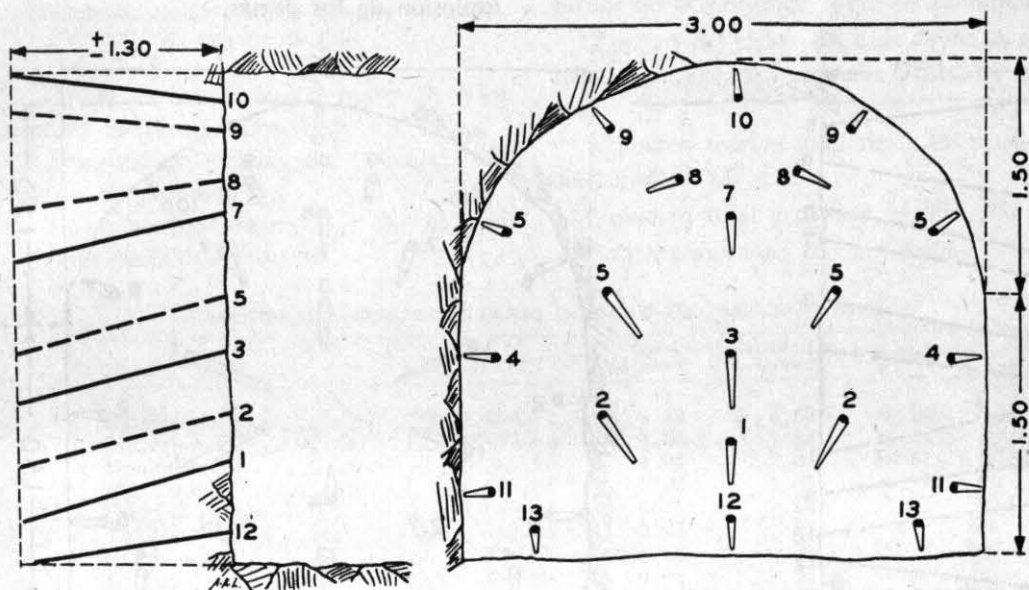


FIGURA I

Barrenación a mano. Cortes transversal y longitudinal. Los números en el croquis indican el orden de encendido de la cañuela, que variaba de 1.20 a 1.50 M. de largo, pero teniendo siempre la misma longitud en todos los barrenos de una pegada.

Revestimiento: Mayo de 1940.  
Terminación: Excavación: 2 de mayo de 1940.  
Revestimiento: Junio de 1940.

### Excavación

Material atacado: Toba riolítica relativamente blanda y fácil de excavar, excepto un tramo entre los 150 m. y los 200 m., a partir de la entrada, en que se encontró toba riolítica muy dura con vetas de cuarzo. En un tramo de unos 15 m. a la entrada se halló arenisca muy fácil de extraer en la parte inferior de la sección.

Dimensiones de la sección tronada: Generalmente toda.

Localización y orden de tronado de los barrenos: Véanse figuras números 1 y 2.

Profundidad de los barrenos: Variable de 0.90 a 1.40 m.

Máquinas perforadoras: 2 "Chicago Pneumatic Tool", modelo C. P. 10; una modelo C. P. 22 y una rompedora "Ingersoll-Rand", modelo C. A. 35.

Se trabajó un 80% con rompedoras y pulsetas a mano, debido al mal estado de las máquinas.

Tipo de barrenación: Seca a máquina. Húmeda y seca a mano.

Montaje de las máquinas: Sostenidas a pulso.

Explosivos: Dinamita gelatina al 40%.  
Tamaño de los cartuchos:  $7/8" \times 8"$ .  
Cantidad de dinamita empleada por metro cúbico excavado: Un kilo y medio.

Detonadores: Fulminantes N° 6.

Localización del fulminante: Generalmente encajado  $1/8"$ , dentro del penúltimo bombillo introducido en la perforación.

Taco: De arcilla ligeramente húmeda envuelta en papel y formando cartuchos del mismo tamaño más o menos que los de dinamita.

Método de tronado: Con cañuela encendida con cigarro.

Barrenos disparados por: El poblador que era al mismo tiempo el sobrestante general de la boca.

Tratamiento de los barrenos cebados: Propiamente no hubo barrenos cebados y en las raras ocasiones en que esto sucedió, los cartuchos cebados fueron arrojados al exterior entre los escombros, debido a la explosión de los demás.

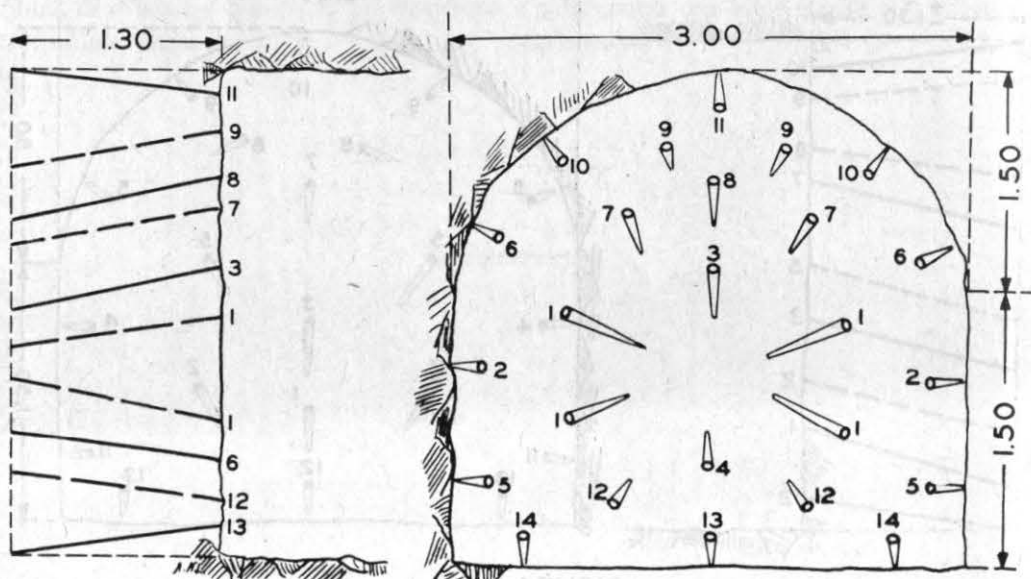
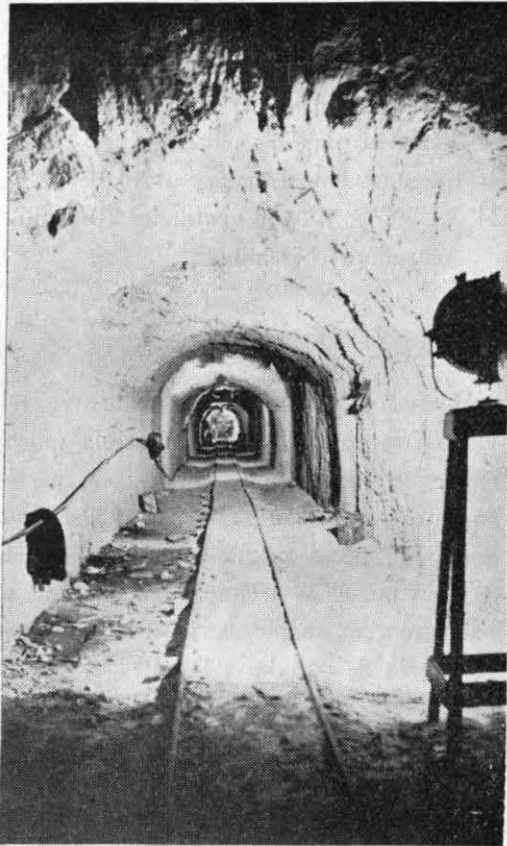


FIGURA 2

Barrenación a máquina. Cortes transversal y longitudinal. Tanto este tipo como el anterior variaban ligeramente en su poblado, con objeto de aprovechar las grietas existentes en el terreno.



Frente de salida a 130 m. de profundidad en febrero de 1940.

Modo de fracturarse el material: Bien, con un tamaño máximo de 50 cm.

Longitud avanzada por tronada: 1.00 metros como promedio.

La extracción comenzaba: De 20 a 30 minutos después de tronar.

Volumen teórico por metro lineal de avance: 8.0343 m<sup>3</sup>.

Avance medio mensual: 126.00 m.

Ventilación: No hubo instalación ninguna para ventilación.

Línea de alumbrado: 2 cables de intemperie entre los que se colocaban focos de 120 V. y 100 W. en el frente y de 40 a 60 W. de tramo en tramo, según convenía.

Drenaje: No se encontró agua al hacer la perforación.

Método de extraer la rezaga: Vagone-  
tas y carretillas.

Maquinaria de extracción: Dos vago-  
netas en cada frente.

Ancho y tamaño del riel usado: Decau-  
ville de 12 lbs., calibre 60 cm.

Acarreos: Los tiraderos se situaron a  
unos 10 metros de ambas bocas.

Personal: En cada uno de los frentes  
se tenían: Un poblador con \$ 5.04, que era  
a la vez el sobrestante encargado de los  
tres turnos; y un cabo de \$ 2.40; 7 barre-  
teros de \$ 2.16, con 7 ayudantes de \$ 1.84,  
y 25 peones de \$ 1.28, en cada uno de los  
turnos de ocho horas.

Tiempo del ciclo: En cada turno se ex-  
traía la rezaga, se barrenaba y pegaba una  
vez.

Volumen teórico total de la excavación  
del túnel: 4 527 m<sup>3</sup>.

Volumen total excavado: 4 690 m<sup>3</sup>.

Sobreexcavación: 163 m<sup>3</sup> 3.6%.

#### ANALISIS DEL COSTO UNITARIO DIRECTO DEL METRO CUBICO

Conceptos	Importes	Costo Unit. Dir. por:		Porcentaje
		M. excav.	M. Teórico	
Salarios. . . . .	\$ 21 056.77	\$ 4.49	\$ 4.65	42.36%
Materiales. . . . .	6 074.99	1.30	1.34	12.22 „
Dinamita. . . . .	9 103.95	1.94	2.01	18.31 „
Serv. Aire y perf. . . . .	4 855.64	1.03	1.07	9.77 „
Servicio de luz. . . . .	3 555.44	0.76	0.79	7.15 „
Talleres. . . . .	1 188.35	0.25	0.27	2.39 „
Camiones. . . . .	374.22	0.08	0.08	0.75 „
Servicio de agua. . . . .	242.49	0.05	0.05	0.49 „
Depreciación. . . . .	3 261.65	0.70	0.72	6.56 „
Totales. . . . .	\$ 49 713.50	\$ 10.60	\$ 10.98	100.00%

Costo directo de excavación por metro lineal de túnel. . . . . \$ 88.23

### Equipo usado

Aire comprimido: Sólo en un 20% del trabajo se usó la maquinaria que se cita a continuación:

Una compresora portátil "Ingersoll-Rand" de 315 pies cúbicos, con motor Waukesha Hesselman de 115 H. P. en mal estado. Trabajó solamente durante 940 horas.

Una compresora "Chicago Pneumatic Tool", modelo PB-4 de 210 pies cúbicos, montada sobre un tractor "Cletrac", en muy mal estado. Casi no se usó.

Perforadoras: Una rompedora neumática "Ingersoll-Rand", modelo CA-35.

Dos perforadoras neumáticas "Chicago", modelo C-P 10.

Una pistola neumática "Chicago", modelo C-P 22.

Planta de luz: "Universal" con generador de 5 K. W. 125 V. 40 A. y 1,200 r. p. m. con motor de gasolina.

Carros: Cuatro vagonetas "Koppel" de volteo lateral de  $3/4$  de  $m^3$  de capacidad y calibre de 60 cm.

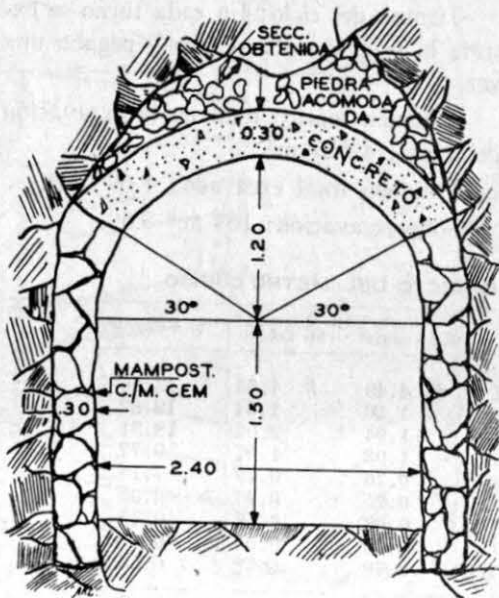


FIGURA 3

Sección mostrando el revestimiento.

Acero para barrenas: Exagonal perforado de  $7/8$ " para las máquinas; octagonal de 1" para rompedoras y redondo de  $7/8$ " de diámetro para las pulsetas.

Fraguas: Una fragua portátil de.....  $24" \times 30" \times 6"$ , con ventilador "Buffalo".

Aguzadora: No hubo.

### Revestimiento

Longitud del tramo revestido: Se revistió con concreto y mampostería únicamente un tramo de 12 metros, en que se encontró terreno agrietado en la bóveda y que hubo necesidad de apuntalar, a más de unas pequeñas grietas en el piso, que se rellenaron con mampostería, así como unos 15 metros de paredes a la entrada.

Importe directo de los apuntalamientos: \$ 133.44.

Sección obtenida y sección terminada: Véase figura N° 3. Como originalmente se había proyectado revestir totalmente el túnel, y ya excavado se aceptó no hacerlo, dada la poca velocidad del agua (0.60 m/s) y la naturaleza del terreno, la sección obtenida estaba sobrada, por lo que al hacer el revestimiento del tramo, no importó disminuir el área excavada.

Formas usadas: Fijas de madera.

Refuerzo: No hubo.

Espesor mínimo del revestimiento: ... 0.30 m.

Agregados para el concreto: Cemento, arena y grava en proporción 1:2:4.

Colocación del concreto: Se colocó por medio de botes de lámina de 17 litros, acarreados desde la boca de salida, en donde se revolvía el concreto a mano.

Cantidades de trabajo e importes directos del revestimiento:

Concreto. . . . .	\$ 223.35	9 M <sup>3</sup>	\$ 24.82
Formas. . . . .	130.95	11 M <sup>3</sup>	11.90
Mampostería. . . . .	1 203.34	40 M <sup>3</sup>	30.08
Total. . . . .	<u>\$ 1 557.64</u>		

Costo por metro lineal de túnel revestido. . . . . \$ 129.80

#### IMPORTE Y COSTOS TOTALES

##### Importes:

Directo. . . . .	\$ 51 270.94	— 77.8%
Indirecto. . . . .	14 608.52	— 22.2 „
Total. . . . .	<u>\$ 65 879.46</u>	

##### Costo por metro cúbico:

	Excavado:	Teórico
Directo. . . . .	\$ 10.93	\$ 11.32
Indirecto. . . . .	3.11	3.23
Total. . . . .	<u>\$ 14.04</u>	<u>\$ 14.55</u>

##### Costo por metro lineal de túnel:

Directo. . . . .	\$ 91.00
Indirecto. . . . .	25.93
Total. . . . .	<u>\$ 116.92</u>

Cargo por obras provisionales: Para tener incluido el cargo correspondiente por obras provisionales deben incrementarse todos los importes y costos unitarios que aparecen en este trabajo en 3.8%, el directo y 4.3% el indirecto.

##### Personal

Residente y Superintendente: Ing. Crencio Ballesteros Y. Ayudantes: Alberto Varela y José Oviedo C.