

COSTO COMPARATIVO DE LAS TROCHAS DE UN METRO I 0.75 METRO

El problema que se presenta es el de determinar la relacion del precio que tendrian dos líneas de trocha de 0.75 metro i un metro en las condiciones de igual servicio i de igual resistencia.

I digo de igual resistencia, porque, si bien la línea de 0.75 metro permite en los terrenos montañosos reducir en algo la lonjitud de los túneles, es siempre a costa del aumento de la resistencia de la línea i del tiempo de viaje, lo que desequilibra la cuestion introduciendo un factor difícil de apreciar i valorizar.

En las partidas de gastos en trazado, espropiaciones, cierro, telégrafos, estaciones no hai diferencia entre ambas trochas i aun creo que si existiera seria desfavorable para la trocha de 0.75 metro. Estas partidas representan mas o ménos \$ 4,000 por kilómetro.

En las partidas de puentes mayores i equipo para un ferrocarril como el de Cabildo a Choapa, por ejemplo, habria para trocha de un metro un gasto de \$ 6,500 por kilómetro; para trocha de 0.75 solo se puede reducir estas partidas en 5%.

La vía, el lastre, los movimientos de tierra i obras de arte en las partes en que las curvas del nivel del terreno son perpendiculares a la línea, como en las que el trazado puede seguir la curva de pendiente uniforme, costarán, término medio, para la línea de un metro algo como 12,000 pesos; la economía para la trocha de 0.75 metro no pasa del 10%.

En lo que hai diferencia sustancial es en el movimiento de tierra i en el mayor valor de las alcantarillas por el menor largo que tendrán.

Para apreciarla voi a tomar como base los estudios de la seccion montañosa de Pedegua al túnel de las Palmas del ferrocarril de Cabildo a Choapa.

Conservo en mi poder los borradores de las cubicaciones i presupuestos i me voi a fundar en ellos para obtener los resultados.

Pero ántes de entrar de lleno a esta cuestion hai que resolver previamente otra: ¿cuál es el radio mínimo para una i otra trocha?

Observemos que contribuye, en primer lugar, a fijar las condiciones técnicas la pendiente máxima, i que, siendo de 3%, no se puede aceptar para la velocidad una mayor de 15 kilómetros por hora en esta gradiente.

En estas condiciones la vía de 0.75 metro acepta radios de 60 i de 80 metros la de un metro, i es bajo esta base como debe hacerse la comparacion.

Aplicando la fórmula de la resistencia de las curvas se tiene que en una i otra hai el mismo esfuerzo por tonelada, o sea $6\frac{1}{4}$ kilogramos.

Por otra parte, el material rodante construido para estas trochas permite pasar con velocidad de 20 kilómetros por la curva de 80 metros en la trocha de un metro.

Las máquinas usadas en los ferrocarriles de Córcega, de tres ejes acoplados i un eje articulado en la parte posterior, con ruedas de un metro, cargando 8 toneladas en cada eje motor i 24 toneladas en las tres, son de un tipo que pasa a fuerte velocidad por curvas de 100 metros de radio en línea plana i disminuyendo su velocidad en radios aun menores.

El señor G. Humbert, en su "Tratado de Ferrocarriles de interes local," dice, tratando de las curvas de las líneas de un metro: "Se considera el radio de 150 metros como el límite normal en los trazados fáciles, pero se puede descender a 100 metros en los trazados un poco difíciles, i aun a 75 i 60 metros si las circunstancias lo exigen."

Por lo espuesto se vé que la comparacion de las curvas de las trochas de 1 i 0.75 metro debe hacerse bajo la base de los radios mínimos de 60 i 80 metros: otra comparacion es arbitraria.

Para el ferrocarril en cuestion se tomó el radio mínimo de 125 metros i así se obtuvo un movimiento de 1.287,000 metros cúbicos en los $26\frac{1}{2}$ kilómetros que separan a la estacion de Pedegua del túnel de las Palmas.

Para hacer un estudio comparativo entre los trazados con 60 i 80 metros en el radio mínimo de las curvas, es necesario distinguir las condiciones en que se presenta este trayecto.

Aparecen primeramente $2\frac{1}{2}$ kilómetros de terreno plano que es necesario descontar, quedando entónces la comparacion en 24 kilómetros.

Desde el kilómetro $15\frac{1}{2}$ principia la línea a tomar faldeos i lomas para pasar una puntilla con una inclinacion transversal del 60% i continuar hasta el kilómetro 23 por cerros mas o ménos suaves. En toda esta estension se colocaron curvas de un radio mayor de 150 metros, salvo una en que lo fué de 125; es un hecho que en todo este trayecto puede inscribirse un trazado siguiendo la línea de pendiente con curvas de 100, 80 o 60 metros, sin que haya diferencia sensible en la cubicacion por efecto de los radios. Son éstos $7\frac{1}{2}$ kilómetros.

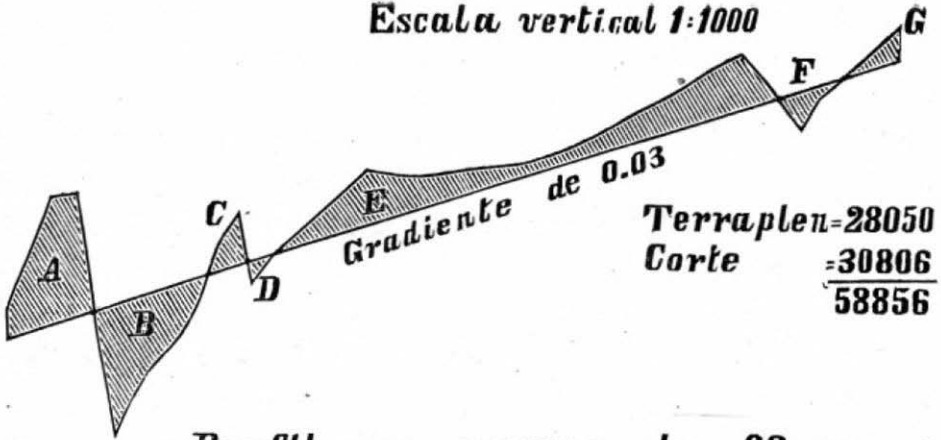
Del kilómetro 23 hasta el $31\frac{1}{2}$ el terreno se presenta quebrado i la diferencia del radio de las curvas influye poderosamente en el cubo del movimiento de tierra; lo mismo que acontece entre los kilómetros $33\frac{1}{2}$ i $39\frac{1}{2}$, quedando así en todo $14\frac{1}{2}$ kilómetros bajo esta situacion.

Entre los kilómetros $31\frac{1}{2}$ i $33\frac{1}{2}$ sucede lo que en los primeros, de modo que pueden fijarse ellos en un total de $9\frac{1}{2}$ kilómetros.

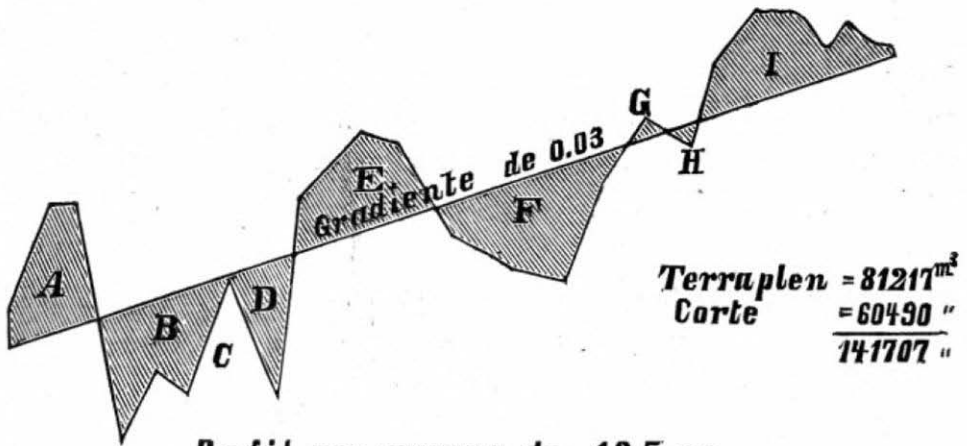
Por el proyecto hai en éstos un movimiento de tierras de 260,000 metros cúbicos, correspondiendo así 27 metros cúbicos por metro corrido, i en los $14\frac{1}{2}$ del otro grupo 980,000 o sea 67 por metro corrido.

Para juzgar de las economías que pueden producirse disminuyendo el radio a 60 metros he estudiado el trayecto comprendido entre los kilómetros 23 i 24, como puede verse en las figuras adjuntas.

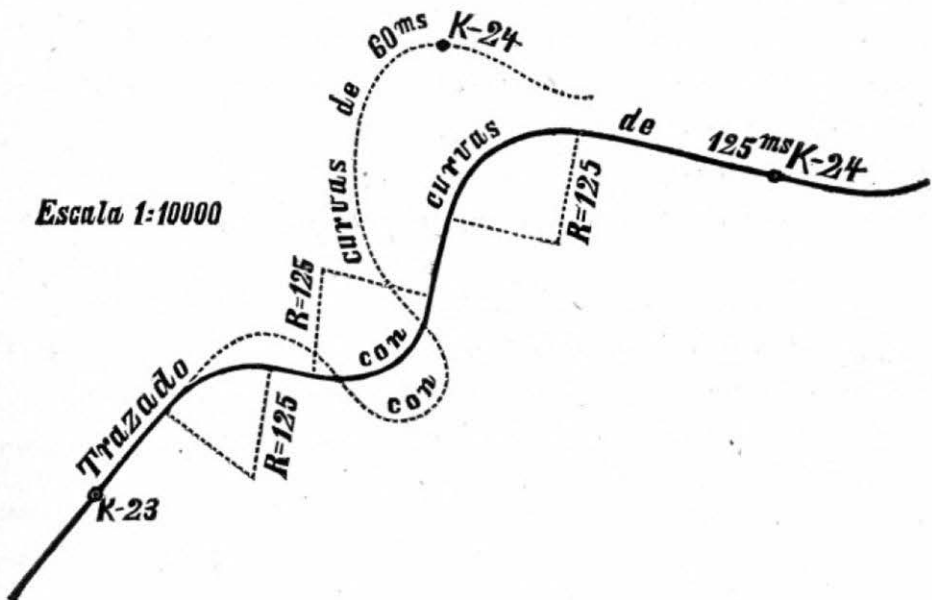
Escala vertical 1:1000



- Perfil con curvas de 60 ms.-



- Perfil con curvas de 125 ms-



Aunque en los primeros 175 metros no pueda modificarse el trazado, siendo costoso, en cambio en el resto se obtienen diferencias sensibles: la línea permite aumentar el desarrollo en 375 metros i reducir el cubo de cortes i terraplenes en un kilómetro de 141,707 metros cúbicos a 58,856, o sea en un 59 o 60% en números redondos, i como existe diferencia en el precio de la unidad, puede subir esta economía a un 67%.

Hai proyectadas en este kilómetro dos alcantarillas de tres i de un metro.

El presupuesto formado para éstas es el siguiente:

Alcantarillas de 3 metros.	
4 cabezas a 563 pesos cada una.....	\$ 2,252
66 metros bóveda a 170 pesos cada una.....	11,220
Alcantarilla de 2 metros:	
2 cabezas a 310 pesos cada una.....	620
40 metros bóveda a 110 pesos cada uno.....	4,400
	<hr/>
Total.....	\$ 18,492

Para el trazado con curvas de 60 metros este presupuesto seria:

Alcantarillas de 3 metros:	
4 cabezas a 563 pesos cada una.....	\$ 2,252
41 metros bóveda a 170 pesos cada uno.....	6,970
Alcantarilla de 2 metros:	
2 cabezas a 310 pesos cada una.....	620
4 metros bóveda a 110 pesos cada uno.....	440
	<hr/>
Total.....	\$ 10,282

o sea el 55% del valor en las del otro trazado.

Tomando estos resultados como aplicables a la seccion kilómetro 15½ a kilómetro 39½ se puede formar un presupuesto comparativo.

1) Trocha de un metro, radio mínimo 125 metros.

Cierro, telégrafo, estaciones, trazado i espropiaciones

24 kilómetros a 4,000 pesos cada uno \$ 96,000

Puentes mayores i equipo:

24 kilómetros a 6,500 pesos cada uno..... 156,000

Vía, lastre, movimiento de tierra i obras de
arte comun:

24 kilómetros a 12,000 pesos cada uno..... 288,000

Movimiento de tierra extraordinario:

980,000 metros cúbicos a 50 centavos cada uno 490,000

Alcantarillas.

Mayor valor sobre las ordinarias:

24 kilómetros a 5,000 pesos cada uno..... 120,000

\$ 1.150,000

2) Trocha de 0.75 metro. Radio mínimo 60 metros.

Cierro, etc

24 kilómetros a 4,000 pesos cada uno..... \$ 96,000

Puentes mayores, etc.

24 kilómetros a 6,000 pesos cada uno..... 144,000

Vía, lastre, movimiento de tierra, etc.

24 kilómetros a 10,800 pesos cada uno..... 260,000

Movimiento de tierra extraordinario.

41% sobre 980,000 = 400,000 metros cúbicos
a 40 centavos cada uno 160,000

Alcantarillas:

Mayor valor sobre las comunes.

55% de 120,000 pesos..... 66,000

Total \$ 726,000

De modo que, según estos cálculos, para el kilométrico de líneas en cerros, hai los siguientes precios:

Kilómetro de vía de 0.75 metro en cerros i curvas de 60 metros.....	\$ 30,000
Kilómetro de vía de un metro en id. id.....	48,000
Diferencia.....	\$ 18,000

La economía representa un 37½% del valor de la vía de un metro.

Para las líneas en plan el precio kilométrico puede establecerse así:

Partidas	VIA	
	1 m.—R=125	0.75 m.—R=60
Cierro, telégrafo, espropiaciones trazado i estaciones.....	\$ 4,000	\$ 4,000
Puentes mayores i equipo.....	6,500	6,000
Vía, lastre, movimiento de tierra i alcantarillas.....	12,000	10,800
Total	\$ 22,500	\$ 20,800

o sea una economía de 10%

El plano adjunto hace ver que en la línea de curvas de 60 metros el desarrollo aumenta considerablemente de tal modo que el kilómetro 25 se encuentra 375 metros retrasado en el sentido jeneral del ferrocarril, lo que hace ver que la línea bajará al plan mucho ántes que la de radios de 125, i si este número fuera jeneral querria decir que se alargaba en relacion a la diferencia de gradientes de la línea i del fondo del valle. Si éste fuera de 3% seria el 37½% de 24 u 8 kilómetros, pero como es de 1.5% podria fijarse en 4 kilómetro; mas considerando que ese aumento no tendrá lugar sino en los ⅓ de la distancia por recorrer puede fijarse en un 10% que será un aumento de la longitud de la vía. Siendo en terreno plano valdrá para esta línea algo como 25,000 pesos, correspondiendo 1,000 pesos mas por kilómetro; entónces la diferencia de precio de las líneas comparadas se reduce en terreno montañoso a 17,000 pesos.

¿A cuánto ascenderá esta economía adoptando radios de 100 i 80 metros?

Lo natural es que la serie de precios fije una curva parabólica que mejorará notablemente la diferencia entre las líneas con radio mínimo, de modo que, considerado el problema bajo la base de una relacion aritmética, estará perjudicada aquella relacion.

Aceptado que el precio de las vías de 0.75 i un metro, bajo la base de un mismo radio, esté en relacion de 10 a 9, se tiene que el precio kilométrico de la vía de un metro en cerros con radio de 60 metros seria 34,000 pesos, i siendo de 48,000 pesos con radio de 125 metros se puede establecer esta tabla:

SERIE DE PRECIOS DE VÍA DE 1 METRO
(en cerros)

Con radio de 125 metros.....	\$ 48,000
„ „ de 120 „	46,900
„ „ de 100 „ ;	42,600
„ „ de 80 „	38,300
„ „ de 60 „	34,000

La que nos dará un valor a las vías con radio de 80 i 100 metros superior al que deberia deducirse por una ecuacion parabólica.

Voi a aplicar estos datos a la red de ferrocarriles por construir entre Ligua i Combarbalá.

ESPECIFICACION DE LAS LÍNEAS
KILÓMETROS

	En cerros	En planos	En túneles	Totales
Ligua a Papudo.....	4	21		25
Cabildo a Chicolco.....	6	28	1	35
Pedegua a Limáhuida.....	90	15	2½ (1)	107½
Illapel a Salamanca.....	3	40		43
„ a Combarbalá.....	78	39	3	120
Totales	181	143	6½	330½

(1) Subiendo un poco la línea, dando a los desarrollos una gradiente de 3%, se puede llegar a este resultado con las curvas de 60, 80 o 100 metros.

1) Presupuesto total con vía de 0.75 metro i radio de 60 metros.		
181 kilómetros vía en cerros a 30,000 pesos cada uno		5.430,000
143 „ „ en planos a 20,800 pesos cada uno		2.974,400
6½ „ túneles a 450 pesos metro corrido		2.925,000
Aumento de vía 10 kilómetros a 15,000 pesos.....		150,000
	Total.....	11.479,400

2) Presupuesto total con vía de un metro i radio de 100 metros.		
181 kilómetros vía en cerros a 42,600 pesos cada uno		7.710,600
143 „ „ en planos a 22,500 pesos cada uno		3.217,500
6½ „ túneles a 500 pesos metro corrido.....		3.250,000
	Total.....	14.178,100

3) Presupuesto total con vía de un metro i radio de 80 metros.		
181 kilómetros vía en cerros a 38,300 pesos cada uno		6.932,300
143 „ „ en planos a 22,500 pesos cada uno		3.217,500
6½ „ túneles a 500 pesos metro corrido		3.250,000
Por aumento en los planos a \$ 15,000 c/u.....		75,000
	Total.....	13.474,800

La economía que resulta, tomando como base la línea de un metro con radio de 100 metros, es de:

19% para la vía de 0.75 metro con radio de 60 metros.

5% para la vía de un metro con radio de 80 metros.

El precio kilométrico seria:

Con trocha de un metro.....	\$ 42,900
„ „ de 0.75 „	33,700
	<hr/>
Diferencia.....	9,200

lo que corresponde a un 21½%, pero hai que considerar que la línea de 0.75 metro se considera 10 kilómetros mas larga.

En cuanto a la economía de los túneles dando desarrollo a las líneas creo que no merece la pena tomarse en cuenta, pues el que se-

ria mas justificado se tratara de suprimir es el de las Palmas, de 1,600 metros de largo.

Estimado a 500 pesos metro cúbico, vale 800,000 pesos.

Pues bien, el túnel cuelga algo como 300 metros i si se tratara de pasar por el portezuelo con línea de desarrollo deberia proyectarse 10 kilómetros de cada lado con gradiente de 3%, o sea en todo 20 kilómetros.

Estimado el kilómetro en 30,000 pesos, se tendria un valor de 600,000 i una economía de 200,000 pesos, que por cierto no justifica alargar en 20 kilómetros la línea gravando para siempre la explotación i aumentando en una hora i media el viaje al norte.

Estos son los resultados a que llego i bien veo que la economía de 3 000,000 de pesos en la red de ferrocarriles a Coquimbo no merecen desperfeccionar las líneas.

En cuanto a la influencia sobre la velocidad es necesario tambien conocerla.

El ferrocarril de Calera a Serena puede dividirse así:

		Fuerte gradiente	Suave gradiente
De Calera a Pedegua.....	89 k.....	23 k.	66 k.
„ Pedegua a Limáhuida.	107	92	15
„ Limáhuida a Illapel....	24		24
„ Illapel a San Márcos...	127	45	82
„ San Márcos a Ovalle...	63		63
„ Ovalle a Serena.....	115	12	103
	<u>525</u>	<u>172</u>	<u>353</u>

Aceptando que en los 172 kilómetros de fuerte gradiente la velocidad de los trenes sea igual en las dos líneas, vendria la comparacion en los 353 de suave gradiente.

Si fijamos en 35 kilómetros la velocidad comercial de la vía de un metro será de 28 para la de 0.75 metro, i habrá entre las dos trochas una diferencia de 3 horas en viaje, por cierto de importancia.

Santiago, Enero 15 de 1900.

ENRIQUE VERGARA MONTT.