

# DETERMINACION DE LA ALTURA DE LAS ATAGUIAS EN LA PRESA DE EL PALMITO

POR LOS INGS. ANDRES GARCIA QUINTERO Y EDUARDO CRAVIOTO  
DE LA SECCION DE HIDROLOGIA DEL DEPTO. DE ESTUDIOS DE LA COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

*Generalidades.*—Para aprovechar mejor las aguas del río Nazas en el riego de la Comarca Lagunera, la Comisión Nacional de Irrigación actualmente está construyendo la presa de El Palmito, con una capacidad total de almacenamiento de 3,000 millones de metros cúbicos (Elev. 1,620.15 m.), de los cuales 400 se reserva-

rán para azolve y para dar la carga necesaria para generación de energía.

La obra de desvío consta de tres túneles revestidos de concreto de 6 m. de diámetro, localizados en la margen izquierda del cañón de El Palmito y con las características siguientes:

	Túnel 1	Túnel 2	Túnel 3
Cota de la plantilla en la entrada.....	1,547.50	1,547.50	1,545.50
Cota de la plantilla en la salida.....	1,545.88	1,544.00	1,544.00
Pendiente. . . . .	0.0026	0.0059	0.0027

*Objeto del estudio.*—El objeto de este estudio es proporcionar una base para planear el programa de construcción durante el cierre final del tajo de desviación de la presa de El Palmito.

El procedimiento seguido fué el siguiente:

1º Recopilación de todos los gastos máximos del río Nazas hasta El Palmito observados y deducidos.

2º Basándose en los datos anteriores, deducción gráfica de los gastos máximos que pueden esperarse cada decena en el río Nazas.

3º Determinación de las elevaciones máximas del nivel del agua dentro de la presa al paso de las avenidas máximas deducidas según el punto anterior.

1. *Recopilación de todos los gastos máximos del río Nazas.*—Los datos hidrométricos que sirvieron de base a este estudio comprenden dos períodos:

a). Período 1929-1938. En este período se tienen datos dignos de confianza observados directamente en la estación hidrométrica de El Palmito.

b). Período de 1891-1928. En este período sólo se tienen los gastos máximos anuales calculados en función de los gastos observados en la presa San Fernando.

(1).

(1) Véase el artículo "Regularización de avenidas del Río Nazas en el Vaso de "El Palmito", por los ingenieros A. García Quintero y Eduardo Cravioto, que aparece en este mismo número de Irrigación en México.

**TABLA 1**  
**ATAGUIAS EN LA PRESA DE EL PALMITO**

GASTOS MAXIMOS INSTANTANEOS OBSERVADOS CADA MES EN "EL PALMITO", DGO., PERIODO 1929 - 1938

Mes	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Año	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día	Gasto m <sup>3</sup> /s.	Día
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1929 ...	1	11	1	8	6	7	1	5	1	3	23	3	29	156	22	68	18	114	1	11	3	8	1	6
1930....	6	6	3	7	19	156	1	7	27	29	27	29	30	202	12	187	9	23	28	937	10	64	10	275
1931....	30	659	16	1499	1	54	1	6	30	58	1	30	14	155	12	964	5	38	2	32	3	10	13	8
1932....	1	6	1	5	8	5	1	4	1	3	30	4	30	217	21	546	7	1994	1	888	1	18	15	888
1933....	24	21	8	98	1	9	1	3	1	3	27	214	5	270	14	466	10	494	7	115	1	9	1	4
1934....	1	5	4	4	1	3	29	3	16	3	30	9	16	566	1	58	14	107	4	15	1	5	18	4
1935....	1	1	19	4	1	2	1 a 30	0	1 a 31	0	12	47	23	257	17	282	17	1452	1	142	1	21	18	7
1936....	1	6	1	4	13	4	24	4	12	24	1	1	31	151	24	629	27	2706	1	375	1	33	1	11
1937....	1	7	24	6	1	3	1	3	1	1	30	2	11	36	22	34	19	1398	1	61	1	8	25	29
1938....	15	20	1	6	1	4	3	2	25	2	30	277	27	1487	1	379	19	1619	1	73	1	10	1	6
Maximos	659		1499		156		7		58		277		1487		964		2706		973		64		888	

Datos tomados del expediente hidrométrico 212. 1-701-9.

Recopiló: E. Cravioto. Junio de 1939.

**TABLA 2**

Gastos máximos anuales en el Río Nazas a la altura de la estación hidrométrica "El Palmito"  
Período 1892 - 1938

Año	Mes	Día	Gasto máx. instantáneo m <sup>3</sup> /s.	Año	Mes	Día	Gasto máx. instantáneo m <sup>3</sup> /s.
1892	Septiembre.....	(11)	1 611	1915	Agosto.....	(31)	1 045
93	Septiembre.....	( 6)	348	16	Septiembre.....	(17)	1 607
94	Septiembre.....	(23)	902	17	Septiembre.....	(19)	4 685
95	Agosto.....	(22)	443	18	Agosto.....	(27)	732
96	Septiembre.....	(22)	459	19	Septiembre.....	(24)	1 890
97	Agosto.....	(23)	2 238	1920	Septiembre.....	( 4)	1 412
98	Septiembre.....	(12)	457	21	Julio.....	(18)	224
99	Julio.....	( 3)	180	22	Septiembre.....	(11)	156
1900	Julio.....	( 1)	544	23	Septiembre.....	(13)	1 245
01	Septiembre.....	(13)	219	24	Septiembre.....	(14)	1 033
02	Septiembre.....	(10)	437	25	Septiembre.....	( 6)	959
03	Septiembre.....	(28)	2 519	26	Enero.....	( 3)	2 254
04	Noviembre.....	(28)	530	27	Octubre.....	( 2)	1 147
05	Septiembre.....	(21)	1 646	28	Septiembre.....	(23)	3 056
06	Agosto.....	(30)	1 078	29	Julio.....	29	156
07	Octubre.....	(16)	512	1930	Octubre.....	28	937
08	Septiembre.....	( 8)	445	31	Febrero.....	16	1 499
09	Agosto.....	(30)	1 049	32	Septiembre.....	7	1 994
1910	Septiembre.....	(17)	351	33	Septiembre.....	10	494
11	Octubre.....	(20)	561	34	Julio.....	16	566
12	Septiembre.....	(13)	1 066	35	Septiembre.....	17	1 452
13	Septiembre.....	( 7)	737	36	Septiembre.....	27	2 706
14	Agosto.....	(16)	467	37	Septiembre.....	19	1 398
				1938	Septiembre.....	19	1 619

Los datos del período 1892-1928 fueron calculados multiplicando los gastos máximos observados en Presa San Fernando, por el factor 1.093 que es la relación Palmito-S. Fernando observada en los gastos máximos en el período 1930-1937.

Los datos del período 1929-1938 fueron observados directamente en la estación hidrométrica El Palmito.

En la tabla número 1, se tienen los gastos máximos mensuales de cada año durante el período 1929-1938, y en la tabla número 2, los gastos máximos anuales durante el período 1891-1928.

2. *Deducción de los gastos máximos normales que pueden esperarse cada decena.*—En papel semilogarítmico se dibujaron todos los gastos máximos de las tablas 1 y 2, en sus respectivas fechas, considerando todos los meses iguales y marcando los gastos menores de 10 m<sup>3</sup>/s. como si tuvieran dicho valor, trazándose después una curva envolvente. En esa gráfica se observó que los gastos máximos se presentan principalmente en agosto y septiembre, pero se tienen dos grandes crecientes en enero de 1926 y febrero de 1931 mayores de 1,500 m<sup>3</sup>/s., por lo que la envolvente tiene dos "peaks",

uno en septiembre y otro en enero. Tomando como base la curva envolvente así trazada se obtuvieron los gastos máximos normales para cada decena. (Tabla Número 4.)

Hay que hacer notar que en los meses de agosto y septiembre se puede presentar una creciente de 10,000 m<sup>3</sup>/s. que es la creciente máxima probable en 10,000 años.

3. *Determinación de las elevaciones máximas del nivel del agua dentro del vaso para cada avenida.*—Para conocer los niveles de los embalses máximos se analizaron por el método gráfico de Goodridge todas las avenidas máximas máximum observadas cada mes, las máximas calculadas para una frecuencia de 100, 1,000 y 10,000 años con un gasto máximo de 4,700, 7,200 y 10,000 m<sup>3</sup>/s. respec-

TABLA 3

ATAGUIAS EN LA PRESA EL PALMITO

Resumen de los análisis gráficos del paso de las avenidas máximas por la obra de desvío de la Presa El Palmito

Avenida	Gastos máximos		Volumen máximo retenido millones m <sup>3</sup>	Elevación del embalse máximo en el vaso m
	Entrada m <sup>3</sup> /s	Salida m <sup>3</sup> /s		
Mayo 1931.....	58	46	3.6	1548.65
Noviembre 1930.....	64	62	3.9	48.95
Marzo 1930.....	156	128	5.0	50.03
Junio-Julio 1938.....	360	332	9.5	52.92
Septiembre 1933.....	494	414	14.0	54.35
Enero.....1931.....	659	497	19.8	55.95
Diciembre 1932.....	888	533	26.5	57.30
Octubre 1930.....	937	579	35.0	58.76
Agosto 1931.....	964	656	54.7	61.07
Julio 1938.....	1487	816	132.	66.70
Febrero 1931.....	1499	658	54.9	61.08
Septiembre 1936.....	2706	908	203.	70.50
Max. Prob. en 100 años.....	4700	1170	591.	84.49
Max. Prob. según Hidr.-Unid.....	5279	1237	746.	88.50
Max. Prob. en 1 000 años.....	7200	1390	1251.	98.81
Max. Prob. en 10 000 años.....	10000	1545	2065.	1610.63

tivamente y la creciente probable según el método del hidrógrafo unidad. (2)

El cálculo de la curva de gastos de los tres túneles se hizo teniendo en cuenta el nivel del agua en el río a la salida de los túneles. En el plano 701-C-883, la gráfica A, curva de gastos del río Nazas cerca de la salida de los túneles (Sección 1 + 15) es un tramo de la curva A, obtenida en otro estudio. (3) La parte alta de la gráfica B, se calculó considerando los túneles 2 y 3 como tubos ahogados

teniendo en cuenta la curva A. Tomando en cuenta estas curvas se hicieron los análisis gráficos del paso de todas las avenidas por los túneles de desviación, presentándose un resumen de los principales resultados obtenidos en la tabla número 3.

Los resultados anteriores se dibujaron en dos gráficas (Plano 701-C-886), una ligando los gastos de entrada con los de salida y otra ligando los gastos de entrada con los embalses máximos dentro del vaso, trazándose una curva envolvente en cada gráfica. De la gráfica A, se determinaron las elevaciones de los embalses máximos correspondientes a los gastos máximos de entrada en cada decena

(2) "Estudio Hidrológico de las Obras de Desvío en la presa "El Palmito", por los ingenieros A. Benassini y A. García Quintero.

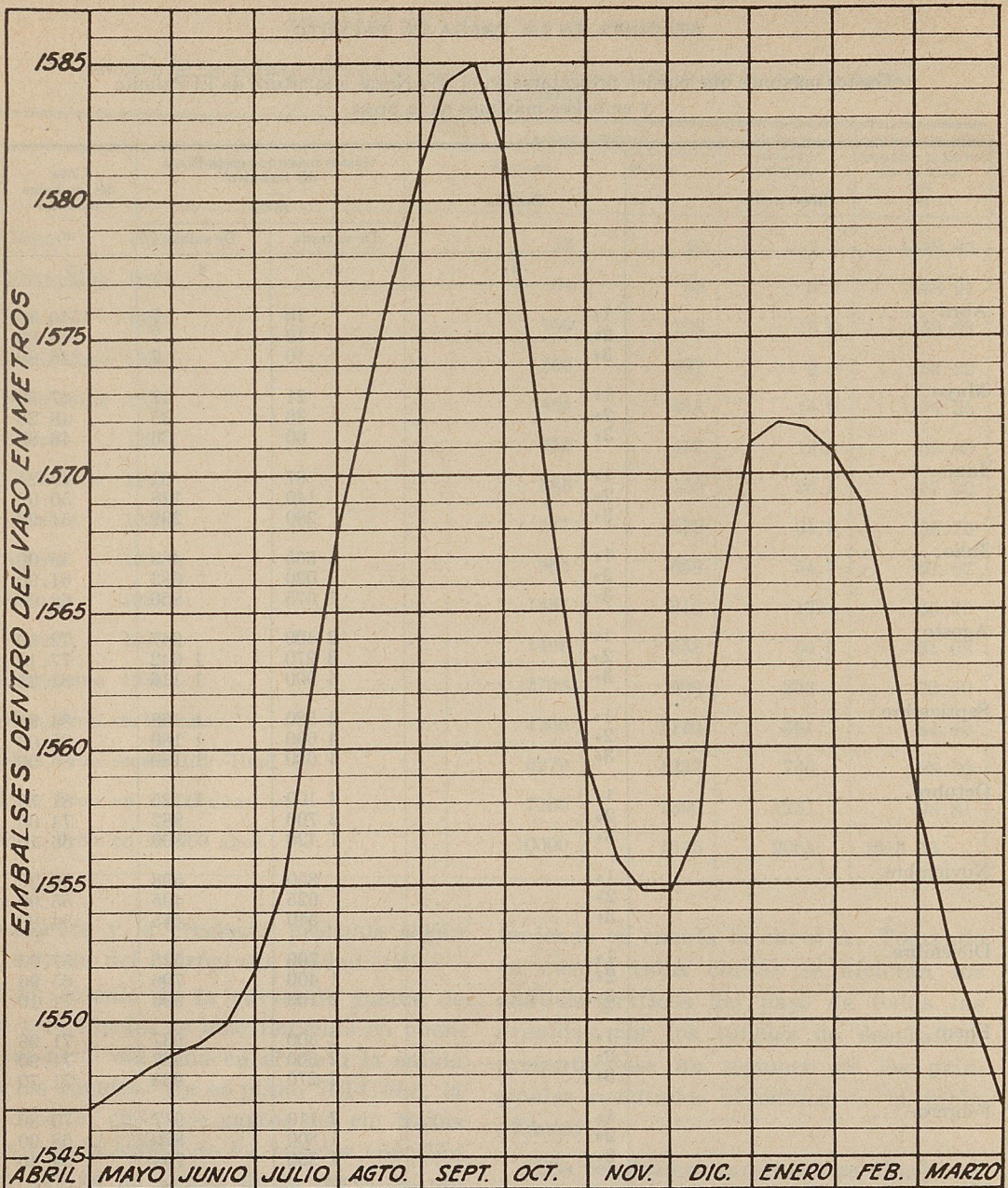
(3) "Curva de Gastos del Río Nazas aguas abajo de la presa "El Palmito", por el ingeniero A. García Quintero. (Este artículo aparece en este mismo número de Irrigación en México.)

TABLA 4

ATAGUIAS EN LA PRESA EL PALMITO

Gastos máximos que pueden presentarse en el Río Nazas a la altura de El Palmito y embalses máximos en la presa

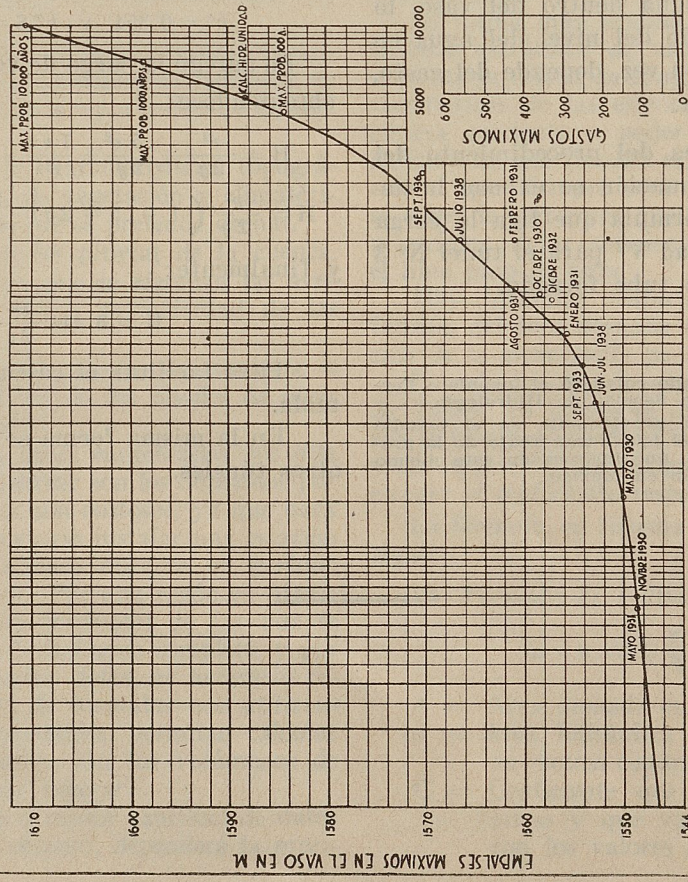
Mes	Decena	Gastos máximos en la Presa "El Palmito"		Cota del embalse máximo m
		m <sup>3</sup> /s		
		De entrada	De salida	
1	2	3	4	5
Abril.....	1ª.....	10	7	1546.80
	2ª.....	10	7	46.80
	3ª.....	10	7	46.80
Mayo.....	1ª.....	21	17	47.50
	2ª.....	38	35	48.25
	3ª.....	60	56	48.80
Junio.....	1ª.....	87	81	49.25
	2ª.....	140	128	50.00
	3ª.....	280	269	51.90
Julio.....	1ª.....	565	463	55.00
	2ª.....	1 020	682	61.90
	3ª.....	1 675	850	68.05
Agosto.....	1ª.....	2 400	947	72.50
	2ª.....	3 270	1 042	77.10
	3ª.....	4 000	1 116	81.25
Septiembre.....	1ª.....	4 580	1 168	84.35
	2ª.....	4 690	1 180	85.00
	3ª.....	4 680	1 180	85.00
Octubre.....	1ª.....	4 100	1 125	81.70
	2ª.....	2 700	982	74.00
	3ª.....	1 420	800	66.10
Noviembre.....	1ª.....	850	598	59.20
	2ª.....	625	495	55.90
	3ª.....	540	445	54.80
Diciembre.....	1ª.....	700	525	57.00
	2ª.....	1 400	796	65.90
	3ª.....	2 160	920	71.10
Enero.....	1ª.....	2 300	937	71.90
	2ª.....	2 300	937	71.90
	3ª.....	2 270	933	71.70
Febrero.....	1ª.....	2 110	912	70.80
	2ª.....	1 800	870	68.90
	3ª.....	1 250	754	64.40
Marzo.....	1ª.....	745	544	57.70
	2ª.....	365	336	52.90
	3ª.....	135	122	49.95
Abril.....	1ª.....	10	7	46.80
	2ª.....	10	7	46.80
	3ª.....	10	7	46.80



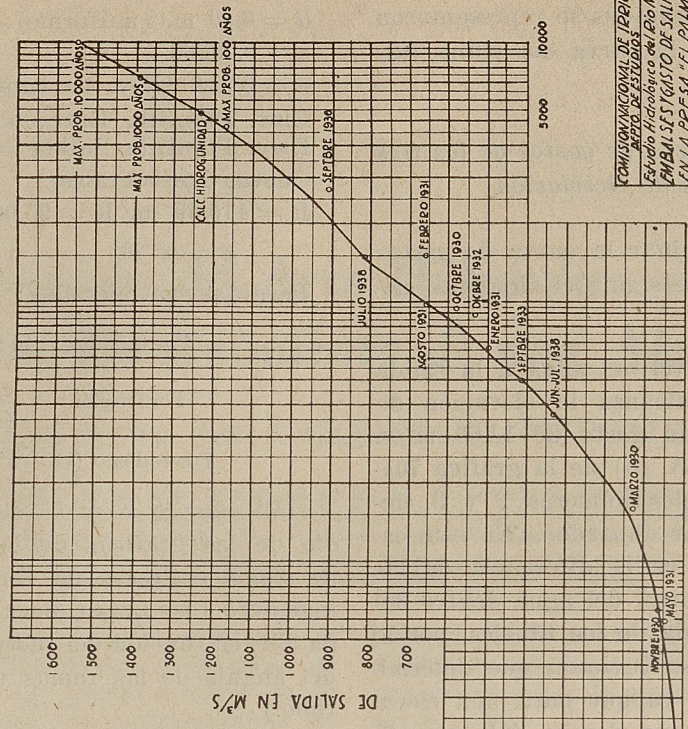
COMISION NACIONAL DE IRRIGACION  
 DEPTO. DE ESTUDIOS - SECC. HIDROLOGIA  
 Estudio Hidrológico del Río Nazas, Dgo.  
 EMBALSES MAXIMOS PROBABLES EN LA  
 PRESA "EL PALMITO"  
 FUNCIONANDO LA OBRA DE DESVIACION

Formó: E CRAVIOTO G  
 Calco: E. PARRA  
 Dibujo: F DEL RIO R  
 Reviso: JEFE DE HIDROLOGIA

Conforme: JEFE DEL DEPTO.  
 DEPTO. CONSULTIVO  
 CONTROL TEC. Y ADM.  
 MEX. D. F.  
 JULIO, 1939  
 Aprobó: VOCAL EJECUTIVO  
 701-C-887



(A)-GASTOS MAXIMOS DE ENTRADA EN M<sup>3</sup>/S



(B)- GASTOS MAXIMOS DE ENTRADA EN M<sup>3</sup>/S

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION  
 INSTITUTO TECNICO AGROPECUARIO  
 EN EL CUESTO DE SANTIAGO DE LOS CABALLEROS  
 EN LA ZONA DE "EL PALMILITO"  
 Contrato No. 100, S.A. - con constitucion  
 del 28 de Mayo de 1934, para el estudio  
 de la zona de irrigacion  
 del Rio Grande  
 No. 100-1000

Nombre: *[Handwritten Signature]*  
 Cargo: *[Handwritten Title]*  
 Fecha: *[Handwritten Date]*  
 Oficina: *[Handwritten Office]*

701-5-2886

(Tabla Núm. 4), o sea las alturas máximas del nivel del agua cada decena. Los resultados así obtenidos se representaron gráficamente en la curva del plano 701-C-887. (4)

*Cálculo de la curva de gastos de los tres Túneles de Desviación*

Para determinar la curva de gastos de los túneles, se siguió el siguiente criterio:

Cuando el nivel del agua a la salida de los túneles alcanza la elevación de 1,550 m. (con un gasto de 1,160 m<sup>3</sup>/s. según la Curva A (5) de la gráfica 701-C-833), los túneles números 2 y 3 empiezan a trabajar ahogados. En este caso, la carga H es la diferencia de las elevaciones del nivel del agua dentro del vaso y a la salida de los túneles, por lo que los gastos se tuvieron que determinar por tanteos ya que para una elevación dada del agua dentro del vaso, la carga H depende del nivel del agua en el río y éste, a su vez, depende del gasto, o sea de la carga.

Para dar idea del procedimiento del cálculo, a continuación se expone la deducción de la fórmula que liga la carga H con la velocidad V<sup>2</sup> para el túnel N° 3 trabajando como tubo forzado.

(4) En este estudio colaboró el ingeniero Fernando del Río de la Sección de Hidrología.

(5) Determinada previamente en el estudio "Curva de Gastos del Río Nazas abajo de la presa de "El Palmito", que aparece en este mismo número de Irrigación en México.

Datos:

$$l = 558.145 \text{ m.}$$

$$d = 6.00 \text{ m. (uniforme).}$$

$$s = 0.00266.$$

$$n = 0.014 \text{ (Rev. de concreto).}$$

$$\text{Elev. Plantilla Entrada} = 1,545.50.$$

$$\text{Elev. Plantilla Salida} = 1,544.00.$$

Curvas horizontales.

$$R = 110.00 \text{ m. } R = 95.00 \text{ m.}$$

$$\delta = 32^\circ 36'$$

$$\delta = 32^\circ 24'$$

Pérdidas consideradas:

$$\text{Por entrada: } 0.5 \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Por fricción: } 1 \frac{vn}{2/3}$$

$$\text{Por codos: } (k' + k'') \frac{v^2}{2g}$$

(El cálculo  $k'$  y  $k''$  se hizo por medio de las gráficas de la obra "Saltos de Agua y Presas de Embalse", por el ingeniero José Luis Gómez Navarro, página 351, en función del radio de curvatura, del ángulo de las ramas y del radio del tubo.)

$$k' = 0.354 \text{ y } k'' = 0.342$$

Se agregó la carga de velocidad  $= \frac{v^2}{2g}$  obteniéndose:

$$H = \frac{v^2}{2g} + .5 \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{r^{2/3}} \frac{vn}{2/3} + \frac{(k' + k'') v^2}{2g}$$

$$H = \frac{v^2}{2g} \left( 1 + .5 + 2gl \frac{n^2}{r^{2/3}} + k' + k'' \right)$$

y finalmente:

$$H = 3.444 \frac{v^2}{2g}$$

Para facilitar el cálculo se hizo una tabla.

En la misma forma se calcularon los otros túneles.