



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

263

26

**“ EMPLEO DE EQUIPO EN TERRACERIAS CON  
PENDIENTE DEL 0% (A NIVEL) ”**

## TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL

presenta

**FRANCISCO BARRERA GARCIA**

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

	Pag.
INTRODUCCION .....	1
I. CALCULO DE LOS PRECIOS HORA-MAQUINA .....	3
1.1 Tractor D8-K .....	4
1.2 Motoescrepa 623-B .....	7
1.3 Cargador Frontal 977-L .....	10
1.4 Camión F600 .....	12
II. GRAFICA DEL USO DE CADA MAQUINA-DISTANCIA .....	14
2.1 Cálculo del Costo por $M^3$ de Acarreo con tractor D8-K .....	15
2.2 Cálculo del Costo por $M^3$ de Acarreo en Motoescrepa 623-B .....	18
2.3 Cálculo del costo por $M^3$ de Acarreo con Cargador Frontal y Camiones .....	30
III. CURVA DE MASAS .....	42
3.1 Trazo Preliminar .....	43
3.2 Trazo Definitivo .....	44
3.3 Perfil .....	45
3.4 Rasante .....	47
3.5 Curvas Verticales .....	47
3.6 Secciones de Construcción .....	52
3.7 Cálculo de las Constantes .....	54
3.8 Cálculo de los Volúmenes .....	56
3.9 Curva de Masas .....	56

IV. COMPENSADORAS .....	57
V. COMPARACION CON ESPECIFICACIONES DE S.A.H.O.P .....	63
5.1 Acarreo Libre .....	64
5.2 Sobreacarreo .....	65
5.3 Acarreo Corto .....	65
5.4 Acarreo Largo .....	66
CONCLUSIONES .....	68
BIBLIOGRAFIA .....	70

## I N T R O D U C C I O N

Durante el proceso de toma de decisiones para seleccionar de manera óptima el equipo empleado para el movimiento de tierras en la construcción de vías terrestres, intervienen -- una serie de factores que, estando relacionados entre sí, nos obligan a un análisis cuidadoso y ponderado de cada uno de -- ellos.

En este período de selección, podemos distinguir claramente dos etapas: En la primera de ellas, habremos de seleccionar la máquina o conjunto de máquinas que desde el punto -- de vista técnico sean susceptibles de poder utilizarse. En este caso, los factores que deberán interesarnos son entre otros; volúmenes por ejecutar, calidad del material ( atacabilidad, propiedades volumétricas, estabilidad ), geometría de la excavación, condiciones de la obra, etc.

Durante la segunda etapa, intervendrán importantes factores tales como tipo de empresa, maquinaria con que cuenta, condiciones de mercado, costo de adquisición, operación y mantenimiento del equipo, rendimientos, precios de reventa, etc.

Cuando desde el punto de vista técnico dos o más equipos nos resuelven el problema, el análisis económico inclinará nuestra decisión hacia el empleo de alguno de ellos.

Los propósitos de este trabajo son: El de ejemplificar el procedimiento utilizado para la selección de equipo en la construcción de vías terrestres, considerando principalmente los aspectos técnico. Así como el de tratar de dar una -- justificación a los valores dados por la S.A.H.O.P., con los que normaliza el empleo de equipo para el movimiento de tierras en dichas construcciones.

# C A P I T U L O I

## CALCULO DE LOS PRECIOS DE HORA - MAQUINA

ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA

4

CONSTRUCTORA:	Máquina: <u>TRACTOR</u>	Hoja N°: <u>1</u>
	Modelo: <u>D8-K</u>	Calculó: <u>F.B.G</u>
	Datos Adic: <u>HOVA 8U</u>	Revisó: <u>S.C.P.</u>
OBRA:		Fecha: <u>DICIEMBRE/ 82</u>

DATOS GENERALES

Tipo de cambio: S 70.00 M.N./D11.

Precio Adquisición: \$ 18 200 000.00 Fecha cotización: Vier. 3/Dic./82

Equipo Adicional: Vida económica (Ve): 6 años

Horas por año (Ha): 2000 hr/año

Motor Diesel de 300 HP

Valor inicial (Va): \$ 18 200 000.00 Factor operación: 0.80

Valor rescate (Vr): 10% \$ 1 820 000.00 Potencia operación: 240 HP.op.

Tasa interés (i): 30% Coeficiente almacenaje (K): 0.10

Prima seguros (s): 3% Factor mantenimiento (Q): 0.80

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:  $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{18\ 200\ 000 - 1\ 820\ 000}{12\ 000} = \$ \underline{1\ 365.00}$

b) Inversión:  $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i = \frac{18\ 200\ 000 + 1\ 820\ 000}{2(2\ 000)} \times 0.30 = \$ \underline{1\ 501.50}$

c) Seguros:  $S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s = \frac{18\ 200\ 000 + 1\ 820\ 000}{2(2\ 000)} \times 0.03 = \$ \underline{150.15}$

d) Almacenaje:  $A = KD = \underline{0.1 (1\ 365)} = \$ \underline{136.50}$

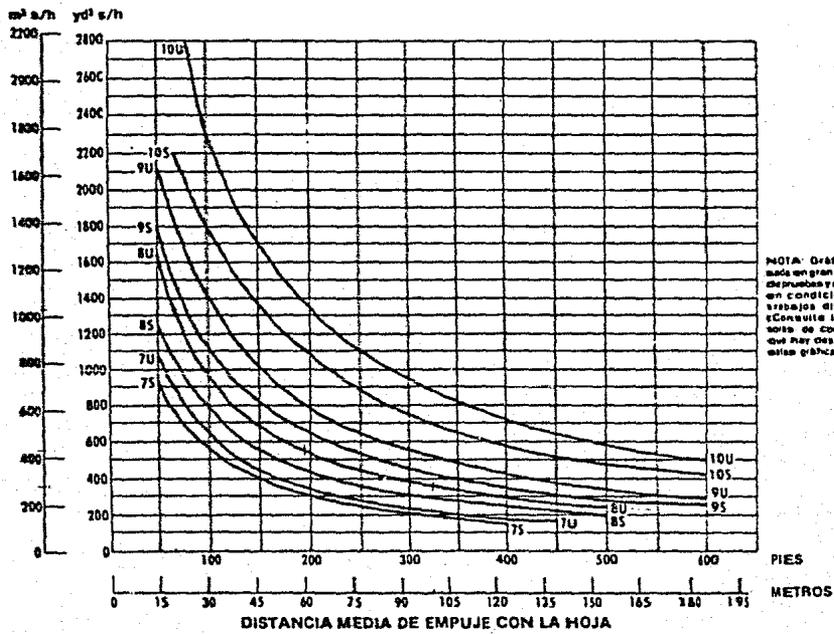
e) Mantenimiento:  $M = QD = \underline{0.8 (1\ 365)} = \$ \underline{1\ 092.00}$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 4 245.15



Producción  
con hojas U y S' Hojas Empujadoras

PRODUCCION ESTIMADA • Con hoja universal y hoja recta • D7 al D10



CONSTRUCTORA:	Máquina: <u>MOTOESCREPA</u>	Hoja N°: <u>2</u>
	Modelo: <u>623-B</u>	Calculó: <u>F.B.G.</u>
	Datos Adic: <u>AUTOCARGABLE</u>	Revisó: <u>S.C.P.</u>
OBRA:		Fecha: <u>DICIEMBRE/ 82</u>

DATOS GENERALES		Tipo de cambio: \$ 70.00 M.N./D11.
Precio Adquisición:	\$ <u>22 943 340.00</u>	Fecha cotización: <u>Vier. 3/Dic./82</u>
Equipo Adicional:		Vida económica (Ve): <u>6 años</u>
Llantas ( 4 )	\$ <u>1 071 748.00</u>	Horas por año (Ha): <u>2 000 hr/año</u>
		Motor <u>Diesel</u> de <u>330</u> HP
Valor inicial (Va):	\$ <u>21 871 592.00</u>	Factor operación: <u>0.80</u>
Valor rescate (Vr):	<u>10%</u> \$: <u>294 334.00</u>	Potencia operación: <u>264</u> HP.op.
Tasa interés (i):	<u>30%</u>	Coefficiente almacenaje (K): <u>0.10</u>
Prima seguros (s):	<u>3%</u>	Factor mantenimiento (Q): <u>0.80</u>

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:  $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{21\ 871\ 592 - 2\ 294\ 334}{12\ 000} = \$ \underline{1\ 631.44}$

b) Inversión:  $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} = \frac{21\ 871\ 592 + 2\ 294\ 334}{2(2\ 000)} \times 0.30 = \$ \underline{1\ 812.44}$

c) Seguros:  $S = \frac{Va + Vr}{2Ha} = \frac{21\ 871\ 592 + 2\ 294\ 334}{2(2\ 000)} \times 0.03 = \$ \underline{181.24}$

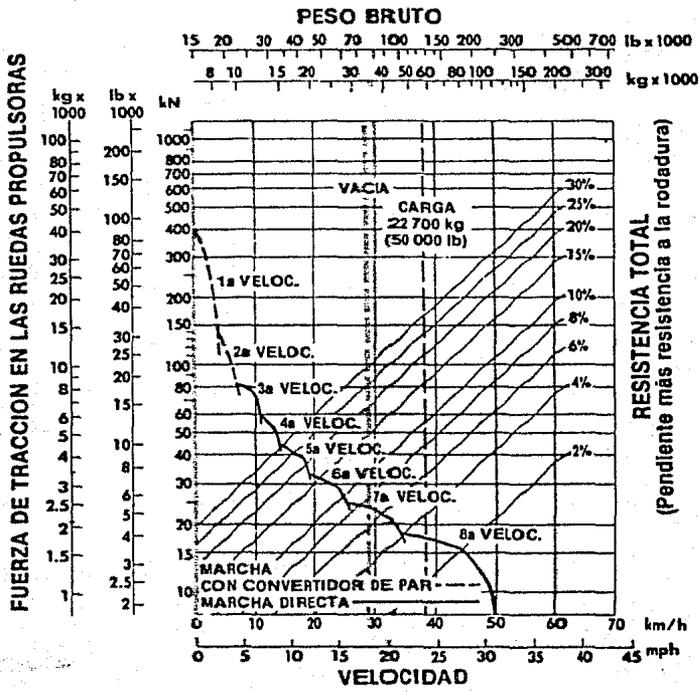
d) Almacenaje:  $A = KD = \frac{0.10(1\ 631.44)}{0.80(1\ 631.44)} = \$ \underline{163.14}$

e) Mantenimiento:  $M = QD = \frac{0.80(1\ 631.44)}{0.80(1\ 631.44)} = \$ \underline{1\ 305.15}$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 5 093.41



Mototrailles de ruedas | Fuerza de tracción en las ruedas de la 623B



CONSTRUCTORA: _____ _____	Máquina: <u>CARGADOR FRONTAL</u> Modelo: <u>977-L</u> Datos Adic: <u>2.29 M<sup>3</sup></u>	Hoja N°: <u>3</u> Calculó: <u>F.B.G</u> Revisó: <u>S.C.P.</u> Fecha: <u>DICIEMBRE/ 82</u>
OBRA: _____		
DATOS GENERALES		
Precio Adquisición: \$ <u>16 860 550.00</u>		Tipo de cambio: \$ 70.00 M.N./D11.
Equipo Adicional: _____	Vida económica (Ve): <u>6 años</u>	Fecha cotización: <u>Vier.3/Dic./82</u>
_____	Horas por año (Ha): <u>2 000 hr/año</u>	
_____	Motor <u>Diesel</u> de <u>190</u> HP	
Valor inicial (Va): \$ <u>16 860 550.00</u>	Factor operación: <u>0.80</u>	
Valor rescate (Vr): <u>10%</u> \$ <u>1 686 055.00</u>	Potencia operación: <u>152</u> HP.op.	
Tasa interés (i): <u>30%</u>	Coefficiente almacenaje (K): <u>0.10</u>	
Prima seguros (s): <u>3%</u>	Factor mantenimiento (Q): <u>0.80</u>	
I. CARGOS FIJOS		
a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{16\ 860\ 550 - 1\ 686\ 055}{12\ 000} = \$$	<u>1 264.54</u>	
b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i = \frac{16\ 860\ 550 + 1\ 686\ 055}{2(2\ 000)} \times 0.30 = \$$	<u>1 390.99</u>	
c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s = \frac{16\ 860\ 550 + 1\ 686\ 055}{2(2\ 000)} \times 0.03 = \$$	<u>139.10</u>	
d) Almacenaje: $A = KD = 0.10(1\ 264.54) = \$$	<u>126.45</u>	
e) Mantenimiento: $M = QD = 0.80(1\ 264.54) = \$$	<u>1 011.63</u>	
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		\$ <u>3 932.71</u>



ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA 12

CONSTRUCTORA: _____ _____	Máquina: <u>CAMION DE VOLTEO</u>	Hoja N°: <u>4</u>
	Modelo: <u>F600</u>	Calculó: <u>F.B.G.</u>
OBRA: _____	Datos Adic: <u>6 M<sup>3</sup></u>	Revisó: <u>S.C.P.</u>
		Fecha: <u>DICIEMBRE/82</u>

DATOS GENERALES

Tipo de cambio: \$ 70.00M.N./D11  
 Precio Adquisición: \$ 1 188 500.00 Fecha cotización: Vier.3/Dic./82  
 Equipo Adicional: Vida económica(Ve): 5 años  
Llantas ( 6 ) \$ 73 800.00 Horas por año (Ha): 2 000 hr/año  
 Motor Gasolina de 150 HP  
 Valor inicial (Va): \$ 1 114 700.00 Factor operación: 0.80  
 Valor rescate (Vr): 10 % \$ 111 470.00 Potencia operación: 120 HP.op.  
 Tasa interés (i): 30 % Coeficiente almacenaje (K): 0.08  
 Prima seguros (s): 3 % Factor mantenimiento (Q): 0.90

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciación:  $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1\ 114\ 700 - 111\ 470}{10\ 000} = \$ \underline{100.32}$

b) Inversión:  $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} \cdot i = \frac{1\ 114\ 700 + 111\ 470}{2(2\ 000)} \times 0.30 = \$ \underline{91.96}$

c) Seguros:  $S = \frac{Va + Vr}{2Ha} \cdot s = \frac{1\ 114\ 700 + 111\ 470}{2(2\ 000)} \times 0.03 = \$ \underline{9.20}$

d) Almacenaje:  $A = KD = \underline{0.08(100.32)} = \$ \underline{8.02}$

e) Mantenimiento:  $M = QD = \underline{0.90(100.32)} = \$ \underline{90.29}$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 299.79

## II. CONSUMOS

a) Combustible:  $E = a P_c$

Diesel:  $E = 0.20 X$  \_\_\_\_\_ HP.op. X \$ \_\_\_\_\_ /lt. = \$ \_\_\_\_\_

Gasolina:  $E = 0.24 X$  120 HP.op. X \$ 20 /lt. = \$ 576.00

b) Otras fuentes de energía: \_\_\_\_\_

c) Lubricantes:  $L = a P_e$

Capacidad carter:  $C = \frac{6}{70}$  litros

Cambios aceite:  $t =$  \_\_\_\_\_ horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} X$  120 HP.op. = 0.51 lt/hr.

$L =$  0.51 lt/hr X \$ 60.00 /lt = \$ 30.60

d) Llantas:  $Ll = \frac{V Ll}{Hv}$  (valor llantas)  
(vida económica)

Vida económica:  $Hv =$  2 500 horas

$Ll = \frac{73\ 800.00}{2\ 500} =$  \$ 29.52 /hr.

SUMA DE CONSUMOS POR HORA \$ 636.12

## III. OPERACION

S = Salario

Operador: \$ 2 114.67/Turno

\$ \_\_\_\_\_

Sal/turno-prom: \$ 2 114.67

Hrs/turno-prom: (M)  $\Rightarrow M = 8$  Hrs. =  $8 X 0.917 = 7.32$  Hrs.

Operación =  $O = \frac{S}{M} = \frac{2\ 114.67}{7.32} =$  \$ 288.89 /hr.

SUMA OPERACION POR HORA \$ 288.89

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 1 224.80

## C A P I T U L O      I I

GRAFICA DEL USO DE CADA MAQUINA -DISTANCIA

CALCULO DEL COSTO POR M<sup>3</sup> DE ACARREO CON TRACTOR

CATERPILLAR D8-K

DATOS:

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO EN BANCO	1 600 kg/M <sup>3</sup>
ALTITUD S.N.M.	500 M
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 o SU RECIPROCO 0.8
ANGULO DE REPOSO	38°
PENDIENTE	0 % ( NULA )
DIMENSION DE LA HOJA (8U)	4.24 M (Long.) X 1.52 M (Alt.)
PESO DEL TRACTOR	31.616 TON.
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA	\$ 5 250.61

## PARA 60 M DE ACARREO

Producción =  $440 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

Factores de Corrección:

• Operación	0.75
• Material	1.20
• Peso Volumétrico	1.12
• Eficiencia Horaria	0.917
• Pendiente	1.00

Producción Real =  $(440)(0.75 \times 1.20 \times 1.12 \times 0.917 \times 1.00) = 406.71 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\text{Costo por M}^3 = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{5\,250.61}{406.71} = \underline{\underline{\$ 12.91}}$$

## PARA 100 M DE ACARREO

Producción =  $290 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

Factores de Corrección:

• Operación	0.75
• Material	1.20
• Peso Volumétrico	1.12
• Eficiencia Horaria	0.917
• Pendiente	1.00

Producción Real =  $(290)(0.75 \times 1.20 \times 1.12 \times 0.917 \times 1.00) = 268.06 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\text{Costo por M}^3 = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{5\,250.61}{268.06} = \underline{\underline{\$ 19.59}}$$

## PARA 200 M DE ACARREO

Producción = 160 m<sup>3</sup>/hr.

Factores de Corrección:

• Operación	0.75
• Material	1.20
• Peso Volumétrico	1.12
• Eficiencia Horaria	0.917
• Pendiente	1.00

Producción Real = (160)(0.75 X 1.20 X 1.12 X 0.917 X 1.00) = 147.89 m<sup>3</sup>/hr

Costo por M<sup>3</sup> =  $\frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{5,250.61}{147.89} = \underline{\underline{\$ 35.50}}$

CALCULO DEL COSTO POR M<sup>3</sup> DE ACARREO CON MOTOSCREPA

CATERPILLAR 623-B

DATOS:

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO EN BANCO	1 600 kg/M <sup>3</sup>
ALTITUD S.N.M.	500 M
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 o SU RECIPROCO 0.8
ANGULO DE REPOSO	38°
PENDIENTE	0 % ( NULA )
DIMENSION DE LA HOJA (8U)	4.24 M (Long.) X 1.52 M (Alt.)
PESO DEL TRACTOR	31.616 TON.
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA	\$ 5 250.61

## PARA 60 M DE ACARREO

- A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO: Es función fundamentalmente de las condiciones del terreno y del peso de la máquina vacía o cargada 15 Kg por cada tonelada de carga y por cada --- 2.5 cm de penetración.

Penetración en camino sin revestir = 7.5 cm.

$$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg/ton M}$$

Sumando 20 Kg/ton M por deformación de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

$$\text{RESISTENCIAS AL RODAMIENTO} = 45 + 20 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

- B. RESISTENCIA POR PENDIENTE: 10 Kg/ton M por cada 1% de pendiente.

Para el tramo en estudio 0% (NULA) = 0 Kg/ton M

C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA =  $65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$

D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO =  $65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$

- E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:

a) Máq. Cargada =  $65 \text{ Kg/ton M} \times 53.78 \text{ ton} = 3.495 \text{ ton}$

b) Máq. Vacía =  $65 \text{ Kg/ton M} \times 32.28 \text{ ton} = 2.098 \text{ ton}$

- F. CORRECCION POR ALTIUD: La mayoría de las máquinas se diseñan para funcionar hasta 1 500 M.S.N.M. sin pérdida de potencia y se considera un porcentaje del 1% de pérdida de potencia para cada 100 Mts. de altitud después de los ---

1 500 Mts.

En nuestro caso tenemos 500 M.S.N.M. por lo tanto no se hace corrección por altitud.

**G. VELOCIDADES:**

- a) Máq. Cargada = 19 Km/hr ( 50 Velocidad )  
 b) Máq. Vacía = 33 Km/hr ( 70 Velocidad )

**H. VELOCIDADES MEDIAS: 0.65 (Velocidad)**

- a) Máq. Cargada = 12.35 Km/hr = 205.83 m/min  
 b) Máq. Vacía = 21.45 Km/hr = 357.50 m/min

**I. TIEMPOS:**

- a) Máq. Cargada = 0.292 min  
 b) Máq. Vacía = 0.168 min  
 Tiempo Fijo = 1.30 min  
 Total = 1.76 min

**J. COSTO DEL METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO:**

- Tiempo total = 1.76 min
- Nº de viajes por hora =  $\frac{60}{1.76} = 34.09$  viajes
- Capacidad de la motoescrepa en banco =  $(15.8 \text{ m}^3)(0.8) = 13.44 \text{ m}^3$
- Producción =  $(13.44 \text{ m}^3)(34.09) = 458.17 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Producción Real =  $(458.17)(0.917) = 420.14 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\text{Costo por M}^3 = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{6\,544.51}{420.14} = \underline{\underline{\$ 15.58}}$$

## PARA 100 M DE ACARREO

## A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO:

Penetración en camino sin revestir = 7.5 cm.

$$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg/ton M}$$

Sumando 20 Kg/ton M por deformación de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

$$\text{RESISTENCIA AL RODAMIENTO} = 45 + 20 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

## B. RESISTENCIA POR PENDIENTE:

Para el tramo en estudio 0% (NULA) = 0 Kg/ton M

$$\text{C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA} = 65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

$$\text{D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO} = 65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

## E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:

$$\text{a) Máq. Cargada} = 65 \text{ Kg/ton M} \times 53.78 \text{ ton} = 3.495 \text{ ton}$$

$$\text{b) Máq. Vacía} = 65 \text{ Kg/ton M} \times 32.28 \text{ ton} = 2.098 \text{ ton}$$

## F. CORRECCION POR ALTITUD:

En nuestro caso tenemos 500 M.S.N.M. por lo tanto no se hace corrección por altitud.

## G. VELOCIDADES:

$$\text{a) Máq. Cargada} = 19 \text{ Km/hr ( 50 Velocidad )}$$

$$\text{b) Máq. Vacía} = 33 \text{ Km/hr ( 70 Velocidad )}$$

H. VELOCIDADES MEDIAS: 0.65 ( Velocidad )

a) Máq. Cargada = 12.35 Km/hr = 205.83 m/min

b) Máq. Vacía = 21.45 Km/hr = 357.50 m/min

I. TIEMPOS:

a) Máq. Cargada = 0.486 min

b) Máq. Vacía = 0.280 min

Tiempo Fijo = 1.30 min

Total = 2.066 min

J. COSTO DEL METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO:

• Tiempo Total = 2.066 min

• Nº de viaje por hora =  $\frac{60}{2.066} = 29.04$  viajes

• Capacidad de la motoescropa en banco =  $(16.8 \text{ m}^3)(0.8) = 13.44 \text{ m}^3$

• Producción =  $(29.04)(13.44) = 390.30 \text{ m}^3/\text{hr}$

• Producción Real =  $(390.30)(0.917) = 357.91 \text{ m}^3/\text{hr}$

Costo por  $\text{M}^3 = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{6\ 544.61}{357.91} = \underline{\underline{\$ 18.29}}$

PARA 200 M DE ACARREO

A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO

Penetración en camino sin revestir = 7.5 cm

$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg/ton M}$

Sumando 20 Kg/ton M por deformación de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

RESISTENCIA AL RODAMIENTO =  $45 + 20 = 65$  Kg/ton M

**B. RESISTENCIA POR PENDIENTE:**

Para el tramo en estudio 0% (NULA) = 0 Kg/ton M

C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA =  $65 + 0 = 65$  Kg/ton M

D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO =  $65 + 0 = 65$  Kg/ton M

**E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:**

a) Máq. Cargada =  $65$  Kg/ton M X  $53.78$  ton =  $3.495$  ton

b) Máq. Vacía =  $65$  Kg/ton M X  $32.28$  ton =  $2.098$  ton

**F. CORRECCION POR ALTITUD:**

En nuestro caso tenemos 500 M.S.N.M. por lo tanto no se hace corrección por altitud.

**G. VELOCIDADES:**

a) Máq. Cargada =  $19$  Km/hr ( 5ª Velocidad )

b) Máq. Vacía =  $33$  Km/hr ( 7ª Velocidad )

**H. VELOCIDADES MEDIAS: 0.65 ( Velocidad )**

a) Máq. Cargada =  $12.35$  Km/hr =  $205.83$  m/min

b) Máq. Vacía =  $21.45$  Km/hr =  $357.50$  m/min

**I. TIEMPOS:**

a) Máq. Cargada =  $0.972$  min

b) Máq. Vacía =  $0.559$  min

Tiempo Fijo =  $1.30$  min

Total =  $2.831$  min

J. COSTO DEL METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO:

- Tiempo Total = 2.831 min
- Nr de viaje por hora =  $\frac{60}{2.831} = 21.19$  viajes
- Capacidad de la motoescropa en banco =  $(16.8 \text{ m}^3)(0.8) = 13.44 \text{ m}^3$
- Producción =  $(21.19)(13.44) = 284.79 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Producción Real =  $(284.79)(0.917) = 261.15 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\text{Costo por M}^3 = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{\$ 544.61}{261.15} = \underline{\underline{\$ 2.09}}$$

PARA 350 M DE ACARREO

A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO:

Penetración en camino sin revestir = 7.5 cm

$$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg/ton M}$$

Sumando 20 Kg/ton M por deformación de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

$$\text{RESISTENCIA AL RODAMIENTO} = 45 + 20 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

B. RESISTENCIA POR PENDIENTE:

Para el tramo en estudio 0% (NULA) = 0 Kg/ton M

$$\text{C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA} = 65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

$$\text{D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO} = 65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:

$$\text{a) Máq. Cargada} = 65 \text{ Kg/ton M} \times 53.78 \text{ ton} = 3.495 \text{ ton}$$

$$\text{b) Máq. Vacía} = 65 \text{ Kg/ton M} \times 32.28 \text{ ton} = 2.098 \text{ ton}$$

**F. CORRECCION POR ALTITUD:**

En nuestro caso tenemos 500 M.S.N.M. por lo tanto no se hace corrección por altitud.

**G. VELOCIDADES:**

a) Máq. Cargada = 19 Km/hr ( 5ª Velocidad )

b) Máq. Vacía = 33 Km/hr ( 7ª Velocidad )

**H. VELOCIDADES MEDIAS: 0.65 ( Velocidad )**

a) Máq. Cargada = 12.35 Km/hr = 205.83 m/min

b) Máq. Vacía = 21.45 Km/hr = 357.50 m/min

**I. TIEMPOS:**

a) Máq. Cargada = 1.70 min

b) Máq. Vacía = 0.979 min

Tiempo Fijo = 1.30 min

Total = 3.979 min

**J. COSTO DEL METRO CUBICO DEL MATERIAL MOVIDO:**

• Tiempo Total = 3.979 min

• Nº de viajes por hora =  $\frac{60}{3.979} = 15.08$  viajes

• Capacidad de la motoescrepa en banco =  $(16.8 \text{ m}^3)(0.8) = 13.44 \text{ m}^3$

• Producción =  $(15.08)(13.44) = 202.68 \text{ m}^3/\text{hr}$

• Producción Real =  $(202.68)(0.917) = 185.86 \text{ m}^3/\text{hr}$

Costo por  $\text{M}^3 = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{6\ 544.61}{185.86} = \underline{\underline{\$ 35.21}}$

PARA 600 M DE ACARREO

A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO

Penetración en camino sin revestir = 7.5 cm

$$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg/ton M}$$

Sumando 20 Kg/ton M por deformación de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

$$\text{RESISTENCIA AL RODAMIENTO} = 45 + 20 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

B. RESISTENCIA POR PENDIENTE:

Para el tramo en estudio 0% (NULA) = 0 Kg/ton M

$$\text{C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA} = 65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

$$\text{D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO} = 65 + 0 = 65 \text{ Kg/ton M}$$

E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:

$$\text{a) Máq. Cargada} = 65 \text{ Kg/ton M} \times 53.78 \text{ ton} = 3.495 \text{ ton}$$

$$\text{b) Máq. Vacía} = 65 \text{ Kg/ton M} \times 32.28 \text{ ton} = 2.098 \text{ ton}$$

F. CORRECCION POR ALTITUD:

En nuestro caso tenemos 500 M.S.N.M. por lo tanto no se hace corrección por altitud.

G. VELOCIDADES:

$$\text{a) Máq. Cargada} = 19 \text{ Km/hr ( 5ª Velocidad )}$$

$$\text{b) Máq. Vacía} = 33 \text{ Km/hr ( 7ª Velocidad )}$$

H. VELOCIDADES MEDIAS: 0.65 ( Velocidad )

a) Máq. Cargada = 11.35 Km/hr = 205.83 m/min

b) Máq. Vacía = 21.45 Km/hr = 357.50 m/min

I. TIEMPOS:

a) Máq. Cargada = 2.915 min

b) Máq. Vacía = 1.678 min

Tiempo Fijo = 1.30 min

Total = 5.893 min

J. COSTO POR METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO:

• Tiempo Total = 5.893 min

• No de viajes por hora =  $\frac{60}{5.893} = 10.18$  viajes

• Capacidad de la motoescrepa en banco =  $(16.2 \text{ m}^3)(0.8) = 13.44 \text{ m}^3$

• Producción =  $(10.18)(13.44) = 136.82 \text{ m}^3/\text{hr}$

• Producción Real =  $(136.82)(0.917) = 125.46 \text{ m}^3/\text{hr}$

Costo por  $\text{M}^3 = \frac{\text{Costo Horário}}{\text{Producción Real}} = \frac{6\ 544.61}{125.46} = \underline{\underline{\$ 52.16}}$

PARA 900 M DE ACARREO

A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO

Penetración en camino sin revestir = 7.5 cm

$$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg/ton M}$$

Sumando 20 Kg/ton M por deformación de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

RESISTENCIA AL RODAMIENTO =  $45 + 20 = 65$  Kg/ton M

B. RESISTENCIA POR PENDIENTE:

Para el tramo en estudio 0% (NULA) = 0 Kg/ton M

C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA =  $65 + 0 = 65$  Kg/ton M

D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO =  $65 + 0 = 65$  Kg/ton M

E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:

a) Máq. Cargada =  $65$  Kg/ton M X  $53.73$  ton =  $3.495$  ton

b) Máq. Vacía =  $65$  Kg/ton M X  $32.28$  ton =  $2.098$  ton

F. CORRECCION POR ALTITUD:

En nuestro caso tenemos 500 M.S.N.M. por lo tanto no se hace corrección por altitud.

G. VELOCIDADES:

a) Máq. Cargada =  $19$  Km/hr ( 59 Velocidad )

b) Máq. Vacía =  $33$  Km/hr ( 79 Velocidad )

H. VELOCIDADES MEDIAS:  $0.65$  ( Velocidad )

a) Máq. Cargada =  $12.35$  Km/hr =  $205.83$  m/min

b) Máq. Vacía =  $21.45$  Km/hr =  $357.50$  m/min

I. TIEMPOS:

a) Máq. Cargada =  $4.373$  min

b) Máq. Vacía =  $2.517$  min

Tiempo Fijo =  $1.30$  min

Total =  $8.190$  min

J. COSTO DEL METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO:

- Tiempo Total = 8.19 min

- NR de viaje por hora =  $\frac{60}{8.190} = 7.33$  viajes

- Capacidad de la motoescrepa en banco =  $(16.8 \text{ m}^3)(0.8) = 13.44 \text{ m}^3$

- Producción =  $(7.33)(13.44) = 98.52 \text{ m}^3$

- Producción Real =  $(98.52)(0.917) = 90.34 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\text{Costo por M}^3 = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{6,544.51}{90.34} = \underline{\underline{72.44}}$$

CALCULO DEL COSTO POR M<sup>3</sup> DE ACARREO CON CARGADOR

FRONTAL CATERPILLAR 977-L Y CAMIONES

DATOS:

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO	
PESO VOLUMETRICO EN BANCO	1 600 kg/M <sup>3</sup>	
ALTITUD S.N.M.	500 M	
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 o SU RECIPROCO 0.8	
CALIDAD DEL CAMINO	SIN REVESTIR	
CAPACIDAD DEL CUCHARON	2.29 M <sup>3</sup>	
PESO DE LA MAQUINA VACIA	22.507 TON	
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (CARGADOR)		\$ 4 754.92
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (CAMION)		\$ 1 224.80

## CALCULO DEL COSTO POR METRO CUBICO DEL CARGADOR

Frontal 977 - L

- Capacidad del cucharón =  $2.29 \text{ m}^3$
- Volúmen por ciclo = Factor de Carga X Capacidad Teórica
- Factor de Carga = 1.0
- Volúmen por ciclo =  $(2.29 \text{ m}^3)(1.0) = 2.29 \text{ m}^3$

El tiempo de un ciclo está compuesto por el tiempo del ciclo básico más el tiempo del ciclo de acarreo.

- Ciclo Básico = 30 seg

## CORRECCIONES:

- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| • Por material           | + 1.2 seg        |
| • Por montón             | + 1.2 seg        |
| • Por operación continua | <u>- 2.4 seg</u> |
|                          | 0.0 seg          |

Por lo tanto tenemos:

- Tiempo del ciclo básico = 30 seg = 0.5 min
- Un camión de  $6 \text{ m}^3$  es llenado en 3 botes
- Tiempo de llenado del camión =  $(3)(0.5 \text{ min}) = 1.5 \text{ min}$
- Camiones llenados/hr =  $\frac{55}{1.5} = 36.67 \text{ camiones}$
- Producción =  $(36.67)(6 \text{ m}^3) = 220.02 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Producción Real =  $(220.02 \text{ m}^3/\text{hr})(0.80) = 176.02 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\text{Costo por M}^3 \text{ de carga} = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción Real}} = \frac{4\,754.92}{176.02} = \underline{\underline{\$ 27.01}}$$

CALCULO DEL COSTO POR METRO CUBICO DE TRANSPORTE CON  
CAMION DE 6 M<sup>3</sup> DISTANCIA = 50 M

Velocidad promedio de ida = 20 Km/hr

Velocidad promedio de regreso = 30 Km/hr

• DETERMINACION DEL CICLO:

Tiempo de carga	1.50 min
Tiempo de ida	0.18 min
Tiempo de descarga	0.50 min
Tiempo de regreso	0.12 min
	<hr/>
	2.30 min

- Nº de viajes por hora =  $\frac{55}{2.30} = 23.91$  viajes
- Volúmen por hora =  $(23.91)(6) = 143.46$  m<sup>3</sup>
- Nº de camiones =  $\frac{176.02}{(143.46)(0.8)} = 1.53 = 2$  CAMIONES
- Costo horario de cargador = \$ 4 754.92
- Costo por M<sup>3</sup> de carga =  $\frac{4\ 754.92}{176.02} = \$ 27.01$
- Costo horario de camión = \$ 1 224.80
- Costo por M<sup>3</sup> de acarreo =  $\frac{1\ 224.80}{(143.46)(0.8)} = \$ 10.67$

COSTO DE ACARREO MAS CARGA:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	\$ 10.67
TOTAL	=	<hr/> \$ 37.68

Si se incluye en el análisis el costo por concepto de camiones esperando, tenemos:

Factor por concepto de espera (  $C_e$  ):

$$C_e = \frac{2}{1.53} = 1.30$$

Tenemos entonces que el costo de acarreo es igual a:

$$10.67 \times 1.30 = \$ 13.87$$

Finalmente tenemos:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	<u>\$ 13.87</u>
TOTAL	=	\$ 40.88

CALCULO DEL COSTO POR METRO CUBICO DE TRANSPORTE CON  
CAMION DE 6 M<sup>3</sup> DISTANCIA = 100 M

Velocidad promedio de ida = 25 Km/hr

Velocidad promedio de regreso = 35 Km/hr

• DETERMINACION DEL CICLO:

Tiempo de carga	1.50 min
Tiempo de ida	0.24 min
Tiempo de descarga	0.50 min
Tiempo de regreso	0.17 min
	<u>2.41 min</u>

- Nº de viajes por hora =  $\frac{55}{2.41} = 22.82$  viajes
- Volúmen por hora =  $(22.82)(6) = 136.92 \text{ m}^3$
- Nº de camiones =  $\frac{176.02}{(136.92)(0.8)} = 1.61 = 2 \text{ CAMIONES}$
- Costo horario de cargador = \$ 4 754.92
- Costo por  $\text{M}^3$  de carga =  $\frac{4\,754.92}{176.02} = \$ 27.01$
- Costo horario de camión = \$ 1 224.80
- Costo por  $\text{M}^3$  de acarreo =  $\frac{1\,224.80}{(136.92)(0.8)} = \$ 11.18$

COSTO DE ACARREO MAS CARGA:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	\$ 11.18
TOTAL	=	\$ 38.19

Factor por concepto de espera (  $C_e$  ):

$$C_e = \frac{2}{1.61} = 1.24$$

Tenemos entonces que el costo de acarreo es igual a:

$$11.18 \times 1.24 = \$ 13.86$$

Finalmente tenemos:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	\$ 13.86
TOTAL	=	\$ 40.87

CALCULO DEL COSTO POR METRO CUBICO DE TRANSPORTE CON  
CAMION DE 6 M<sup>3</sup> DISTANCIA = 200 M

Velocidad promedio de ida = 30 Km/hr

Velocidad promedio de regreso = 40 Km/hr

• DETERMINACION DEL CICLO:

Tiempo de carga	1.50 min
Tiempo de ida	0.40 min
Tiempo de descarga	0.50 min
Tiempo de regreso	<u>0.30 min</u>
	2.70 min

• N° de viajes por hora =  $\frac{55}{2.70} = 20.37$  viajes

• Volúmen por hora =  $(20.37)(6) = 122.22$  m<sup>3</sup>

• N° de camiones =  $\frac{176.02}{(122.22)(0.8)} = 1.8 = 2$  CAMIONES

• Costo horario de cargador = \$ 4 754.92

• Costo por M<sup>3</sup> de carga =  $\frac{4\ 754.92}{176.02} = \$ 27.01$

• Costo horario de camión = \$ 1 224.80

• Costo por M<sup>3</sup> de acarreo =  $\frac{1\ 224.80}{(122.22)(0.8)} = \$ 12.53$

COSTO DE ACARREO MAS CARGA:

COSTO DE CARGA = \$ 27.01

COSTO DE ACARREO = \$ 12.53

TOTAL = \$ 39.54

Factor por concepto de espera (  $C_e$  ):

$$C_e = \frac{2}{1.8} = 1.11$$

Tenemos entonces que el costo de acarreo es igual a:

$$12.53 \times 1.11 = \$ 13.91$$

Finalmente tenemos:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	<u>\$ 13.91</u>
TOTAL	=	\$ 40.92

CALCULO DEL COSTO POR METRO CUBICO DE TRANSPORTE CON  
CAMION DE 6 M<sup>3</sup> DISTANCIA = 350 M

Velocidad promedio de ida = 35 Km/hr

Velocidad promedio de regreso = 45 Km/hr

• DETERMINACION DEL CICLO:

Tiempo de carga	1.50 min
Tiempo de ida	0.60 min
Tiempo de descarga	0.50 min
Tiempo de regreso	<u>0.47 min</u>
	3.07 min

• N<sup>o</sup> de viajes por hora =  $\frac{55}{3.07} = 17.91$  viajes

• Volúmen por hora =  $(17.91)(6) = 107.46$  m<sup>3</sup>

• N<sup>o</sup> de camiones =  $\frac{176.02}{(107.46)(0.8)} = 2.05 = 2$  CAMIONES

- Costo horario de cargador = \$ 4 754.92
- Costo por M<sup>3</sup> de carga =  $\frac{4\ 754.92}{178.02} = \$ 27.01$
- Costo horario de camión = \$ 1 224.80
- Costo por M<sup>3</sup> de acarreo =  $\frac{1\ 224.80}{(107.45)(0.8)} = \$ 14.25$

COSTO DE ACARREO MAS CARGA:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	\$ 14.25
TOTAL	=	\$ 41.26

Para esta distancia de acarreo no se tienen tiempos de espera, por lo que el costo de acarreo no es afectado por dicho factor, por lo que se tiene:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	\$ 14.25
TOTAL	=	\$ 41.26

CALCULO DEL COSTO POR METRO CUBICO DE TRANSPORTE CON  
CAMION DE 6 M<sup>3</sup> DISTANCIA = 600 M

Velocidad promedio de ida = 40 Km/hr

Velocidad promedio de regreso = 50 Km/hr

• DETERMINACION DEL CICLO:

Tiempo de carga	1.50 min
Tiempo de ida	0.90 min
Tiempo de descarga	0.50 min

Tiempo de regreso

0.72 min

3.62 min

- N<sup>o</sup> de viajes por hora =  $\frac{55}{3.62} = 15.19$  viajes
- Volúmen por hora =  $(15.19)(6) = 91.14 \text{ m}^3$
- N<sup>o</sup> de camiones =  $\frac{176.02}{(91.14)(0.8)} = 2.41 = 3$  CAMIONES
- Costo horario de cargador = \$ 4 754.92
- Costo por M<sup>3</sup> de carga =  $\frac{4\ 754.92}{176.02} = \$ 27.01$
- Costo horario de camión = \$ 1 224.80
- Costo por M<sup>3</sup> de acarreo =  $\frac{1\ 224.80}{(91.14)(0.8)} = \$ 16.80$

COSTO DE ACARREO MAS CARGA:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	<u>\$ 16.80</u>
TOTAL	=	\$ 43.81

Factor por concepto de espera (  $C_e$  ):

$$C_e = \frac{3}{2.41} = 1.24$$

Tenemos entonces que el costo de acarreo es igual a:

$$16.80 \times 1.24 = \$ 20.83$$

Finalmente tenemos:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	<u>\$ 20.83</u>
TOTAL	=	\$ 47.84

CALCULO DEL COSTO POR METRO CUBICO DE TRANSPORTE CON  
CAMION DE 6 M<sup>3</sup> DISTANCIA = 900 M

Velocidad promedio de ida = 40 Km/hr

Velocidad promedio de regreso = 50 Km/hr

• DETERMINACION DEL CICLO:

Tiempo de carga	1.50 min
Tiempo de ida	1.35 min
Tiempo de descarga	0.50 min
Tiempo de regreso	1.08 min
	<u>4.43 min</u>

• Nº de viajes por hora =  $\frac{55}{4.43} = 12.42$  viajes

• Volúmen por hora =  $(12.42)(6) = 74.52$  m<sup>3</sup>

• Nº de camiones =  $\frac{176.02}{(74.52)(0.8)} = 2.95 = 3$  CAMIONES

• Costo horario de cargador = \$ 4 754.92

• Costo por M<sup>3</sup> de carga =  $\frac{4\,754.92}{176.02} = \$ 27.01$

• Costo horario de camión = \$ 1 224.80

• Costo por M<sup>3</sup> de acarreo =  $\frac{1\,224.80}{(74.52)(0.8)} = \$ 20.54$

COSTO DE ACARREO MAS CARGA:

COSTO DE CARGA = \$ 27.01

COSTO DE ACARREO = \$ 20.54

TOTAL = \$ 47.55

Factor por concepto de espera (  $C_e$  ):

$$C_e = \frac{3}{2.95} = 1.02$$

Tenemos entonces que el costo de acarreo es igual a:

$$20.54 \times 1.02 = \$ 20.95$$

Finalmente tenemos:

COSTO DE CARGA	=	\$ 27.01
COSTO DE ACARREO	=	\$ 20.95
TOTAL	=	\$ 47.96

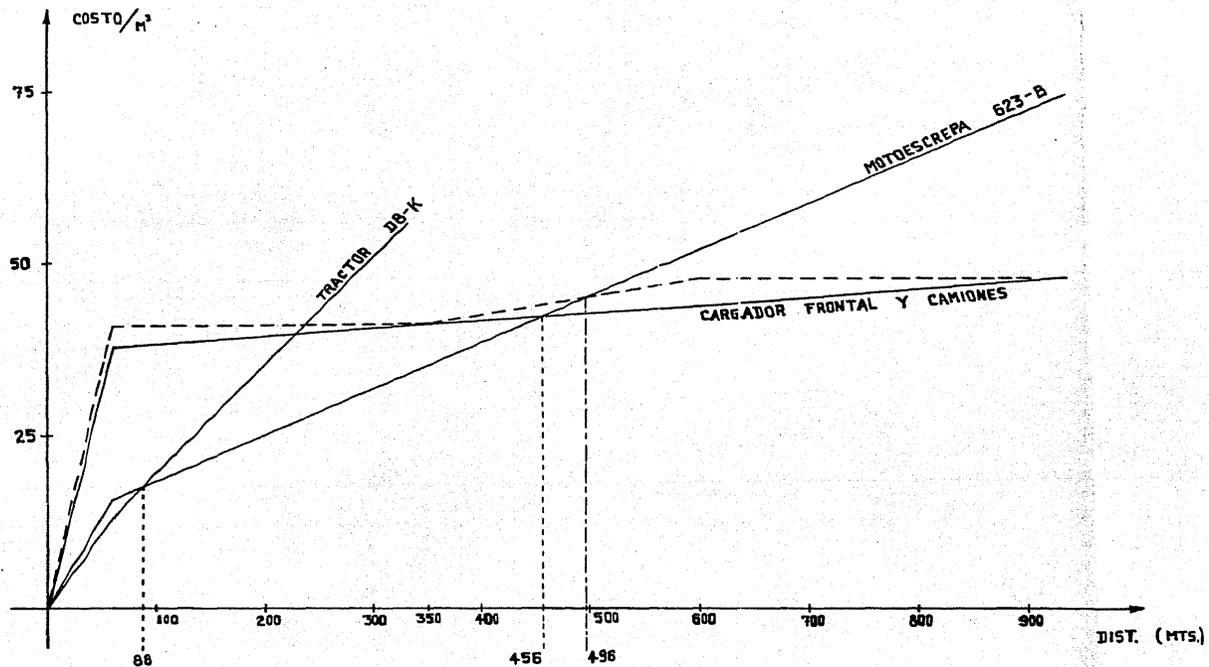
A continuación se graficarán los costos por  $M^3$  obtenidos, de acuerdo con el equipo empleado y las distancias de acarreo consideradas; tomando el origen a partir del acarreo libre.

Con la gráfica antes mencionada obtenemos el rango dentro del cual el uso de la maquinaria es óptimo, de esta manera se obtuvieron los siguientes rangos:

MAQUINARIA	RANGO
• Tractor D8-K con hoja topadora 8U	20 a 108 Mts.
• Motoescropa 623-B autocargable	108 a 476 Mts.
• Cargador Frontal 977-L con Camiones	> 476 Mts.

Es importante señalar que la curva considerada para el caso del Cargador Frontal y Camiones es la que aparece en la gráfica con línea continua, es decir, sin considerar los costos debidos a los tiempos de espera por los camiones para el llenado.

La razón por la cual se seleccionó de esta manera la curva antes mencionada, se debe principalmente a que con ésta se pueden apreciar gráficamente los incrementos del costo conforme aumentan las distancias de acarreo.



# C A P I T U L O      I I I

## CURVA DE MASAS

## CURVA DE MASAS

Para el cálculo de la curva de masas se desarrolló un proyecto geométrico con la siguiente secuencia de cálculo.

### 3.1 TRAZO PRELIMINAR

El trazo preliminar es la guía consistente en una poligonal con un mínimo de vértices y con la mayor aproximación a lo que será el trazo definitivo.

El trazo deberá tener una pendiente tal que no exceda la pendiente máxima de proyecto. A esta poligonal se le denomina línea a pelo de tierra.

El procedimiento seguido para el trazo de la línea a pelo de tierra es el siguiente:

Se abre el compás de puntas a una separación de 5 cm., que equivale a 100 mts. en escala 1:2 000 , se apoya éste en uno de los puntos por unir y se avanzan 100 mts. hasta un punto medio entre esa curva de nivel y la siguiente. La segunda marca coincidirá con la curva de nivel próxima, y así sucesivamente hasta llegar al punto 2. Con este procedimiento se logra definir dicha poligonal.

### 3.2 TRAZO DEFINITIVO

El trazo definitivo es una línea continua formada por curvas y tangentes lo más apegada posible al trazo preliminar.

Para trazar dicha línea, comenzamos por dibujar las -- curvas horizontales que de acuerdo a nuestro polígono son necesarias. Una vez trazadas éstas se unen mediante tangentes para definir nuestro trazo definitivo.

Finalmente se marcan cadenamientos a cada 20 mts.

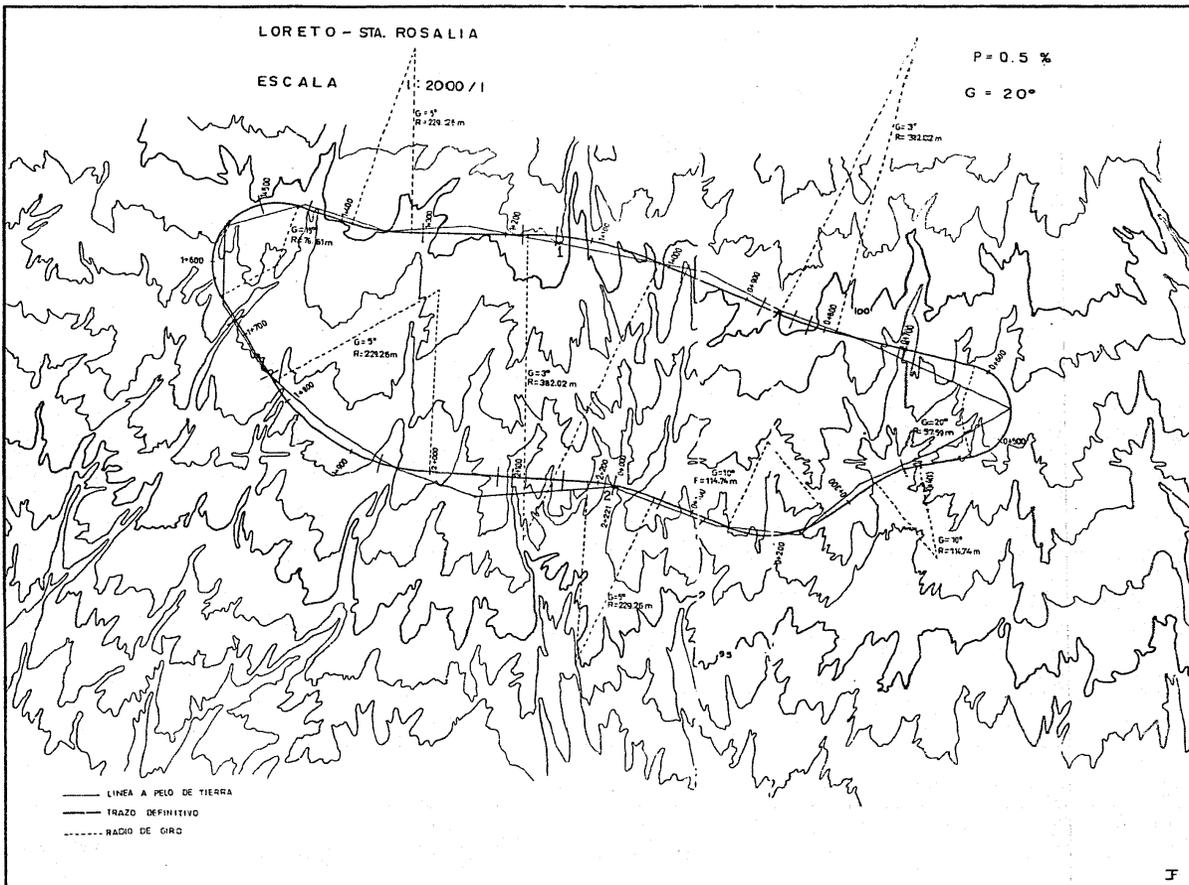
A continuación se muestra el plano topográfico donde - se pueden apreciar el trazo preliminar, el trazo definitivo y los radios de giro de las curvas horizontales.

LORETO - STA. ROSALIA

ESCALA 2000 / 1

P = 0.5 %

G = 20°



### 3.3 PERFIL

El perfil es el dibujo de un corte normal a la superficie del terreno natural, que recorre el trazo definitivo -- del eje de la vía.

Este dibujo resulta ser una línea quebrada, que define los accidentes que hay que librar para la ejecución de la obra.

Para el trazo del perfil fue necesario obtener las cotas del terreno para cada estación, ya que con la gráfica de éstas se obtiene la línea antes mencionada.

#### COTAS DEL TERRENO OBTENIDAS:

CADENAMIENTO	COTA	CADENAMIENTO	COTA	CADENAMIENTO	COTA
0+000	96.11	0+200	96.32	0+400	97.25
0+020	96.58	0+220	96.65	0+420	97.98
0+040	97.31	0+240	97.05	0+440	98.00
0+060	97.42	0+260	97.20	0+460	97.92
0+080	97.15	0+280	97.35	0+480	97.97
0+100	97.00	0+300	97.33	0+500	98.20
0+120	97.00	0+320	97.23	0+520	98.18
0+140	96.81	0+340	97.00	0+540	98.61
0+160	97.05	0+360	96.77	0+560	98.78
0+180	97.00	0+380	96.82	0+580	98.76

CADENAMIENTO	COTA	CADENAMIENTO	COTA	CADENAMIENTO	COTA
0+600	98.81	1+100	100.05	1+600	98.48
0+620	98.91	1+120	99.83	1+620	98.00
0+640	98.97	1+140	101.14	1+640	98.24
0+660	99.40	1+160	100.85	1+660	98.15
0+680	99.08	1+180	100.93	1+680	97.00
0+700	98.31	1+200	100.76	1+700	98.07
0+720	98.75	1+220	100.08	1+720	98.05
0+740	99.19	1+240	100.05	1+740	97.95
0+760	99.37	1+260	100.28	1+760	98.00
0+780	99.14	1+280	100.02	1+780	97.44
0+800	99.71	1+300	99.36	1+800	97.10
0+820	100.08	1+320	99.70	1+820	97.04
0+840	100.22	1+340	100.00	1+840	97.32
0+860	100.00	1+360	100.08	1+860	97.25
0+880	100.24	1+380	100.20	1+880	97.49
0+900	100.19	1+400	100.04	1+900	97.36
0+920	100.13	1+420	100.00	1+920	97.13
0+940	100.09	1+440	99.08	1+940	96.67
0+960	100.12	1+460	99.38	1+960	96.99
0+980	98.86	1+480	99.66	1+980	97.41
1+000	99.71	1+500	99.86	2+000	97.19
1+020	99.98	1+520	99.56	2+020	97.04
1+040	100.13	1+540	99.14	2+040	96.70
1+060	99.99	1+560	99.04	2+060	97.00
1+080	100.43	1+580	98.89	2+080	97.52

CADENAMIENTO	COTA	CADENAMIENTO	COTA	CADENAMIENTO	COTA
2+100	96.32	2+160	97.44	2+220	96.12
2+120	97.12	2+180	97.31	2+221	96.11
2+140	96.93	2+200	96.50		

### 3.4 RASANTE

Sobre el perfil del terreno se traza la rasante, la cual queda definida por una serie de rectas que tienden a igualar las áreas de corte con las de terraplén sin sobrepasar la pendiente máxima.

### 3.5 CURVAS VERTICALES

Son aquellas que se trazan para unir dos tramos de rasante con diferentes pendientes.

Una vez que se ha dibujado la rasante del camino sobre el perfil del terreno se procedió al cálculo de las curvas verticales.

## CALCULO DE LAS PENDIENTES DE LAS RASANTES

RASANTE	PUNTO INICIAL		PUNTO FINAL		PENDIENTE m	m%
	COTA	CADEN.	COTA	CADEN.		
1	96.11	0+000	97.17	0+364	$\frac{1.05}{354} = 0.00291$	0.29
2	97.17	0+364	99.00	0+616	$\frac{1.83}{252} = 0.00726$	0.73
3	99.00	0+616	100.35	1+158	$\frac{1.35}{542} = 0.00249$	0.25
4	100.35	1+158	99.65	1+448	$\frac{-0.7}{290} = -0.00241$	-0.24
5	99.65	1+448	97.45	1+752	$\frac{-2.2}{304} = -0.00724$	-0.72
6	97.45	1+752	96.68	2+220	$\frac{-0.77}{468} = -0.00165$	-0.17

CURVA VERTICAL Nº 1

ESTACION	N	N <sup>2</sup>	N <sup>2</sup> X CORREC. ( A )	COTA DE LA TANG DE EN TRADA (B)	COTA DE LA CURVA ( A+B )	OBS.
0+344	0	0	0	97.112	97.112	P.C.V
0+364	1	1	0.022	97.170	97.192	P.I.V
0+384	2	4	0.088	97.228	97.316	P.T.V

$$N = \frac{s_2 - s_1}{\dots}$$

$$N = \frac{0.73 - 0.29}{\dots} = \frac{0.44}{\dots} = 2$$

COMPROBACION:

$$C = \frac{s_2 - s_1}{10 N} = \frac{0.73 - 0.29}{20} = 0.022$$

$$97.17 + 1(0.146) = 97.316$$

CURVA VERTICAL Nº 2

ESTACION	N	N <sup>2</sup>	N <sup>2</sup> X CORREC. ( A )	COTA DE LA TANG DE EN TRADA (B)	COTA DE LA CURVA ( A+B )	OBS.
0+596	0	0	0	98.854	98.854	P.C.V
0+616	1	1	-0.024	99.000	98.976	P.I.V
0+636	2	4	-0.096	99.146	99.050	P.T.V

$$N = \frac{s_2 - s_1}{\dots}$$

$$N = \frac{0.25 - 0.73}{\dots} = \frac{-0.48}{\dots} = 2$$

COMPROBACION:

$$C = \frac{s_2 - s_1}{10 N} = \frac{0.25 - 0.73}{20} = -0.024$$

$$99.00 + 1(0.05) = 99.05$$

CURVA VERTICAL Nº 3

ESTACION	N	N <sup>2</sup>	N <sup>2</sup> X CORREC. ( A )	COTA DE LA TANG DE EN TRADA (B)	COTA DE LA CURVA ( A+B )	OBS.
1+138	0	0	0	100.30	100.300	P.C.V
1+158	1	1	-0.0245	100.35	100.326	P.I.V
1+178	2	4	-0.0980	100.40	100.302	P.T.V

$$N = / S_2 - S_1 /$$

$$N = / -0.24 - 0.25 / = / -C.49 / = 2$$

COMPROBACION:

$$C = \frac{S_2 - S_1}{10 N} = \frac{-0.24 - 0.25}{20} = -0.0245 \quad 100.35 - 1(0.048) = 100.302$$

CURVA VERTICAL Nº 4

ESTACION	N	N <sup>2</sup>	N <sup>2</sup> X CORREC. ( A )	COTA DE LA TANG DE EN TRADA (B)	COTA DE LA CURVA ( A+B )	OBS.
1+428	0	0	0	99.698	99.698	P.C.V
1+448	1	1	-0.024	99.650	99.626	P.I.V
1+468	2	4	-0.096	99.602	99.506	P.T.V

$$N = / S_2 - S_1 /$$

$$N = / -0.72 - (-0.24) / = / -0.48 / = 2$$

COMPROBACION:

$$C = \frac{S_2 - S_1}{10 N} = \frac{-0.72 - (-0.24)}{20} = -0.024 \quad 99.65 - 1(0.144) = 99.506$$

## CURVA VERTICAL Nº 5

ESTACION	N	N <sup>2</sup>	N <sup>2</sup> X CORREC. ( A )	COTA DE LA TANG DE EN TRADA (B)	COTA DE LA CURVA ( A+B )	Obs.
1+732	0	0	0	97.594	97.594	P.C.V
1+752	1	1	0.0275	97.450	97.4775	P.I.V
1+772	2	4	0.1100	97.306	97.416	P.T.V

$$N = \frac{s_2 - s_1}{\dots}$$

$$N = \frac{-0.17 - (-0.72)}{0.55} = 2 \quad \text{COMPROBACION:}$$

$$C = \frac{s_2 - s_1}{10 N} = \frac{-0.17 - (-0.72)}{20} = 0.0275 \quad 97.45 - 1(0.034) = 97.416$$

## CURVA VERTICAL Nº 6

ESTACION	N	N <sup>2</sup>	N <sup>2</sup> X CORREC. ( A )	COTA DE LA TANG DE EN TRADA (B)	COTA DE LA CURVA ( A+B )	Obs.
2+200	0	0	0	96.714	96.714	P.C.V
2+220	1	1	0.023	96.680	96.703	P.I.V
2+240	2	4	0.092	96.646	96.738	P.T.V

$$N = \frac{s_2 - s_1}{\dots}$$

$$N = \frac{0.29 - (-0.17)}{0.46} = 2 \quad \text{COMPROBACION:}$$

$$C = \frac{s_2 - s_1}{10 N} = \frac{0.29 - (-0.17)}{20} = 0.023 \quad 96.68 + 1(0.055) = 96.738$$

### 3.6 SECCIONES DE CONSTRUCCION

Son secciones transversales al eje de la vía, cuyas áreas es indispensable obtener para poder calcular posteriormente los volúmenes de material por mover.

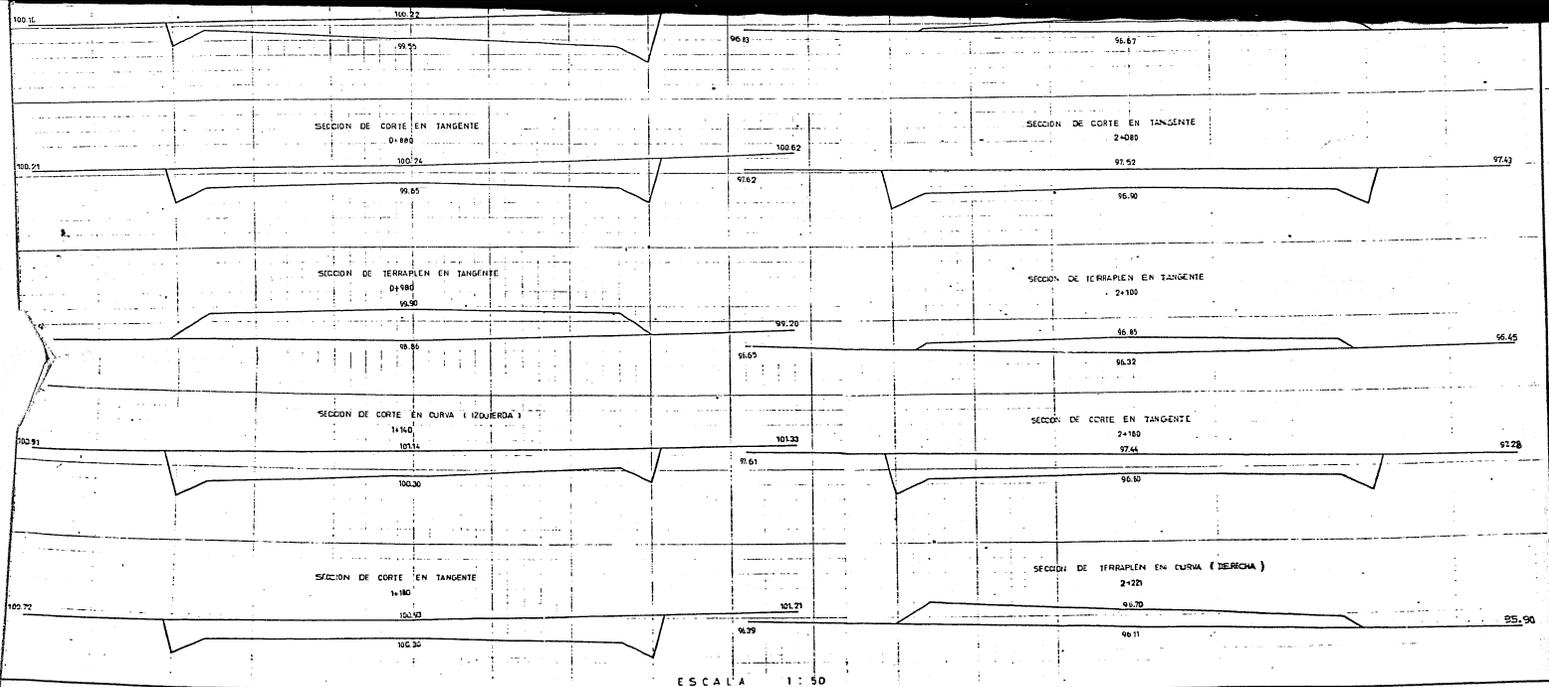
Para el caso que nos ocupa se seleccionaron, del total de las secciones transversales, unicamente los 10 mayores cortes y los 10 mayores terraplenes con el fin de poder calcular tanto la constante de corte como la constante de terraplén.

Para el dibujo de dichas secciones transversales fue necesario obtener los siguientes datos: Ver tabla 1.

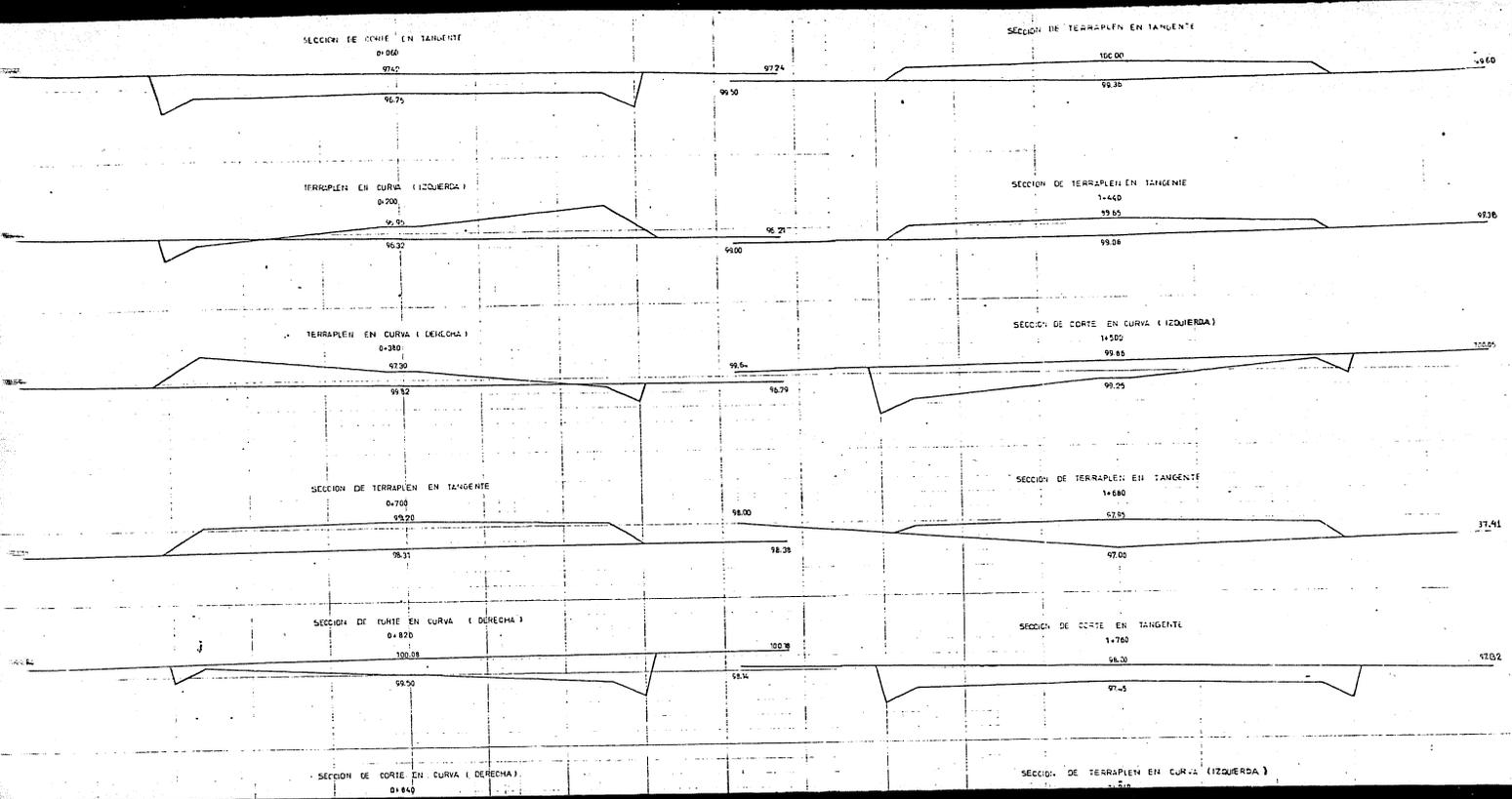
En el plano que a continuación se muestra pueden apreciarse las secciones transversales antes mencionadas.

T A B L A 1

KILOMETRAJE	COTA TERRENO	COTA RASANTE	COTA 12 m IZQUIERDA	COTA 12 m DERECHA	TANG. O CURVA CON SENTIDO
0+060	97.42	96.75	97.49	97.24	TANGENTE
0+200	96.32	96.95	96.44	96.21	CURVA A LA IZQ.
0+380	96.82	97.30	96.94	96.79	CURVA A LA DER.
0+700	98.31	99.20	98.17	98.38	TANGENTE
0+820	100.08	99.50	99.84	100.18	CURVA A LA DER.
0+840	100.22	99.55	100.10	100.53	CURVA A LA DER.
0+880	100.24	99.65	100.21	100.62	TANGENTE
0+980	98.86	99.90	99.00	99.20	TANGENTE
1+140	101.14	100.30	100.91	101.33	CURVA A LA IZQ.
1+180	100.93	100.30	100.72	101.21	TANGENTE
1+300	99.36	100.00	99.50	99.60	TANGENTE
1+440	99.08	99.65	99.00	99.38	TANGENTE
1+500	99.86	99.25	99.64	100.05	CURVA A LA IZQ.
1+680	97.00	97.95	98.00	97.41	TANGENTE
1+760	98.00	97.45	98.14	97.82	TANGENTE
1+940	96.67	97.15	96.83	96.61	CURVA A LA IZQ.
2+080	97.52	96.90	97.62	97.43	TANGENTE
2+100	96.32	96.85	96.65	96.45	TANGENTE
2+160	97.44	96.80	97.51	97.28	TANGENTE
2+221	96.11	96.70	96.39	95.90	CURVA A LA DER.



ESCALA 1:50



## 3.7 CALCULO DE LAS CONSTANTES

CALCULO DE LAS CONSTANTES DE CORTE ( $K_c$ )

CADENA- MIENTO	COTAS DEL TERRENO			COTA DE RASANTE	AREA DE CORTE	ESPESOR DE CORTE
	IZQ.	CENTRAL	DER.			
0+060	97.49	97.42	97.24	96.75	11.46875	0.67
0+820	99.84	100.08	100.18	99.50	8.84875	0.58
0+840	100.10	100.22	100.53	99.55	11.30375	0.67
0+880	100.21	100.24	100.62	99.65	11.57750	0.59
1+140	100.91	101.14	101.33	100.30	13.99625	0.84
1+180	100.72	100.93	101.21	100.30	11.07675	0.63
1+500	99.64	99.86	100.05	99.25	9.93025	0.61
1+760	98.14	98.00	97.82	97.45	9.98300	0.55
2+080	97.62	97.52	97.43	96.90	11.24750	0.62
2+160	97.61	97.44	97.28	96.80	11.66750	0.64

$$\Sigma = 111.00000 \quad \Sigma = 6.40$$

$$K_c = \frac{\Sigma A_c}{\Sigma E_c} = \frac{111.00}{6.40} = 17.344$$

CALCULO DE LAS CONSTANTES DE TERRAPLEN (  $K_t$  )

CADENA.. MIENTO	COTAS DEL TERRENO			COTA DE RASANTE	AREA DE TERRAPLEN	ESPESOR DE TERRAPLEN
	IZQ.	CENTRAL	DER.			
0+200	94.44	96.32	96.21	96.95	5.79875	0.63
0+380	96.94	96.82	96.79	97.30	6.22325	0.48
0+700	98.17	98.31	98.38	99.20	11.87000	0.89
0+980	99.00	98.86	99.20	99.90	12.53125	1.04
1+300	99.50	99.36	99.60	100.00	6.94775	0.64
1+440	99.00	99.08	99.38	99.65	6.61400	0.57
1+680	98.00	97.00	97.41	97.95	8.86900	0.95
1+940	96.83	96.57	96.61	97.15	7.82400	0.48
2+100	96.65	96.32	96.45	96.85	5.10500	0.53
2+221	96.39	96.11	95.90	96.70	7.86975	0.59

$$\Sigma = 79.65275 \quad \Sigma = 6.80$$

$$K_t = \frac{\Sigma A_t}{\Sigma E_t} = \frac{79.65275}{6.80} = 11.714$$

Estas constantes se multiplicaron por los espesores de corte o terraplén según el caso, para obtener el área de la sección en cada cadenamamiento a lo largo de todo el proyecto.

### 3.8 CALCULO DE LOS VOLUMENES

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones transversales, se procedió al cálculo de los volúmenes de tierra. Dichos volúmenes se obtuvieron como un promedio de dos áreas consecutivas multiplicado por la distancia entre ellas.

La expresión es:

$$\text{Volúmen} = \frac{A_1 + A_2}{2} \times d$$

### 3.9 CURVA DE MASAS

Es la representación gráfica de la suma algebraica de los volúmenes de corte y terraplén en un sistema de coordenadas rectangulares, donde las abscisas están representadas por las distancias en unidad de estación de 20 mts., desde el origen del proyecto de una vía y las ordenadas representan los valores de los volúmenes acumulados. Se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos.

Dicha curva de masas es utilizada para la distribución económica de los volúmenes de terracería.

En el plano que a continuación se presenta pueden apreciarse el perfil del terreno, la rasante del camino, la gráfica de la curva de masas, la tabla de cálculo de la misma y las líneas compensadoras, estas últimas serán objeto de estudio del siguiente capítulo.



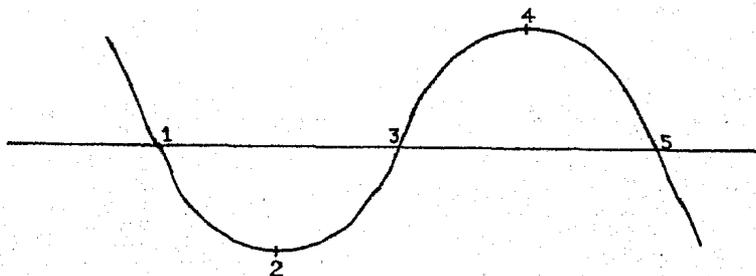
1480	100.28	66.83	6.0371	306.206	12 249.0290	
1482	100.66	66.23	5.0278	178.320	12 161.0125	
1484	101.03	65.23	3.2030	102.320	12 70.2120	
1427	99.00	65.00	0	18.210	12 53.2120	
1480	99.08	64.85	0	43.000	12 48.0120	
1482	99.18	64.65	0	1.5914	85.680	12 43.3500
1484	99.26	64.42	4.5094	26.311	69.09	12 38.5500
1486	99.34	64.18	0	15.4920	12 33.7500	
1488	99.42	63.94	0	11.7800	12 28.9500	
1490	99.50	63.70	0	8.0700	12 24.1500	
1492	99.58	63.46	0	4.3600	12 19.3500	
1494	99.66	63.22	0	0.6500	12 14.5500	
1496	99.74	62.98	0	0	12 9.7500	
1498	99.82	62.74	0	0	12 4.9500	
1500	99.90	62.50	0	0	12 0.1500	
1502	99.98	62.26	0	0	11 55.3500	
1504	100.06	62.02	0	0	11 50.5500	
1506	100.14	61.78	0	0	11 45.7500	
1508	100.22	61.54	0	0	11 40.9500	
1510	100.30	61.30	0	0	11 36.1500	
1512	100.38	61.06	0	0	11 31.3500	
1514	100.46	60.82	0	0	11 26.5500	
1516	100.54	60.58	0	0	11 21.7500	
1518	100.62	60.34	0	0	11 16.9500	
1520	100.70	60.10	0	0	11 12.1500	
1522	100.78	59.86	0	0	11 7.3500	
1524	100.86	59.62	0	0	11 2.5500	
1526	100.94	59.38	0	0	11 1.7500	
1528	101.02	59.14	0	0	11 0.9500	
1530	101.10	58.90	0	0	11 0.1500	
1532	101.18	58.66	0	0	10 55.3500	
1534	101.26	58.42	0	0	10 50.5500	
1536	101.34	58.18	0	0	10 45.7500	
1538	101.42	57.94	0	0	10 40.9500	
1540	101.50	57.70	0	0	10 36.1500	
1542	101.58	57.46	0	0	10 31.3500	
1544	101.66	57.22	0	0	10 26.5500	
1546	101.74	56.98	0	0	10 21.7500	
1548	101.82	56.74	0	0	10 16.9500	
1550	101.90	56.50	0	0	10 12.1500	
1552	101.98	56.26	0	0	10 7.3500	
1554	102.06	56.02	0	0	10 2.5500	
1556	102.14	55.78	0	0	9 57.7500	
1558	102.22	55.54	0	0	9 52.9500	
1560	102.30	55.30	0	0	9 48.1500	
1562	102.38	55.06	0	0	9 43.3500	
1564	102.46	54.82	0	0	9 38.5500	
1566	102.54	54.58	0	0	9 33.7500	
1568	102.62	54.34	0	0	9 28.9500	
1570	102.70	54.10	0	0	9 24.1500	
1572	102.78	53.86	0	0	9 19.3500	
1574	102.86	53.62	0	0	9 14.5500	
1576	102.94	53.38	0	0	9 9.7500	
1578	103.02	53.14	0	0	9 4.9500	
1580	103.10	52.90	0	0	9 0.1500	
1582	103.18	52.66	0	0	8 55.3500	
1584	103.26	52.42	0	0	8 50.5500	
1586	103.34	52.18	0	0	8 45.7500	
1588	103.42	51.94	0	0	8 40.9500	
1590	103.50	51.70	0	0	8 36.1500	
1592	103.58	51.46	0	0	8 31.3500	
1594	103.66	51.22	0	0	8 26.5500	
1596	103.74	50.98	0	0	8 21.7500	
1598	103.82	50.74	0	0	8 16.9500	
1600	103.90	50.50	0	0	8 12.1500	
1602	103.98	50.26	0	0	8 7.3500	
1604	104.06	50.02	0	0	8 2.5500	
1606	104.14	49.78	0	0	7 57.7500	
1608	104.22	49.54	0	0	7 52.9500	
1610	104.30	49.30	0	0	7 48.1500	
1612	104.38	49.06	0	0	7 43.3500	
1614	104.46	48.82	0	0	7 38.5500	
1616	104.54	48.58	0	0	7 33.7500	
1618	104.62	48.34	0	0	7 28.9500	
1620	104.70	48.10	0	0	7 24.1500	
1622	104.78	47.86	0	0	7 19.3500	
1624	104.86	47.62	0	0	7 14.5500	
1626	104.94	47.38	0	0	7 9.7500	
1628	105.02	47.14	0	0	7 4.9500	
1630	105.10	46.90	0	0	7 0.1500	
1632	105.18	46.66	0	0	6 55.3500	
1634	105.26	46.42	0	0	6 50.5500	
1636	105.34	46.18	0	0	6 45.7500	
1638	105.42	45.94	0	0	6 40.9500	
1640	105.50	45.70	0	0	6 36.1500	
1642	105.58	45.46	0	0	6 31.3500	
1644	105.66	45.22	0	0	6 26.5500	
1646	105.74	44.98	0	0	6 21.7500	
1648	105.82	44.74	0	0	6 16.9500	
1650	105.90	44.50	0	0	6 12.1500	
1652	105.98	44.26	0	0	6 7.3500	
1654	106.06	44.02	0	0	6 2.5500	
1656	106.14	43.78	0	0	5 57.7500	
1658	106.22	43.54	0	0	5 52.9500	
1660	106.30	43.30	0	0	5 48.1500	
1662	106.38	43.06	0	0	5 43.3500	
1664	106.46	42.82	0	0	5 38.5500	
1666	106.54	42.58	0	0	5 33.7500	
1668	106.62	42.34	0	0	5 28.9500	
1670	106.70	42.10	0	0	5 24.1500	
1672	106.78	41.86	0	0	5 19.3500	
1674	106.86	41.62	0	0	5 14.5500	
1676	106.94	41.38	0	0	5 9.7500	
1678	107.02	41.14	0	0	5 4.9500	
1680	107.10	40.90	0	0	5 0.1500	
1682	107.18	40.66	0	0	4 55.3500	
1684	107.26	40.42	0	0	4 50.5500	
1686	107.34	40.18	0	0	4 45.7500	
1688	107.42	39.94	0	0	4 40.9500	
1690	107.50	39.70	0	0	4 36.1500	
1692	107.58	39.46	0	0	4 31.3500	
1694	107.66	39.22	0	0	4 26.5500	
1696	107.74	38.98	0	0	4 21.7500	
1698	107.82	38.74	0	0	4 16.9500	
1700	107.90	38.50	0	0	4 12.1500	
1702	107.98	38.26	0	0	4 7.3500	
1704	108.06	38.02	0	0	4 2.5500	
1706	108.14	37.78	0	0	3 57.7500	
1708	108.22	37.54	0	0	3 52.9500	
1710	108.30	37.30	0	0	3 48.1500	
1712	108.38	37.06	0	0	3 43.3500	
1714	108.46	36.82	0	0	3 38.5500	
1716	108.54	36.58	0	0	3 33.7500	
1718	108.62	36.34	0	0	3 28.9500	
1720	108.70	36.10	0	0	3 24.1500	
1722	108.78	35.86	0	0	3 19.3500	
1724	108.86	35.62	0	0	3 14.5500	
1726	108.94	35.38	0	0	3 9.7500	
1728	109.02	35.14	0	0	3 4.9500	
1730	109.10	34.90	0	0	3 0.1500	
1732	109.18	34.66	0	0	2 55.3500	
1734	109.26	34.42	0	0	2 50.5500	
1736	109.34	34.18	0	0	2 45.7500	
1738	109.42	33.94	0	0	2 40.9500	
1740	109.50	33.70	0	0	2 36.1500	
1742	109.58	33.46	0	0	2 31.3500	
1744	109.66	33.22	0	0	2 26.5500	
1746	109.74	32.98	0	0	2 21.7500	
1748	109.82	32.74	0	0	2 16.9500	
1750	109.90	32.50	0	0	2 12.1500	
1752	109.98	32.26	0	0	2 7.3500	
1754	110.06	32.02	0	0	2 2.5500	
1756	110.14	31.78	0	0	1 57.7500	
1758	110.22	31.54	0	0	1 52.9500	
1760	110.30	31.30	0	0	1 48.1500	
1762	110.38	31.06	0	0	1 43.3500	
1764	110.46	30.82	0	0	1 38.5500	
1766	110.54	30.58	0	0	1 33.7500	
1768	110.62	30.34	0	0	1 28.9500	
1770	110.70	30.10	0	0	1 24.1500	
1772	110.78	29.86	0	0	1 19.3500	
1774	110.86	29.62	0	0	1 14.5500	
1776	110.94	29.38	0	0	1 9.7500	
1778	111.02	29.14	0	0	1 4.9500	
1780	111.10	28.90	0	0	1 0.1500	
1782	111.18	28.66	0	0	0 55.3500	
1784	111.26	28.42	0	0	0 50.5500	
1786	111.34	28.18	0	0	0 45.7500	
1788	111.42	27.94	0	0	0 40.9500	
1790	111.50	27.70	0	0	0 36.1500	
1792	111.58	27.46	0	0	0 31.3500	
1794	111.66	27.22	0	0	0 26.5500	
1796	111.74	26.98	0	0	0 21.7500	
1798	111.82	26.74	0	0	0 16.9500	
1800	111.90	26.50	0	0	0 12.1500	
1802	111.98	26.26	0	0	0 7.3500	
1804	112.06	26.02	0	0	0 2.5500	
1806	112.14	25.78	0	0	0 57.7500	
1808	112.22	25.54	0	0	0 52.9500	
1810	112.30	25.30	0	0	0 48.1500	
1812	112.38	25.06	0	0	0 43.3500	
1814	112.46	24.82	0	0	0 38.5500	
1816	112.54	24.58	0	0	0 33.7500	
1818	112.62	24.34	0	0	0 28.9500	
1820	112.70	24.10	0	0	0 24.1500	
1822	112.78	23.86	0	0	0 19.3500	
1824	112.86	23.62	0	0	0 14.5500	
1826	112.94	23.38	0	0	0 9.7500	
1828	113.02	23.14	0	0	0 4.9500	
1830	113.10	22.90	0	0	0 0.1500	
1832	113.18	22.66	0	0	0 55.3500	
1834	113.26	22.42	0	0	0 50.5500	
1836	113.34	22.18	0	0	0 45.7500	
1838	113.42	21.94	0	0	0 40.9500	
1840	113.50	21.70	0	0	0 36.1500	
1842	113.58	21.46	0	0	0 31.3500	
1844	113.66	21.22	0	0	0 26.5500	
1846	113.74	20.98	0	0	0 21.7500	
1848	113.82	20.74	0	0	0 16.9500	
1850	113.90	20.50	0	0	0 12.1500	
1852	113.98	20.26	0	0	0 7.3500	
1854	114.06	20.02	0	0	0 2.5500	
1856	114.14	19.78	0	0	0 57.7500	
1858	114.22	19.54	0	0	0 52.9500	
1860	114.30	19.30	0	0	0 48.1500	
1862	114.38	19.06	0	0	0 43.3500	
1864	114.46	18.82	0	0	0 38.5500	
1866	114.54	18.58	0	0	0 33.7500	
1868	114.62	18.34	0	0	0 28.9500	
1870	114.70	18.10	0	0	0 24.1500	
1872	114.78	17.86	0	0	0 1	

C A P I T U L O            I V

COMPENSADORAS

## C O M P E N S A D O R A S

Son las líneas horizontales que se dibujan en la curva de masas con el fin de distribuir los volúmenes de material, de tal manera que se compensen en lo mayor posible los volúmenes de corte con los volúmenes de terrapén.



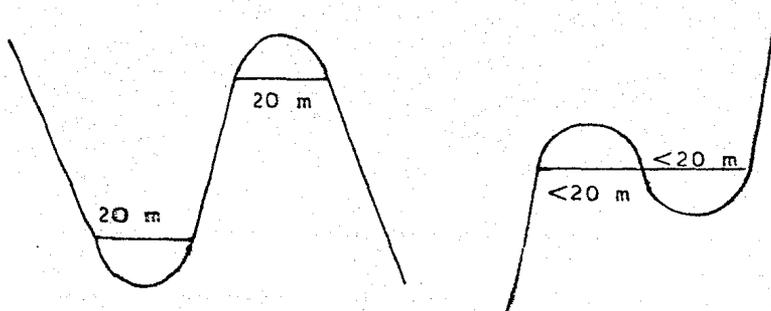
En la figura los puntos 1, 3 y 5 tienen la misma ordenada, la línea horizontal que los une se denomina compensadora, pues distribuye los volúmenes de tal manera que quedan compensados, pues el terraplén de 1 a 2 los podemos compensar con el corte de 2 a 3, y al terraplén de 4 a 5 los compensaremos con el corte de 3 a 4, el orden que se sigue siempre es el mismo, si la compensación queda arriba de un mínimo el material se mueve hacia atrás y si queda abajo de un máximo, el material deberá moverse hacia adelante.

Como no siempre es posible compensar todos los cortes y terraplenes, debido a que los acarreos se vuelven más largos e incosteables, en ocasiones se recurre a solicitar prés-

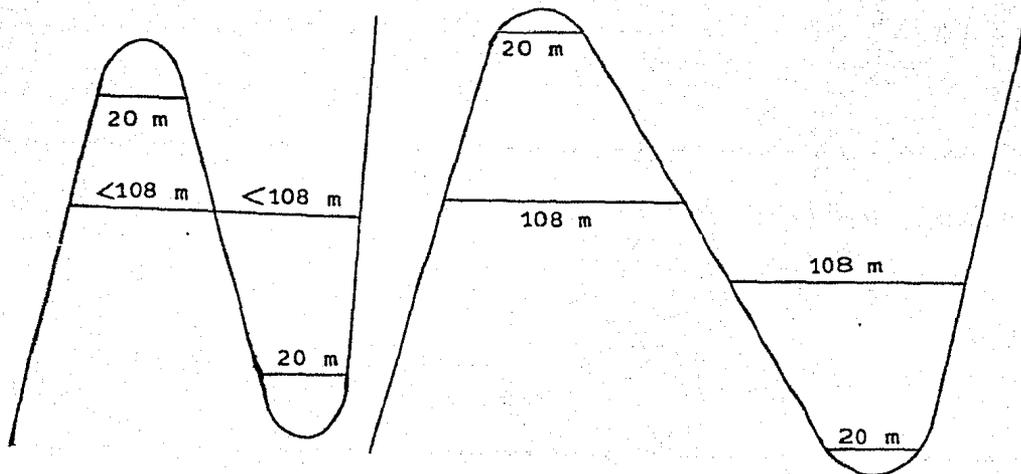
tamos de material a los lados del camino para los terraplenes, o a desperdiciar material de corte que resulta incosteable -- transportar.

De acuerdo con lo anterior deberán proyectarse las compensadoras, debiéndose tener cuidado de hacerlo ordenadamente, de la siguiente manera:

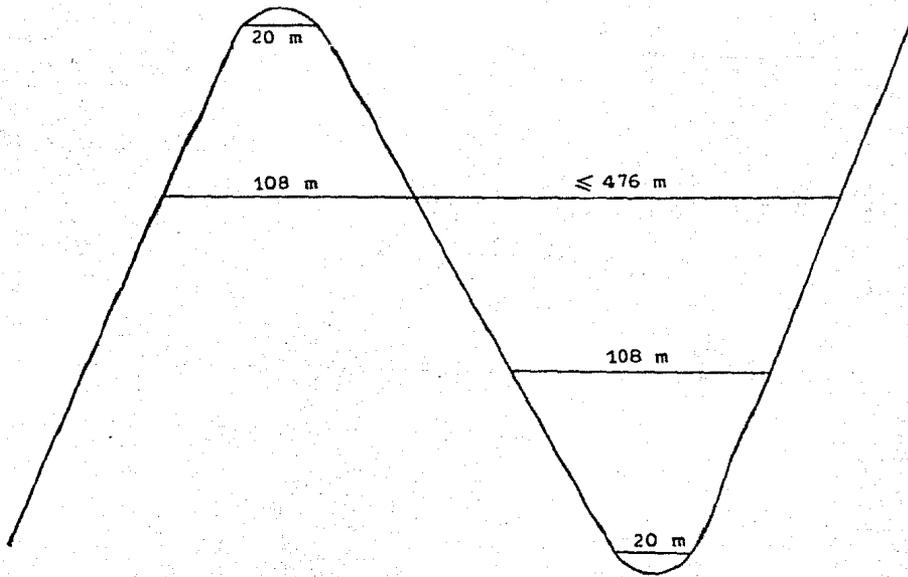
- 1.- En cada cambio de signo de la curva de masas ( de positivo a negativo, o de negativo a positivo ), deberá -- acomodarse horizontalmente una compensadora de 20 mts. que corresponde al acarreo libre, en caso de que la -- distancia horizontal entre las ramas de la curva de masas sea menor de 20 mts., se colocará la compensadora a la mitad entre los dos máximos y mínimos consecuti-- vos de que se trata.



- 2.- Habiéndose tratado todas las compensadoras de 20 mts. en todos los cambios de signo, se procederá a trazar las compensadoras de 108 mts. en todos los casos en que la curva de masas cambie de signo, debiendo recordarse, que cada vez que se trace una compensadora equivale a borrar la curva de masas que ya haya sido compensada por dicha compensadora; en los casos en que la distancia entre las ramas de la curva de masas sea menor de 108 mts., se colocará la línea compensadora a la mitad entre los dos máximos y mínimos consecutivos de que se trata.



- 3.- Ya habiéndose trazado todas las compensadoras de 20 y 108 mts., se trazan las compensadoras de 476 mts., con el mismo criterio de las anteriores. En muchos de -- los casos la prolongación de las compensadoras de 108- mts., nos dará la nueva compensadora de 476 mts.



- 4.- Habiéndose trazado todas las compensadoras de 20, 108, y 476 mts.; con el mismo criterio del punto 3 se prolongarán las compensadoras de 476 mts. para obtener las nuevas compensadoras mayores de 476 mts.

En el plano anteriormente presentado pueden apreciarse las líneas compensadoras de 20, 108 y 476 mts. que corresponden al acarreo libre, sobre acarreo y acarreo corto respectivamente. Para el caso de los acarreos largos, que corresponden a distancias mayores de 476 mts., no fué necesario en la curva de masas calculada, trazar las líneas compensadoras correspondientes a dichos acarreos.

C A P I T U L O V

COMPARACION CON ESPECIFICACIONES DE S.A.H.O.P.

## COMPARACION CON ESPECIFICACIONES DE S.A.H.O.P.

Los acarreos consisten en el transporte del material - producto de cortes o préstamos, a lugares fijados para construir un terraplén o depositar un desperdicio.

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas ( S.A.H.O.P. ), clasifica los acarreos de acuerdo con la distancia que hay entre el centro de gravedad de la excavación y el centro de gravedad del terraplén a construir, o del sitio donde el desperdicio se va a depositar; en:

- a) Acarreo libre
- b) Sobreacarreo
- c) Acarreo corto
- d) Acarreo largo

A cada uno de estos tipos de acarreo corresponde un -- precio unitario, con excepción del acarreo libre cuyo costo - se incluye en el de la excavación.

a) ACARREO LIBRE: Es la distancia máxima a la que -- puede ser transportado un material, estando el precio de esta operación incluido en el de la excavación. En consecuencia, para no encarecer el precio de la excavación, el acarreo li-- bre debe ser a la mínima distancia requerida por el equipo -- que lleva a cabo la excavación, carga y descarga del material.

Por convención, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas ha adoptado una distancia de acarreo libre - de 20 m; ésta se representa por medio de una horizontal en la zona inmediata a los máximos o mínimos del diagrama de masas.

b) SOBREACARREO: Resulta de acarrear el material mediante el empleo de tractor de los cortes a los terraplenes a una distancia comprendida entre los 20 y 120 m.

La fórmula utilizada para valuar la distancia de sobre acarreo es la siguiente:

$$\frac{C.G \text{ CORTE} - C.G \text{ TERRAPLEN}}{20} - 20$$

Las unidades del resultado serán estaciones de 20 mts.

El sobreacarreo resulta de multiplicar el volumen por la distancia obtenida y las unidades serán: M<sup>3</sup>-Estación.

c) ACARREO CORTO: Resulta de acarrear el material mediante el empleo de la motoescrepa a una distancia comprendida entre 120 y 520 mts.

La fórmula utilizada para valuar la distancia del acarreo corto es la siguiente:

$$\frac{C.G \text{ CORTE} - C.G \text{ TERRAPLEN}}{100} - 20$$

Las unidades del resultado serán hectómetros.

El acarreo corto será el producto del volúmen por su distancia y quedará en M<sup>3</sup>-Hectómetro.

d) ACARREO LARGO: Resulta de acarrear el material mediante el empleo de cargador frontal y camiones a una distancia comprendida entre 520 y 20 000 mts. Para realizar acarreos mayores de los 20 000 mts., se necesita autorización especial del director.

La fórmula para valuar la distancia es la siguiente:

$$\frac{\text{C.G. CORTE} - \text{C.G. TERRAPLEN}}{1\ 000} - 20$$

Las unidades del resultado serán kilómetros.

Por lo que el acarreo largo será el resultado de multiplicar la distancia por el volúmen, quedando las unidades en: M<sup>3</sup>-Kilómetro.

Con el objeto de hacer una comparación entre los resultados obtenidos en el estudio realizado y las especificaciones de S.A.H.O.P. se elaboró el siguiente cuadro comparativo:

TIPO DE MOVIMIENTO	MAQUINARIA	S.A.H.O.P	ESTUDIO
Acarreo Libre	- 0 -	20 m.	20 m.
Sobreacarreo	Tractor	20 - 120 m.	20 - 108 m.
Acarreo Corto	Motodescrepa	120 - 520 m.	108 - 476 m.
Acarreo Largo	Cargador Frontal y Camión	> 520 m.	> 476 m.

Es importante señalar que las distancias dadas por la S.A.H.O.P para cada tipo de acarreo, con excepción del acarreo libre, se obtuvieron como un promedio de las distancias calculadas para obras anteriormente realizadas.

Las distancias obtenidas en el presente estudio están en función directa de la maquinaria seleccionada, del material, de la eficiencia y de las condiciones de obra consideradas. Es claro pues, que la variación en las distancias que se obtuvieron en el estudio con respecto a las especificaciones de S.A.H.O.P se deben principalmente a las consideraciones antes señaladas. Pero se hace notar que dichas diferencias son muy pequeñas y prácticamente justifican los valores dados por la S.A.H.O.P.

## C O N C L U S I O N E S

Debido a que en la construcción de vías terrestres el movimiento de tierras influye fuertemente en el costo de la obra, es necesario contar con una herramienta que nos permita seleccionar de manera óptima la maquinaria que minimice los costos y tiempos de ejecución de la misma.

Es importante señalar que durante el diseño geométrico del camino, el trazo de la rasante nos define la variación de los volúmenes de corte y terraplen al subir o bajar la misma, esto nos lleva a la necesidad de buscar la rasante que reduzca en lo mayor posible los volúmenes a mover. Para conseguir lo anterior deberán hacerse varios tanteos de rasante, teniendo siempre presente que dicha rasante deberá cumplir con las especificaciones dadas.

En el proyecto geométrico que se desarrolló en el Capítulo III de este trabajo, el trazo de la rasante que se tiene no es más que el primer tanteo de los que son necesarios hacer para poder llegar a la rasante deseada. Cabe señalar que para nuestro caso particular la curva masa generada nos arrojó, una vez terminada la compensación, un fuerte volumen de desperdicio de material, con lo cual se ve la necesidad de hacer otro tanteo de rasante que disminuya dichos desperdicios.

Por otra parte, con la agrupación de los resultados -  
obtenidos en el Capítulo II y lo expuesto en el Capítulo V -  
se llega a la conclusión de que los valores obtenidos en el  
estudio justifican la norma dada por la S.A.H.O.P.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras S.A.H.O.P.
- 2.- Apuntes de Movimiento de Tierras  
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 3.- Factores de Consistencia de Costos y Precios Unitarios  
Apuntes del Curso de Construcción I  
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 4.- Movimiento de Tierras  
Colegio de Ingenieros Civiles de México.
- 5.- Apuntes de la Materia de Sistemas de Transporte  
Terrestre Parte I  
Tesis de: Roberto Becerril Gordillo  
Alejandro Carpy Velazquez
- 6.- Utilización de la Curva Masa en la Selección de equipo  
de terracerías.  
Tesis de: Fernando Tadeo de la Parra