

**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA**
Programa Académico de Ingeniería Civil



*Tesis para obtener el Título de
Ingeniero Civil*

PROYECTO DE CAMINOS

Presentado por:

AUGUSTO CRUZ RUIZ

LIMA - PERU

1981

C A P I T U L O I

NORMAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS

CLASIFICACION DEL TERRENO POR SU RELIEVE Y POR SU ALTITUD

Por su relieve podemos clasificarlo en :

Zona de topografía Plana.- Cuando el terreno en sentido transversal al eje de trazo tiene una inclinación menor de 10° , lo que en el plano topográfico estará representado por una distancia menor de 56 mts. en el espaciamiento de las curvas de nivel cada 10 mts. y en sentido longitudinal. La pendiente del terreno es igual o menor que la pendiente del trazo.

Zona de Topografía Ondulada.- Cuando el terreno en sentido transversal al eje del trazo tiene una inclinación que varía entre 10° a 20° , lo que representa en el plano topográfico una distancia de de 56 a 28 mts. en el espaciamiento de las curvas de nivel cada 10 mts. y en sentido longitudinal la pendiente del terreno en algunos tramos es mayor que la pendiente del trazo. Pero las elevaciones y depresiones se salvan sin desarrollos artificiales.

Zona de Topografía Accidentada.- Cuando el terreno en sentido transversal al eje del trazo tiene una inclinación mayor de 20° , lo, - que en el Plano Topográfico está representado por una distancia no mayor de 28 mts. en el espaciamiento de las curvas de nivel cada - 10 mts. y en sentido longitudinal. el terreno se presenta muy recortado con entrantes y salientes e su pendiente es mayor que la del trazo lo que implica desarrollos artificiales.

Por la Altitud se clasifican en :

Región Costa.- Se considera a la faja comprendida entre el nivel del mar hasta los 2,000 mts. de altura del flanco occidental de la cordillera de los Andes.

Región Sierra.- Es la región comprendida entre los 2,000 mts. hasta los 3,500 metros y las quebradas interandinas entre las cordilleras Occidental y Central.

Región Puna.- Es la región situada entre los 3,500 mts. ó más de altitud.

Región Selva.- Es la región comprendida entre los 2,000 mts. a los 100 mts. de altitud en el Flanco Oriental de la cordillera - Oriental.

CONCLUSIONES.- Según las definiciones anteriores y de acuerdo a las cotas de los puntos terminales, como son cota del punto inicial "7" es de 3140 m.s.n.m. y el punto terminal "G" de cota 3370 teniendo como punto intermedio al punto G' de cota 3270 m.-s.n.m.. llegamos a las siguientes conclusiones :

- La Zona pertenece a la región Sierra.
- La Topografía de la zona es accidentada.

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

Según los datos del tema tenemos que:

- La velocidad en el trayecto no será menor de 40 km/hora
- La capacidad posible de la vía será del 110 veh./hora.
- El porcentaje de tráfico pesado será del 30%.

De acuerdo a estos datos tenemos los siguientes valores:

Según la fórmula siguiente:

$$C = 2,000 L W T$$

Donde L, W y T son coeficientes correctivos.

- Para el valor de L tenemos de la tabla B.2.1.a. entrando con el valor de 75 km/hora.

$$L = 0.935$$

- Para el valor de W, previamente necesitamos hallar el ancho de la explanación para lo cual entramos a la tabla 5.4.1.1. con 40 km/hora y la capacidad posible de 110 veh./hora lo que nos da un valor de 6 metros.

- Entrando a la tabla B.2.1.b. para el valor de W con el valor de 1.20 de distancia del borde del carril al obstáculo y con obstáculo en 2 lados o sea con los valores 1.20 y 3.00 metros nos da un valor de 0.76

$$W = 0.76$$

Del valor IMD = 500 veh./día nos da que pertenece a una carretera de 2da. clase.

Calcularemos T, se determinará con el empleo del conjunto de diagramas y de las láminas B.2.1.a. y B.2.1.b.

De la fórmula $C = 2000 L W T$, despejaremos T

Donde :

L = coeficiente correctivo que tiene en cuenta el ancho de los carriles y la presencia de obstáculos laterales.

T = Coeficiente correctivo que tiene en cuenta la presencia de camiones y las características altimétricas de la carretera que fuerzan a los mismos a velocidades inferiores a las permitidas a los automóviles.

$$T = \frac{C}{2,000 L W}$$
$$T = \frac{110}{2000 \times 0.935 \times 0.75} = 0.07$$

Con 0.07 entramos a la lámina B.2.1.b., de ese punto trazamos una línea horizontal hasta interceptar a la curva de valor $T_p = 30\%$ luego de esta intersección trazamos una vertical hasta interceptar a la línea de base o sea que nos da el valor de las equivalencias de vehículo pesado en unidades livianas lo que nos da un valor de $N = 50$, con este valor entramos a la lámina B.2.1.a., del punto $N = 50$ trazamos una horizontal hasta interceptar a las curvas de las diversas pendientes con la recta horizontal nos da el siguiente resultado.

8%	360 mt.
7%	400 mtt
6%	700 mt.
5%	1,300 mt.
4%	5,000 mt.
3%	cualquier longitud
2%	cualquier longitud
1%	cualquier longitud

Los valores arriba anotados serviran para usar en nuestro juego de pendiente como veremos más adelante.

Superficie de rodadura y bermas

Del proyecto que tenemos en el tema de tesis, de los datos tenemos que la superficie de rodadura para 2 vías de la tabla - 5.4. 1.1. en las normas Peruanas, y entrando con $V = 40$ km/hora y 110 veh./hora nos da un valor de ancho de la explanación

$$L = 6.00 \text{ mts.}$$

Ancho de bermas

Siempre haciendo empleo de las Normas Peruanas, y en la tabla 5.4.2.1. tenemos los distintos valores para las bermas, así en nuestro caso entramos a la tabla con el valor de 40 km/hora, lo, que nos da para el ancho de bermas - 1.20 mts.

Dimensiones de la cunetas

Por lo general las cunetas tienen una sección triangular y se proyectan para todas los tramos donde la carretera está en - corte cerrado y laderas.

- Los muros de contención
- La instalación de guardacaminos
- La instalación de señalización vertical.

Clasificación del terreno según el tema de tesis

Los primeros 500 metros serán de tierra

Los 500 metros restantes roca blanda.

Derecho de vía.- La extensión del terreno que ocupa la vía con sus obras complementarias de la carretera, como en el caso nuestro es carretera de 2da clase es de 10 mts. a cada lado del eje

En el caso de que la amplitud de los cortes y rellenos supera el ancho señalado arriba, el derecho de vía será ampliado en una franja que comprenda hasta 3 m. más allá de los bordes de los cortes o del pie de los terraplenes a ambos lados del derecho de vía habrá una franja de propiedad restringida de un ancho de 10 m. para evitar construcciones que afectan la visibilidad a futuros ensanches.

CURVAS HORIZONTALES

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que es posible.

- Deberá buscarse el alineamiento horizontal homogéneo en el cual la tangente y curvas se suceden armónicamente.

- Se restringirá en lo posible el empleo de tangentes excesivamente largas, con el fin de evitar el encandilamiento nocturno prolongado y la fatiga síquica de los conductores durante el día.

- Deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de gran radio a otras de radio marcadamente menores. Deberá pasar en forma gradual intercalando entre una y otras curvas de radio de valor decreciente antes de alcanzar el radio mínimo.

- Se evitará en lo posible, los desarrollos artificiales cuando las circunstancias hagan indispensable su empleo el proyectista hará una amplia justificación de ello.

Radioes mínimos normales.- Los radios mínimos que se usarán en las diferentes carreteras será función de la velocidad directriz y del peralte de acuerdo a los valores que se indican en la tabla 5.3.1.1.

TABLA 5. 3. 1. 1.

Velocidad directriz Km/h	Radio mínimo normal (m)	Peralte
30	30	6.0
40	60	6.0
50	90	6.0
60	130	6.0
70	190	6.0
80	250	6.0
90	330	6.0
100	425	6.0
110	530	6.0

RADIOS MÍNIMOS EXCEPCIONALES

Los radios mínimos que se podrán usar excepcionalmente - para cada velocidad directriz están indicadas en la tabla 5.3.2.1. en la tabla se indican los valores relativos del peralte.

En caso especial de zona con exposición solar desfavorable y para carreteras con alto porcentaje de tráfico pesado los valores excepcionales de radio mínimo y del peralte correspondiente están indicados en la tabla 5.3.2.2.

TABLA 5.3.2.2.

Velocidad directriz Km/h	Radio mínimo Excepcional (m)	Peralte (%)
30	25	10.0
40	45	10.0
50	75	10.0
60	110	10.0
70	160	9.5
80	220	9.0
90	280	8.5
100	380	8
110	475	8

Curvas de transición

Necesidad de la transición para curvatura, Peralte y sobreancho.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo correspondiente a los tramos en tangente a la sección de los tramos en curva, previstos de peralte y sobreancho, es necesario intercalar una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Para el diseño de carreteras cuya velocidad directriz sea igual o mayor de 60 se utilizarán espirales para realizar la transición con las limitaciones que indica el numeral 5.3.3.4.

Pero nuestro caso es diferente ya que nuestra velocidad directriz es menor que 60 km.p.h., es decir tenemos 40 km.p.h.

Pendiente

Al efectuar la elección el proyectista tendrá en cuenta - antes que nada la influencia de la pendiente sobre el costo de - construcción de la carretera, tanto por lo que se refiere a los mayores costos en conexión con los desarrollos que generalmente se acompañan al empleo de una pendiente menor, como por lo referente a los costos más altos que podrían derivar del empleo continuo de la pendiente indicada como máxima . Además el proyectista tendrá en cuenta las repercusiones de la pendiente sobre el - costo de operación y sobre la capacidad de la carrera.

Pendientes mínimas

En los tramos en corte generalmente se evitará el empleo de pendientes menores a 0.5%

Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos - en que las cunetas adyacentes pueden ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje.

Pendientes máximas normales

El proyectista tendrá en general, que considerar deseable los límites máximos de pendiente que están indicados en la tabla 5.5.4.3.

TABLA 5.5.4.3.

PENDIENTES MAXIMAS NORMALES

Altitudes menores de

3,000 m.s.n.m.

Altitudes mayores de

3,000 m.s.n.m.

Pendientes máximas excepcionales

Siempre considerando básico el criterio de que los límites máximos de las pendientes de diseño tienen que ser establecidas teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados y en condiciones más desfavorables de pavimento, se da a continuación la tabla 5.5.4.4. en la cual están fijados los límites máximos de pendiente considerados como excepcionales.

El proyectista recurrirá al empleo de ellos o de valores muy próximos, solo en forma excepcional cuando existen motivos justificados para hacerlo y especialmente cuando el empleo de pendientes menores conducirá a alargamientos artificiales de recorrido o aumento de tortuosidad en el trazado o de obras especialmente costosas.

TABLA 5.5.4.4.

Altitudes menores de 3,000 m.s.n.m.	
Altitudes mayores de 3,000 m.s.n.m.	7%

Tramos de descanso

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 4%, se proyectará más o menos cada 3 kilómetros en tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m. con pendiente no mayor del 1%.

El proyectista determinará la presencia y la ubicación de tales tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas a los menores incrementos del costo de construcción.

C A P I T U L O I I

ESTUDIO PRELIMINAR O ANTEPROYECTO

Generalidades.- El trazo de una carretera puede dividirse en 3 etapas:

- 1.- Reconocimiento de ruta.
- 2.- Estudios Preliminares.
- 3.- Estudios Definitivos.

Reconocimiento de ruta.- El reconocimiento de ruta consiste en hacer una inspección del terreno con la finalidad de determinar los puntos obligados de paso, así como escoger la posible ruta de la carretera siempre tratando de llevar el trazo de la futura carretera por el mejor terreno posible.

Así tenemos los dos puntos terminales, el inicial y el final, como ya se puede suponer entre estos dos puntos puede tratarse una infinidad de carreteras. El objeto del reconocimiento de ruta tiene pues la finalidad de seleccionar entre las posibles rutas más convenientes. Una vez elegida la ruta se determinará los puntos de paso obligado, tales como abras y entonces se reunirán los datos necesarios para fijar las características técnicas de acuerdo a la importancia de la vía y así tener una idea aproximada del costo de construcción de la carretera.

Estudio Preliminar.- El estudio preliminar tiene por finalidad determinar aproximadamente el eje del camino dentro de la ruta o rutas escogidas mediante el reconocimiento de trazo y que permite comparar características técnicas y costos totales.

Estudio Definitivo.- El estudio definitivo se basará en el estudio preliminar, en ellos se fija la ubicación del eje definitivo de la vía así como de las obras de arte, etc.

Es la etapa previa a la construcción y sobre él se efectúa los presupuestos definitivos.

RECONOCIMIENTO DE TRAZO

Exposición Preliminar.- Disponemos de un plano a curvas a nivel a la escala 1:2,000 y con intervalos de curvas cada dos metros. En este plano debe efectuarse el trazo de una carretera de segunda clase, que enlace el punto inicial determinado por el número "7" y el punto final con la letra "G", teniendo como punto intermedio el punto G'.

El punto "7" se encuentra en la cota 3140 m.s.n.m. y está ubicado en la parte central izquierda del plano; el punto "G" está en la cota 3370 m.s.n.m. y se encuentra en la parte central derecha del plano, Y el punto G' central esta ubicado en la cota central inferior de cota 3270 m.s.n.m.

El terreno corresponde a una región de sierra y es en su mayor parte accidentado, tiene pequeñas zonas de terreno ondulado pero para los efectos de la presente tesis consideraremos todo el terreno como accidentado como ya se ha escrito anteriormente estamos ante el problema de pendiente es decir el desnivel entre los puntos terminales es bastante comparado con la longitud de la línea de vuelo, por lo que el problema se reduce a un continuo descenso entre un terreno que tiene muchas entrantes y salientes. - Así como cursos de agua.

Reconocimiento de trazo.- Para este reconocimiento se tendrá en consideración las Normas Peruanas para estudio de carreteras con lo que respecta a lección del juego de pendientes.

Así tenemos en los cálculos ya efectuados anteriormente el juego de pendiente que nos dá es el siguiente :

Valores límites para la capacidad de la vía

8%	360 mt.
7%	490 mt.
6%	700 mt.
5%	1,300 mt.
4.6%	5,000 mt.
3%	cualquier longitud
2%	cualquier longitud
1%	cualquier longitud

CAPACIDAD DE LA CARRETERA

La habilidad de una carretera para aceptar un volumen dado de vehículos en un tiempo determinado en lo que se llama " capacidad " .

La aplicación al proyecto de una carretera de los datos de tráfico requiere un conocimiento de la capacidad de la vía. - En efecto, el principal objetivo que prima en el proyecto y construcción de una carretera es servir al tráfico que por ella circula. Por consiguiente, el estudio de la capacidad de una vía será la determinación de la efectividad de las diversas disposiciones para servir el tráfico y envuelve los elementos de diseño de la carretera, Las características de los vehículos y conductores y las medidas de control de tráfico que ejercen influencia directa sobre el movimiento de los vehículos.

La capacidad de una vía deberá ser estimada en relación a un grupo de condiciones, entre las que se encuentra la composición del tráfico, alineamiento de la vía, número y ancho de los canales, velocidad de los vehículos, etc; que se definen colectivamente como condiciones prevalecientes y las cuales pueden agruparse en dos categorías:

- Aquellos que están determinadas por los rasgos físicos de la vía.

Aquellos que dependen del tráfico que usa la vía.

Las condiciones que figuran en el primer grupo no cambian a menos que se ejecuta alguna construcción o reconstrucción de la vía, y están definidas como las condiciones prevalecientes de la vía.

Las del segundo grupo, algunas de las cuales pueden variar o ser variadas de hora en hora durante diversos períodos del día están definidas como las condiciones prevalecientes del tráfico.

La capacidad de una carretera de dos carriles en "condiciones Ideales". Independientemente de la distribución en los dos sentidos de marcha, es de 2,000 vehículos/hora.

Las condiciones ideales del tráfico y de la carretera se establecen así :

- Flujo ininterrumpido, libre de interferencias laterales de vehículos y peatones.
- Evolución plano-altimétrica correspondiente a una velocidad de base de más o menos 110 Km/hora y distante de visibilidad de adelantamiento no inferior a 450 m.
- Carriles de 3.65 m. de ancho con bermas adecuadas y sin obstáculos laterales a una distancia no menor de 1.80 m. desde el borde del pavimento.
- Ausencia de camiones.

Verificación de capacidad de la vía.-

- Velocidad directriz = 40 Km/h.
- Ancho de la explanación = 6 mts.
- Ancho de las bermas = 1.20 mts.
- Porcentaje de tráfico, $T_p = 30\%$

Para el efecto tenemos la fórmula siguiente:

$$C = 2,000 L W T$$

Hallemos los factores de la fórmula:

De la tabla B.2.1.a.

$$L = 0.935$$

De la tabla B.2.1.a.

$$W = 0.76$$

y para el valor de $T_p = 30\%$ (dato), reemplazamos estos valores

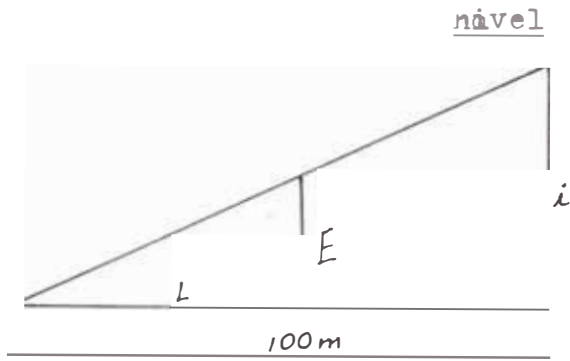
en la fórmula y tenemos:

$$C = 2,000 \times 0.935 \times 0.76 \times 0.30 = 426.4 \text{ veh/h.}$$

Por lo que vemos este valor supera el valor supera el valor de 100 veh/hora. que se fijó en el tema de tesis, por lo que satisface el valor pedido.

Como vemos esta pendiente será de descenso continuo y como este valor hallado es mayor que la pendiente máxima que disponemos, según las Normas Peruanas, en consecuencia estamos ante un "Problema de Pendiente " y entonces se solucionará el mismo, con desarrollos.

Como según el juego de pendientes, vemos que con 3% de pendiente, podemos localizar una línea de cualquier longitud, así comentaremos tanteando la gradiente, de manera de que se acomoda al trazo más conveniente ya que en el reconocimiento de ruta hemos visto de que para efectos del desarrollo solo disponemos de una zona y que trataremos de realizar el volteo en esa zona Trazado de una línea de gradiente en el plano de curvas de



Para el trazo de una línea de gradiente en el plano Topográfico es necesario conocer la longitud "L" de la abertura del compás que puede tratarse entre dos curvas

a nivel consecutivas que representa una línea de determinada pendiente.

Deducimos de la figura :

$$\frac{L}{100} = \frac{E}{i} \text{ de donde } L = \frac{100 E}{i}$$

En un plano de la escala 1:2000, el valor de L es:

$$L = \frac{100E}{2,000} = \frac{E}{20} \text{ donde } E, \text{ está en metros y el valor de } i \text{ en } \%$$

$$L = \frac{E \cdot 100}{20 \cdot i} = \frac{5E}{i} \text{ cm.}$$

Para nuestro caso $E = 2 \text{ m.}$

$L = \frac{10}{i}$, así dando valores a "i", tenemos el siguiente cuadro:

<u>i en ‰</u>	<u>abertura del compás en cm.</u>
2	5
3	3.33
3.4	2.94
3.5	2.86
3.8	2.63
4	2.50
4.5	2.20
5	2.00
5.5	1.80
6.0	1.66
6.5	1.50
7.0	1.43

Los valores arriba anotados son los que serán para -
la abertura del compás y se emplea para subir o bajar 2 mts.
en el plano a curvas de nivel y para un metro de diferencia -
dicha abertura de compás, lógicamente será la mitad.

ESTUDIO PRELIMINAR O ANTEPROYECTO

Trazado de poligonales

Luego de, elegida la ruta, se procede al estudio Preliminar sobre esta ruta elegida.

El estudio Preliminar consiste en el trazo de una poligonal angular que sigue estrechamente la línea de gradiente: - constituye en realidad el eje preliminar de la carretera. Posteriormente se trazará el eje definitivo y que será en base al trazo preliminar y con las correcciones del caso. Así se deberá tener en cuenta para el trazo de la poligonal:

- En terreno plano.- Es recomendable de que la plataforma del camino está en relleno.
- En terreno ondulado.- Es recomendable ^{de} la que la plataforma del camino está mitad en corte mitad en relleno, es lo que se llama "cama - ideal".
- En terreno accidentado.- Es indispensable de que la plataforma del camino esté en corte, evitando en lo posible los muros de contención sobre todo los de concreto que son muy costosos.

Trazado.- Los alineamientos que se trazan se haran tratando de buscar la compensación entre corte y relleno, y la longitud de los alineamientos deben ser de apreciable longitud no así en la curva de volteo en que debe entrar o salir de la probable curva con tramos cortos.

La intersección de segmentos de recta se denomina "PI" y el ángulo que formá entre sí se denomina ángulo de intersección "I". Cuando el ángulo "I" es demasiado grande ($120^\circ - 130^\circ$) se recomienda trazar una tangente a la probable curva. Esto se hace porque el "PI" estará muy aislado del probable eje de la carretera y daría lugar a falsas interpretaciones en cuanto a los valores de las alturas de corte y relleno.

Esto sucede generalmente en terrenos accidentados donde hay entrantes y salientes muy pronunciadas.

La poligonal en estudio será trazado de tal manera de - que no se produzcan excesivos cortes o excesivos rellenos.

Los segmentos de recta de la poligonal deberá trazarse de tal modo que permita una tangente mínima de 72 metros entre dos curvas horizontales consecutivas, también deberá tenerse en cuenta la visibilidad.

Una vez trazada la poligonal se proceda a efectuar el - estacado y nivelado de toda la poligonal cada 100 metros y además se tomará puntos intermedios notables tales como máximo corte o máximo relleno y además en los puntos donde la rasante corta al perfil del terreno de modo de obtener un perfil más real del terreno en estudio.

DESCRIPCION DE LA LINEA DE GRADIENTE A

El punto inicial "7" es nuestro punto de partida que tiene una cota de 3140 m.s.n.m. tenemos la pendiente de 3.5% que iniciamos el trazo con dirección Nor-Este en una longitud aproximada de 200 metros en forma ascendente hasta interceptar la cota 3143 punto este en el cual tomamos rumbo al Norte de 230 aproximadamente de longitud, hasta interceptar la curva de cota 3152, en esta parte del trazo tenemos el primer curso de agua, además tenemos que la topografía en esta parte del trazo es muy accidentada, y a solo 22 mts. tenemos el segundo curso de agua, como puede observarse que en esta parte nos ubicamos en el fondo de una entrante, luego en forma siempre ascendente y la pendiente de 3.5% continuamos rumbo al Sur en una longitud de 245 metros hasta interceptar la curva de cota 3164, de este punto cambiamos de rumbo hacia el Nor-este, la zona por donde estamos efectuando el trazo es de topografía muy accidentada pero si uniforme, siempre ascendiendo con la pendiente de 3.5% y con dirección Nor-este y una longitud de 460 metros hasta interceptar la curva de cota 3182 m.s.n.m. además en esta parte tenemos el tercer curso de agua y a solo 110 metros interceptamos el cuarto curso de agua y es en la cota 3186 de este punto tomamos la dirección Sur-Oeste en una longitud de 230 metros aproximadamente, el trazo se efectúa como es de suponer siguiendo las sinuosidades del terreno en forma ascendente y 3.5% de pendiente, hasta interceptar la curva de cota 3192 m.a.n.m. de esta intersección se toma el rumbo Sur en una longitud aproximada de 600 metros pero como es lógico con ligeras variaciones de dirección, en la intersección con la cota 3202 m.s.n.m. tenemos el quinto curso de agua, la topografía en esta parte del trazo sigue siendo accidentada pero uniforme, siempre ascendiendo con 3.5% hasta interceptar la curva de cota 3214 m.s.n.m. punto en el cual ubicamos la primera curva de vuelta del trazo debido sobre todo en las limitaciones del plano, ya que la topografía de terreno no es recomendable, de la curva 3214 m.s.n.m. siempre ascendiendo con la pendiente de 3,5% cambiamos de dirección hacia -

el Norte en un corto tramo de 170 metros hasta interceptar la curva 3220 m.s.n.m. punto este en el cual, cambiamos a la pendiente a 5% luego la longitud recorrida con la pendiente de 3.5% será:

$$\text{La distancia} = \frac{(3220 - 3140)}{3.5} 100 = 2286 \text{ mts.}$$

De la intersección con la curva 3220 continuamos con rumbo al Norte en 540 metros, naturalmente el rumbo no es un rumbo fijo sufre ligeras variaciones según las sinuocidades del terreno el trazo es siempre en forma ascendiente y con 5% de pendiente de la curva de cota 3220 m.s.n.m. en la intersección con la curva de cota 3234, de este punto se varía de dirección hacia Nor- Este en una longitud de 250 metros hasta el cauce con la curva de cota 3243, punto este en el que ubicamos la 2da curva de vuelta debido sobre todo a que en esta parte del trazo el terreno es aparente para dicha ubicación, de este punto de intersección recorreremos un corto tramo de 40 metros interceptamos la curva de cota 3250 metros, punto este en el que cambiamos de pendiente de 5% a 3.5%, luego la distancia recorrida será:

$$\text{La distancia} = \frac{(3250 - 3220)}{5} 100 = 600 \text{ metros}$$

De la curva de cota 3250 m.s.n.m. continuamos el trazo en forma ascendiente y con la pendiente de 3.5% y rumbo Sur-Oeste en una longitud de 220 metros hasta el cruce con la curva 3258 y cambiamos la dirección hacia el Sur-este en 152 metros aproximadamente hasta interceptar a la curva de cota 3262 m.s.n.m. se cambia de rumbo hacia el Sur en una longitud de 230 metros así interceptamos la curva 3270, punto este en el cual variamos de dirección hacia el Sur-este, siempre la topografía del terreno es accidentado pero uniforme, en forma ascendente y la pendiente de 3.5% en un tramo de 260 metros aproximadamente hasta la intersección con la curva de cota 3280, punto este en el cual se ubica la tercera curva de vuelta a la vez que se cambia la pendiente 3.5% a 5%, luego la distancia recorrida será :

$$\text{La distancia} = \frac{(3280 - 3250)}{3.5} 100 = 860 \text{ metros}$$

De la intersección con la curva 3280 tomamos el rumbo Nor-Oeste con la pendiente de 5% en una longitud de 252 metros aproximadamente, hasta interceptar la cota 3290, en este punto tomamos la dirección Norte en 150 metros hasta el cruce con la cota 3300, punto del cual se toma la dirección este en 62 metros hasta la cota 3304, para variar de este punto con dirección Nor-Oeste en aproximadamente 90 metros hasta la intersección con la curva 3303 a partir de este punto se cambia constantemente hacia el Norte, ya que el terreno cambia en forma similar, la topografía del terreno en esta parte del trazo es como en el trazo que precede es bastante accidentada en una longitud de 505 metros hasta la intersección con el sexto curso de agua en la cota 3330, de este punto se continúa pero se cambia de 5% a 3.5% de pendiente, luego la distancia recorrida con 5% de pendiente será :

$$\text{La distancia} = \frac{(3330 - 3290)}{5\%} \cdot 100 = 1000 \text{ metros}$$

Para continuar el trazo lo hacemos con 3.5% hasta la intersección con la curva de cota 3334 y cambiar de dirección Nor-Oeste en una longitud de 240 metros hasta el cruce con la curva 3344, de este punto se toma la dirección Norte en una longitud en 140 metros hasta el cruce con la curva 3349, punto en que se ubica la última curva de vuelta, luego se cambia de rumbo Sur en 130 metros hasta la curva 3354 a partir del cual se asciende hacia el Sur-este y una longitud de 300 metros en el cruce con la cota 3364 tenemos el último curso de agua y la pendiente siempre es de 3.5% y tenemos luego de 140 metros llegamos al punto final "6" de cota 3370 m.s.n.m. teniendo finalmente una distancia para la pendiente de 3.5% será :

$$\text{La distancia} = \frac{(3370 - 3330)}{3.5\%} \cdot 100 = 1143 \text{ metros}$$

La longitud total será - 2286+600+860+1000+1143 = 5890 metros

Longitud 5890 metros.

DESCRIPCION DE LA LINEA DE GRADIENTE "B"

La línea de gradiente B no viene hacer más que una variante de la línea gradiente "A" ya que en la zona que se ha hecho el trazo de la línea de gradiente "B" y "A" es posible efectuar dos trazos diferentes, distintos uno de otro, lo cual no puede hacerse partiendo del punto inicial "7" que solamente existe una posibilidad de trazo.

Por lo expuesto líneas arriba pasamos a describir la línea de gradiente "B", que se bifurca de la gradiente "A" en la cota - 3312, y justamente se toma la dirección opuesta a la dirección de la línea de gradiente, se parte con la pendiente 3.5% y rumbo Sur en una longitud de 110 metros, luego se cambia hacia el Sur-este hasta interceptar la cota 3323, en esta parte del trazo estamos ante la presencia de una ondonada, de dicha cota se asciende con una pendiente siempre de 3.5% con dirección Sur-Oeste en un corto tramo de 60 metros, hasta interceptar la cota 3326 de este cauce se toma la dirección Sur en una longitud de 160 metros, así llegamos a interceptar la curva de cota 3332 para variar de este punto al Sur-este en 120 metros, ubicando en la intersección con la cota 3336 la primera curva de vuelta y por lo cual cambiamos a la dirección opuesta a la que veníamos esea al Nor-Oeste en un tramo de 110 metros, así llegamos al cruce con la curva 3340, de dicho punto variamos hacia el Norte en 160 metros hasta la curva de cota 3346, y variar hacia el Este en 63 metros, interceptamos la cota 3348 y se toma rumbo al Norte en 70 metros, hasta la cota 3354 de este cruce se toma la dirección Nor-este en una longitud de 380 metros y se llega al punto final "6" de cota 3370 y siempre con la pendiente de 3.5% haciendo una distancia Total de :

$$\text{La distancia} = \frac{(3370 - 3312)}{3.5\%} \times 100 = 1657 \text{ metros}$$

SECCIONES TRANSVERSALES

CARRETERA 7 - G' - G

IZQUIERDA

ESTACA

COTA

21/54 15/44 8/42

0/3140

10/38 22/37

24/44 10/42 4/40

0+50/3139

10/36 22/34

20/50 12/46 3/42

1/3140

18/38 20/36

18/62 10/56

1+60/3148

12/50 20/47

21/70 5/60

2/3156

10/50 22/45

20/75 14/70 10/66

3/3160

9/50 20/40

20/90 10/80

3+80/3168

10/60 20/54

18/70 6/60

4/3156

13/50 20/47

20/66 8/60

4+50/3166

8/60 20/55

21/00 14/90 3/80

5/3176

5/70 13/60

20/85 12/80 3/70

6/3180

14/50 20/46

20/68 10/58

6+50/3152

6/48 10/46 20/39

20/78 6/70

7/3164

6/60 20/50

20/76 10/74

8/3170

18/60 20/56

20/80 10/76

9/3173

10/70 20/64

20/73 10/70

9+50/3167

10/66 20/65

20/83 10/81 6/80

10/3197

10/63 20/61

22/84 10/82

10+20/3180

12/76 20/74

20/87 7/80

11/3176

13/70 20/67

22/96 10/92

11+90/3188

8/84 20/75

20/92 5/90

12/3187

8/84 20/81

20/84 10/82

12+40/3179

10/77 20/76

20/15 10/10

13/3202

2/00 18/90

18/06 4/04

14/3202

4/00 14/90 20/85

20/07 6/00

15/3198

10/96 20/91

20/17 9/10

16/3200

10/94 14/90 20/87

22/10 10/07

17/3200

4/98 10/94 20/87

20/20 10/14 6/10

18/3208

6/04 10/00 20/94

20/18 6/10

19/3208

8/04 20/96

20/05 8/00

19+50/3198

8/97 16/90 20/88

22/94 14/90 10/88

20/3182

6/78 10/75 20/69

SECCIONES TRANSVERSALES
CARRETERA 7 - G' - G

POLIGONAL "A"
HECHO POR A.C.R.

IZQUIERDA			ESTACA	DERECHA		
			COTA			
	20/04	10/00	20+40/3195	8/90	24/82	
	20/20	10/23	21/3224	10/26	20/27	
	20/31	6/40	21+60/3246	5/48	10/49	18/50
	16/30	3/36	22/3240	10/50	20/57	
	18/20	10/26	20+50/3230	6/34	10/35	20/40
	20/10	10/16	23/3222	10/30	20/36	
20/16	17/20	6/24	24/3228	10/34	20/42	
	20/15	6/18	24+60/3220	4/24	11/26	20/30
	20/23	10/25	25/3228	7/30	20/33	
	20/32	10/36	26/3237	11/38	20/39	
	20/33	10/38	27/3240	10/42	20/44	
	20/23	10/26	28/3238	8/30	18/34	
	22/38	10/41	28+40/3243	10/45	20/47	
	20/36	10/45	29/3250	10/52	20/52	
	20/58	10/58	29+40/3262	10/57	20/53	
20/67	15/66	8/64	30/3262	7/60	20/58	
20/72	8/70	4/66	30+40/3265	10/62	20/53	
	20/69	10/66	31/3258	10/52	20/50	
	20/66	5/60	32/3258	10/53	15/50	20/49
	20/76	12/70	33/3260	10/57	20/48	
	20/63	14/60	34/3257	10/50	20/46	
	20/85	13/80	35/3270	10/60	21/56	
	20/84	10/77	36/3270	10/63	20/54	
	20/87	10/74	37/3272	6/70	18/64	
	20/73	18/74	38/3268	10/63	20/57	
20/64	15/60	6/56	38+50/3252	6/46	20/40	
	18/56	10/45	39/3249	10/37	20/30	
	20/66	10/62	39+40/3256	8/50	20/40	
	20/87	10/88	40/3290	10/92	20/95	

SECCIONES TRANSVERSALES

IGLIGIONAL "A"

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

IZQUIERDA		ESTACA	DERECHA		
		COTA			
	20/01 8/08	40+40/3309	4/10	13/20	20/25
	20/88 14/90	41/3300	8/04	20/17	
20/86	14/90 6/94	41+40/3298	4/00	14/04	22/06
	20/32 10/83	42/3294	10/99	20/02	
	20/86 10/92	43/3300	10/01	22/06	
	20/90 10/98	44/3300	10/03	20/10	
	20/78 8/90	44+60/3293	10/98	14/00	20/04
	20/88 10/90	45/3292	10/94	18/98	
20/07	12/10 8/12	45+60/3315	11/20	18/24	
	17/10 10/14	46/3317	8/20	18/26	
	20/04 10/08	47/3314	10/20	20/24	
	20/05 10/13	48/3320	10/30	20/38	
	20/02 10/12	49/3322	10/32	20/40	
	20/14 10/22	50/3320	10/40	20/47	
	20/12 10/20	51/3328	14/40	20/48	
	22/16 10/20	51+30/3326	12/30	20/32	
	20/30 18/32	52/3340	10/46	20/52	
20/26	14/30 6/38	53/3342	8/48	22/58	
	20/22 9/30	53+50/3335	18/40	20/49	
	20/18 10/24	54/3328	6/30	14/34	18/36
	20/25 10/27	54+40/3329	8/32	20/35	
	20/52 10/50	55/3350	10/50	20/48	
	20/77 6/70	55+50/3360	10/62	15/60	20/57
	20/76 10/72	56/3366	10/62	22/56	
20/84	15/80 10/75 4/70	56+50/3368			
	20/74 10/72	57/3370	6/68	16/62	20/60
	16/80 3/70	58/3366	8/60	14/64	13/50
	20/98 8/90	59/3380	8/74	12/70	20/63
20/07	11/00 6/96	59+50/3390	9/80	14/76	20/70
20/88	10/84 9/80	60/3378	14/70	20/65	
20/16	10/05 6/00	60+50/3394	4/90	10/95	18/80
	18/00 5/00	61/3386	10/30	20/72	
	20/80 10/75	61+64/3370	12/60	24/50	

SECCIONES TRANSVERSALES

POLIGONAL "B"

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.-

IZQUIERDA			ESTACA/COTA	DERECHA		
	20/04	8/08	46/3310	12/16	20/13	
	20/93	10/96	46+30/3299	3/02	20/05	
	20/66	12/70	47/3280	10/82	20/90	
20/81	10/80	6/90	47+60/3293	8/96	14/93	20/00
	20/20	10/17	48/3316	10/16	20/15	
20/43	18/40	8/36	48+50/3333	9/30	10/23	20/25
	20/47	10/39	49/3335	10/30	20/26	
18/40	10/35	4/32	49+50/3329	8/26	13/24	20/21
	20/37	10/32	50/3326	6/20	20/12	
	20/09	10/05	50+40/3302	10/97		
	20/44	12/40	51/3334	4/30	10/27	20/20
20/43	12/40	4/36	51+50/3334	9/30	13/23	20/25
	20/39	10/37	52/3332	6/20	10/23	20/25
20/37	10/35	4/32	52+40/3329	8/26	13/24	20/21
	20/34	12/30	53/3324	3/20	20/16	
20/26	14/22	8/18	53+45/3313	10/07	20/04	
	20/36	10/36	54/3335	10/33	18/30	22/23
20/52	12/56	9/58	54+40/3360	4/62	8/63	18/66
20/56	13/60	4/67	55/3366	10/70	10/74	
	20/55	8/60	55+40/3364	10/67	22/69	
	20/37	10/40	56/3344	10/43	20/55	
20/44	10/47	4/50	56+50/3351	10/55	22/60	
	22/48	10/50	57/3350	12/52	20/54	
20/27	10/23	6/30	57+60/3336	16/40	16/44	20/43
	22/50	8/53	58/3360	10/59	20/60	
	22/44	10/50	59/3356	6/60	20/65	
	20/47	10/54	60/3362	12/70	20/74	
	20/50	10/60	61/3366	4/70	20/80	
	18/50	6/60	62/3365	3/70	20/73	
	20/54	10/60	63/3370	10/77	22/84	

SECCIONES TRANSVERSALES

Las secciones transversales se toma en cada una de las estacas de la poligonal, y como mínimo se requiere un ancho de 20m. a cada lado del eje.

Las secciones transversales se obtienen de la siguiente manera:

En el plano de curvas a nivel, se traza una perpendicular en cada estaca que se quiere seccionar ésta constará a varias curvas de nivel, luego se tomará las distancias desde el eje al punto en que corta a la curva se toma su cota correspondiente estos datos se anotan en forma de fracción, así en el numerador se coloca las distancias desde el eje y en el denominador se colocan las cotas.

Con estos datos se dibujan las secciones transversales a la escala 1:200 y sobre ellas se llevará la plataforma del camino luego de conocer las alturas de corte y relleno para cada estaca.

Las características de la explanación será según las Normas Peruanas, para nuestro caso es de 6 mt. y además se tendrá en cuenta los datos del tema de tesis como son: velocidad = 40 Km/hora. Así tenemos:

Superficie de rodadura	6.00 m.	=	6
Bermas a cada lado	2 x 1.20 m.	=	2.4
Derrame de pavimento	0.30 x 2 x 1.5	=	0.90
			9.30

Cunetas:

Serán de sección triangular cuyas dimensiones son para zona de sierra:

Profundidad	: 0.30 m.
Ancho	: 0.50 m.

Taludes .- Los taludes de corte tendrán la inclinación de acuerdo a la naturaleza del terreno.

METRADO

POLIGONAL A

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
0	--	4	2	--	--
0 + 50	50	--	48	50	1250
1	50	--	56	--	2600
1 + 60	60	9	7	135	1890
2	40	72		1620	70
3	100	39	13	5550	325
3 + 80	80	108	--	5880	260
4	20	--	108	540	540
4 + 50	50	36		450	1350
5	50	210	--	6150	--
6	100	60	87	13500	1305
6 + 50	50	--	325	750	10300
7	50	20	45	250	9250
8	100	19	5	1950	2500
9	100	14	1	1650	300
9 + 50	50	--	120	175	3025
10	50	2	120	25	6000
10 + 20	20	40	--	420	600
11	80	--	51	800	1020
11 + 40	40	81	--	810	510
12	60	1	26	2460	390
12 + 40	40	--	148	10	3480
13	60	158	--	2370	2220
14	100	70	--	11400	--
15	100	6	3	3800	75
16	100	58	21	3200	1200
17	100	15	15	3650	1800

METRADO

POLIGONAL A

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
18	100	98	--	5650	375
19	100	82	--	9000	--
19 + 50	50	--	112	1025	1400
20	50	--	833	--	23625
20 + 40	40	--	420	--	25060
21	60	140	--	2100	6300
21 + 60	60	450	--	17700	--
22	40	--	446	4500	4460
22 + 50	50	216	--	2700	5575
23	50	4	44	5500	550
24	100	22	2	1300	2300
24 + 60	60	--	108	330	6300
25	40	--	27	--	2100
26	100	33	--	825	675
27	100	12	--	2250	--
28	100	--	100	300	2500
28 + 40	40	--	44	--	2880
29	60	19	--	285	660
29 + 50	50	88	--	2675	--
30	50	100	--	4700	--
30 + 40	40	148	--	4960	--
31	60	31	3	5370	45
32	100	6	10	1850	650
33	100	14	5	1000	750
34	100	--	124	350	6450
35	100	89	--	2250	3100
36	100	130	--	10950	--

METRADO

POLIGONAL A

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
37	100	197	--	16350	--
38	100	46	--	12150	--
38 + 50	50	--	448	575	5600
39	50	--	852	--	32500
39 + 40	40	--	470	--	26440
40	60	197	--	2955	7050
40 + 40	40	654	--	17020	--
41	60	324	--	29340	--
41 + 40	40	376	--	14000	--
42	60	106	--	14460	--
43	100	82	--	9400	--
44	100	12	--	4700	--
44 + 60	60	126	--	4140	--
45	40	--	264	1260	2640
45 + 60	60	131	--	1965	3960
46	40	126	--	5140	--
47	100	12	29	6900	725
48	100	36	28	2400	2850
49	100	--	104	900	6600
50	100	50	2	1250	5300
51	100	5	80	2750	4100
51 + 30	30	--	120	38	3000
52	70	101	--	1768	2100
53	100	193	--	14700	--
53 + 40	40	--	103	1930	1030

METRADO

POLIGONAL A

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
54	60	--	412	--	15450
54 + 40	40	--	490	--	18040
55	60	--	10	--	15000
55 + 50	50	211	--	2638	125
60	50	100	--	7775	--
60 + 50	50	485	--	14625	--
61	50	260	--	18625	--
61 + 64	64	8	34	8576	544
				373495	301669

METRADO

POLIGONAL B

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
45 + 60	60	131	--	--	--
46	40	180	--	6220	--
46 + 50	50	--	460	2250	5750
47	50	--	354	--	25350
47 + 60	60	--	558	--	33360
48	40	90	--	900	5580
48 + 50	50	374	--	11600	--
49	50	474	--	31200	--
49 + 50	50	283	--	18925	--
50	50	70	--	8825	--
50 + 40	40	--	420	700	4200
51	60	128	--	1920	6300
51 + 50	50	138	--	6650	--
52	50	77	--	5375	--
52 + 40	40	138	1	4300	10
53	60	--	111	2070	3360
53 + 45	45	--	460	--	12848
54	55	8	--	110	6325
54 + 40	40	385	--	7860	--
55	60	428	--	24390	--
55 + 40	40	488	--	18320	--
56	60	--	38	7320	570
56 + 50	50	43	--	475	--
57	50	6	---	1225	--
57 + 50	50	--	477	75	5963
58	50	84	--	1050	5963
59	100	20	34	5200	850
60	100	25	9	2250	2150
61	100	44	--	3450	225
62	100	8	77	2600	1925
63	100	13	43	<u>1050</u>	6000
				166310	132692

CUADRO COMPARATIVO DE POLIGONALES A y B DEL TRAMO
NO COMUN

CONDICIONES TECNICAS

	POLIGONAL A	POLIGONAL B	DIFERENCIA
1.- Cursos de Agua	-2	--	2
2.- Curvas Directas	6	6	-
3.- Curvas de vuelta	1	2	1
4.- Cambios de Pendiente	4	4	-
5.- Pendiente máxima	6%	6%	
6.- Longitud	1604	1740	136 mts.

con

Condiciones economicas

1.- Volumen de Corte	90,015	166,310	76,295
2.- Volumen de Relleno	74,864	132,692	57,828

C A P I T U L O I I I

TRAZO DEFINITIVO

CONSIDERACIONES GENERALES

Una vez concluidos los estudios referentes al Trazo Preliminar, entramos en el trazo Definitivo de la carretera.

Esta etapa del proyecto fija las características de la vía y determina la posición exacta que tendrá el eje de ésta. En ella se incluirán todas las obras accesorias que fueran necesarias y en base a sus condiciones se efectuará posteriormente el Presupuesto Definitivo.

Para la formulación de este proyecto se han seguido las instrucciones de las "Nuevas Normas Peruanas para el diseño de Carreteras".

SOBREANCHO EN LAS CURVAS HORIZONTALES

Las secciones en curva horizontal, deberán ser provistos del sobreancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

El sobreancho variará en función, del tipo del vehículo del radio de la curva y la velocidad directriz. Su cálculo se hará valiéndose del gráfico de la lámina 5.3.5.2. debiéndose utilizar los valores que se tendrá en cuenta.

El sobreancho afectará solamente a la superficie de rodadura y seguirá la misma inclinación del peralte respectivo, permaneciendo inalterada las dimensiones y la inclinación de las bermas.

El sobreancho se adosará íntegramente al lado interior de las curvas, si ellas no están provistas de espirales de transición que es nuestro caso.

PERALTE .-

Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, todas las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte tendrá como valor máximo el 6% y como valor máximo excepcional el 10%.

Las variaciones de sus valores hasta el 10% en función del radio y de la velocidad directriz, se encontrarán en la lámina 5.3.4.1. de las Normas Peruanas, El giro del peralte se hará en general, alrededor del eje de la calzada.

Con el fin de pasar la sección transversal con bombas correspondientes a los tramos en tangente, puesto que todas las carreteras de tipo superior estarán provistas de bombeo, con valores comprendidos entre 1% y 2%. Eligió 2% entonces para pasar de la sección con bombeo a la sección de los tramos en curva, provistos de peralte y sobreancho, es necesario interca

lar una longitud en que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Para valores de diseño menores de 60 K.p.h. no se empleará espirales de transición, la transición se hará siguiendo el procedimiento de la lámina 5.3.4.4.B.

Los valores mínimos de la longitud de transición serán los indicados en la tabla 5.3.4.5. de las Normas Peruanas

VISIBILIDAD EN LA PLANTA

Un proyecto de caminos deberá cumplir con las exigencias de visibilidad que proponen las Normas.

Lo que se garantiza considerando en todo el proyecto, las distancias de visibilidad de parada y de paso.

Se llama distancia de visibilidad de paso, a la mínima que debe estar disponible a fin de facilitar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 k.p.h. menor, con comodidad y seguridad y sin molestar a terceros.

Las Normas indican en la lámina 4.3.2. un diagrama con distancia y velocidades, como mi velocidad de diseño es 40 k.p.h. la distancia de visibilidad de paso será 175 metros.

Debido a que el IMD de la vía en estudio es 500 veh./día ; según las Normas, el 50% del proyecto debe asegu-

rarse la visibilidad de paso. Esta exigencia se cumple con suficiencia a lo largo de la vía ; por las características del terreno y la ubicación del eje y la longitud de tangente intermedia.

La distancia de visibilidad de parada es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, a la peñiente y al sentido de la misma (subida y bajada). De la lámina 4.2.2. de las Normas Peruanas, Tomaré el dato que me corresponde que es 47 m.

PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAZO

DEFINITIVO

El perfil longitudinal se confeccionará según el perfil vertical del eje trazado en planta y constará de los siguientes renglones :

- Kilometraje o sea cada 100 m. e indicando el kilómetro.
- Los alineamientos, indicando las curvas limitadas por sus PC y PT y su sentido por un rectángulo hacia arriba en curva a la izquierda y hacia abajo en curva a la derecha, adjuntando los datos de ángulos y radios.
- Las cotas de terreno, que se sacan del plano topográfico - cotas, que luego se graficarán en los ejes cartesianos, se-

gún escalas establecidas. Se nivelarán todas las estacas notables del eje en la planta.

- Las cotas de la rasante ; que se calcularán analíticamente en base a la pendiente adoptada para cada tramo.
- Diferencia de alturas en relleno.
- Diferencia de alturas en corte.
- Las longitudes y pendientes en los tramos.

Una vez obtenido el perfil longitudinal del terreno, se procederá a diseñar la rasante del proyecto; ésta, puede definirse como la representación del perfil que adoptará la carretera una vez construida, al haberse reemplazado el perfil irregular del terreno con un plano uniforme.

Se buscará una rasante que establezca en lo posible, compensación transversal y longitudinal de los volúmenes a moverse. Ambas tienden a hacer las explanaciones más económicas y de más rápida ejecución.

El ingreso de la rasante deberá de hacerse teniendo a la vista el plano de secciones de modo de poder chequear en éstas, la eventual posición de la plataforma.

Un sistema práctico es el de ubicar en las secciones, las alturas donde se obtengan corte y relleno compensados ; alturas que se transportarán al perfil , obteniendo una serie de puntos, que tratarán de ser unidos por la rasante ; • en su defecto; se buscará una compensación de puntos.

Se tendrá en cuenta la longitud mínima del tramo de cambio igual a 200 m.

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea el 1%, para carreteras con pavimento superior, tal es mi caso ; y de 2% para los demás.

La longitud de curva vertical que asumiré será de 120 m. para todos los casos, valor que garantiza una buena distancia de visibilidad y que facilita los cálculos.

Estas curvas verticales se han calculado mediante la siguiente fórmula :

$$Y = \frac{X^2}{200 L} x i \quad \text{en la que :}$$

Y = Flecha u ordenada de la curva

x = Abcisa o distancia al inicio de la curva

i = Diferencia algebraica de pendientes

L = Longitud de curva , 120 m.

VALORES DE SOBREENCHO PERALTE Y LONGITUD DE TRANSICION

Velocidad Directriz - 40 km/hora

Sobreencho lámina 5.3.5.2

Peralte lámina 5.3.4.1

Transición de Peralte lámina 5.3.4.5

CURVA N ^o	RADIO (m)	SOBREENCHO (m)	PERALTE %	LONGITUD DE TRANSICION
1	100	0.9	5.2	31
2a	45	1.5	8.0	43
2b	45	1.5	8.0	43
3	60	1.2	5.8	35
4	120	0.60	5.1	31
5a	60	1.2	5.8	35
5b	60	1.2	5.8	35
6	100	0.9	5.2	31
7	120	0.60	5.1	31
8a	45	1.5	8.0	43
8b	45	1.5	8.0	43
9	80	0.9	5.8	34
10	100	0.9	5.2	31
11	100	0.9	5.2	31
12a	45	1.5	8.0	43
12b	45	1.5	8.0	43
13	100	0.9	5.2	31
14	100	0.9	5.2	31
15	100	0.9	5.2	31
16a	45	1.5	8.0	43
16b	45	1.5	8.0	43
17	100	0.9	5.2	31
18	120	0.6	5.1	31
19	120	0.6	5.1	31
20a	56	1.2	7.0	42
20b	56	1.2	7.0	42
21	70	1.2	6.0	36
22a	45	1.5	8.0	43
22b	45	1.5	8.0	43
23	70	1.2	6.0	36
24a	45	1.5	8.0	43
24b	45	1.5	8.0	43

SECCIONES TRANSVERSALES

TRAZO DEFINITIVO

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

				<u>ESTACA</u>				
IZQUIERDA				COTA	DEREDHA			
20/45	15/44	8/42		0/3140	16/38	22/37		
20/45	16/44	9/42	4/40	2/3139.4	9/38	19/36		
	17/44	11/42	4/40	4/3139	4/38	18/37		
	19/44	10/42	4/40	6/3139	2/38	9/36	18/34	20/33
22/46	13/44	10/42	6/40	8/3138	6/36	10/35	13/34	20/31
20/50	13/46	10/44	3/42	10/3140	8/38	12/37	20/34	22/32
	15/50	11/46	6/44	2/3142.4	3/40	8/38	12/37	13/36 20/36
20/58	12/50	6/46	4/44	4/3142	5/38	10/36	18/34	
	20/63	13/60	3/50	6/3148	4/45	8/44	13/40	20/38
	20/66	11/60	7/58	8/3156	6/50	10/48	20/42	
	20/70	10/63	3/60	20/3157	10/52	13/50	20/44	
		19/70	9/60	21/3150	10/40	22/30		
	17/70	11/60	3/50	22/3147	5/40	15/30	20/27	
		20/70	14/60	23/3150	11/40	18/36		
	20/70	16/60	7/50	4/3146	6/40	16/30	20/29	
	19/70	14/62	11/60	6/3151	10/42	12/40	18/32	22/30
	20/70	15/66	9/60	8/3154	3/50	12/40	20/33	
20/76	14/70	10/67	8/66	30/3161	1/60	10/50	20/40	
	20/76	16/70	6/70	2/3164	4/60	8/50	20/43	
	22/74	18/70	10/64	4/3150.8	8/52	20/47		
	20/78	12/70	10/69	6/3163	3/60	10/55	20/51	
	17/80	8/70	6/68	7/3164	5/60	10/57	20/51	
	20/84	16/80	8/70	8/3164	4/60	10/56	20/50	
	22/80	12/70	4/62	9/3159	7/56	16/50	20/48	
	20/66	12/60	10/58	40/3151	10/49	20/46		
20/55	12/54	8/52	4/50	1/3148	10/45	20/43		
	20/56	10/52	6/50	2/3149	10/47	18/44	20/43	

SECCIONES TRANSVERSALES

TRAZO DEFINITIVO

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

				ESTACA				
IZQUIERDA				COTA	DERECHA			
20/66	11/60	4/59		3/3156	10/51	17/48	20/47	
20/73	10/68	6/64		4/3161	10/56	18/52	20/49	
20/79	10/74	4/70		5/3165	5/62	15/56	22/50	
19/89	9/80	4/74		6/3170	6/65	9/60	16/56	22/52
19/90	10/83	5/80		7/3173	2/70	6/64	11/60	23/50
20/90	10/87	2/80		8/3176	5/70	14/60	20/54	
20/94	13/90	5/80		50/3174	3/70	13/60	23/50	
20/82	18/80	10/74	4/70	2/3166	8/60	22/50		
20/85	18/80	10/75	4/70	4/3166	6/60	12/50	15/50	12/42
20/87	18/80	9/70		6/3162	5/60	10/54	14/50	20/44
20/82	18/78	10/70		8/3155	7/50	10/47	14/45	21/40
20/76	9/70	6/60		9/3153	4/50	10/43	13/40	20/35
20/73	13/70	3/60		60/3154	4/50	11/40	22/30	
18/70	10/65	5/60		1/3153	5/50	10/45	15/40	20/36
20/75	18/70	7/60		2/3156	7/50	10/49	20/43	
	19/80	12/70		3/3161	10/55	18/50	20/48	
	20/87	11/80		4/3173	10/72	14/70	20/68	
20/86	14/84	12/80	10/78	5/3176	10/72	14/70	20/64	
20/83	18/80	10/77	6/75	6/3172	4/70	10/66	18/60	20/57
20/80	10/75	3/70		7/3168	7/62	9/60	15/56	20/52
22/80	14/76	4/70		8/3167	8/60	12/56	18/52	
22/78	16/76	10/72	7/70	9/3167	6/60	10/56	20/50	
20/77	14/74	8/70		70/3165	5/60	10/56	20/47	
20/77	14/73	11/70		2/3162	2/60	8/56	14/50	20/47
20/77	13/70	10/68	4/62	4/3150	10/53	15/50	20/47	

SECCIONES TRANSVERSALES

TRAZO DEFINITIVO

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

				ESTACA				
IZQUIERDA				COTA	DERECHA			
20/78	17/76	10/70		6/3165	9/60	12/58	20/53	
22/80	15/78	12/75		8/3172	6/70	17/60	20/57	
20/85	15/82	11/80	6/76	80/3172.5	11/60	20/53		
20/84	11/80	4/74		1/3172	10/62	12/60	20/56	
20/84	13/80	5/74		2/3171	11/64	17/62	21/60	
20/83	13/80	5/74		3/3171.2	3/70	10/66	20/63	
18/82	14/80	10/78	6/76	4/3172	6/70	14/66	20/64	
20/82	16/80	6/75		6/3173	8/70	12/68	22/64	
20/79	16/78	4/74		8/3172	7/70	13/66	20/63	
20/79	14/76	10/74	2/70	90/3168.8	10/66	13/62	22/59	
20/73	16/72	16/70		2/3167.4	8/66	20/65		
20/75	8/72	4/70		4/3169.5	6/68	12/67	16/64	22/63
	19/82	9/80		6/3175	7/70	16/68	24/67	
	18/83	6/81		8/3179	8/76	18/74	22/72	
	14/83	8/82		100/3180.6	4/78	12/76	20/73	

METRADO		TRAZO DEFINITIVO			
CARRETERA 7 - G' - G		HECHO POR A.C.R.			
ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
0	--	3	1.5	--	--
2	20	--	13.4	15	149
4	20	--	28.3		417
6	20	--	48.2	--	765
8	20	--	74.2	--	1224
10	20	--	46.6	--	1208
12	20	--	51.0	--	976
14	20	--	66.4	--	1174
16	20	31	1.0	155	674
18	20	114		1450	5
20	20	140	--	2540	--
21	10	38	9	890	23
22	10	27.3	75.5	327	423
23	10	33	8	302	418
24	10	2.7	90.6	179	493
26	20	29.3	15.8	320	1069
28	20	47.4	6.2	3404	220
30	20	133.7	--	1811	31
32	20	174.3	--	3080	--
34	20	83.0	--	2573	--
36	20	132.1	--	2151	--
37	10	159.0	--	1455	--
38	10	150.3	--	1547	--
39	10	79.7	--	1150	--
40	10	--	37.5	199	94
41	10	--	114.4	--	760

METRADO		TRAZO DEFINITIVO			
CARRETERA 7 - G' - G		HECHO POR A.C.R.			
ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
42	10	--	102.0	--	1082
43	10	3.7	31.3	9	667
44	10	79.3	--	415	78
45	10	158.0	--	1186	--
46	10	157.2	--	1576	--
47	10	275.0	--	2161	--
48	10	380.0	--	3275	--
50	20	309.0	--	6890	--
52	20	135.7	--	4447	--
54	20	125.0	--	2607	--
56	20	70.3	--	1953	--
58	20	14.0	84.5	843	423
59	10	10.1	176.9	121	1307
60	10	8.2	175.0	92	1760
61	10	8.3	130.3	83	1527
62	10	1.3	93.2	48	1118
63	10	39	71	202	502
64	10	285.6		1623	36
65	10	306.2	--	2960	--
66	10	196.9	--	2526	--
67	10	111.4	--	1542	--
68	10	79.0	--	952	--
69	10	54.7	13.4	669	67
70	10	21	33	379	232
72	20	--	93.3	105	1263

METRADO

TRAZO DEFINITIVO

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	AREAS		VOLUMENES	
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
74	20	--	176.4	--	2697
76	20	--	51.0	--	2274
78	20	38	--	190	255
80	20	42	--	800	--
81	10	24	25.4	330	64
82	10	17	10	205	177
83	10	15.3	8	162	90
84	10	25	1	202	45
86	20	17	--	420	5
88	20	7	4	240	20
90	20	--	56	35	600
92	20	--	82	--	1380
94	20	--	60	--	1420
96	20	15.7	10	79	700
98	20	51.3	--	670	50
100	20	59.4	--	1107	--

ELEMENTOS DE LAS CURVAS HORIZONTALES

CURVA N° 1 IZQUIERDA

$I = 25^{\circ} 30'$

$R = 100$

$T = 100 \times 0.22628 = 22.6$

$E = 100 \times 0.02528 = 2.53$

$L_c = 100 \times 0.44506 = 44.50$

$PI = 22 + 07$

$-T = \underline{2 + 2.6}$

$PC = 20 + 4.4$

$+1/2 L_c = \underline{2 + 3}$

$E = 22 + 7.4$

$+1/2 L_c = \underline{2 + 3}$

$PT = 24 + 10.4$

CURVA N° 2a DERECHA

$I = 84^{\circ} 30'$

$R = 45 \text{ m.}$

$T = 45 \times 0.90834 = 40.86$

$E = 45 \times 0.35095 = 15.80$

$L_c = 45 \times 1.47480 = 66.37$

$PI = 38 + 12$

$-T = \underline{4 + 0.8}$

$PC = 34 + 11.2$

$+1/2 L_c = \underline{3 + 3}$

$E = 38 + 4.2$

$+1/2 L_c = \underline{3 + 3}$

$PT = 40 + 17.2$

CURVA N° 2b DERECHA

$I = 84^{\circ} 30'$

$R = 45 \text{ m.}$

$T = 40.86$

$E = 15.80$

$L_c = 66.37$

$PI = 44 + 18$

$-T = \underline{4 + 0.8}$

$PC = 40 + 17.2$

$+1/2 L_c = \underline{3 + 3}$

$E = 44 + 10.2$

$+1/2 L_c = \underline{3 + 3}$

$48 + 3.2$

CURVA N° 3 IZQUIERDA

$I = 102^\circ 50'$

$R = 60 \text{ m.}$

$T = 60 \times 1.25343 = 75$

$E = 60 \times 0.60346 = 36.18$

$L_c = 60 \times 1.79478 = 108.00$

$PI = 64 + 20$

$-T = \underline{6 + 15}$

$PC = 58 + 05$

$+1/2 L_c = \underline{5 + 4}$

$E = 63 + 09$

$+1/2 L_c = \underline{5 + 4}$

$PT = 68 + 14$

CURVA N° 4 IZQUIERDA

$I = 18^\circ 30'$

$R = 120 \text{ m.}$

$T = 120 \times 0.16286 = 19.56$

$E = 120 \times 0.01317 = 1.56$

$L_c = 120 \times 0.32289 = 39.00$

$PI = 80 + 18$

$-T = \underline{1 + 9.5}$

$PC = 79 + 8.5$

$+1/2 L_c = \underline{1 + 9.5}$

$E = 80 + 19$

$+1/2 L_c = \underline{1 + 9.5}$

$PT = 82 + 17.5$

CURVA N° 5a DERECHA

$I = 75^\circ 30'$

$R = 60 \text{ m.}$

$T = 60 \times 0.77428 = 46.2$

$E = 60 \times 0.26472 = 15.8$

$L_c = 60 \times 1.31772 = 79.2$

$PI = 112 + 9$

$-T = \underline{4 + 6.2}$

$PC = 108 + 2.8$

$+1/2 L_c = \underline{3 + 9.5}$

$E = 112 + 2.3$

$+1/2 L_c = \underline{3 + 9.5}$

$PT = 116 + 1.8$

CURVA N^o 5b DERECHA
I - 75^o 30'
- 60 m.
T - 60 x 0.77428 - 46.2
E = 60 x 0.26472 - 15.8
L_c = 60 x 1.31772 - 79.2

PI - 120 + 8
-T - 4 + 6.2
PC - 116 + 1.8
+1/2 L_c - 3 + 9.5
E - 120 + 1.3
+1/2 L_c - 3 + 9.5
PT - 124 + 0.8

CURVA N^o 6 IZQUIERDA
I - 28^o
- 100 m.
T - 100 x 0.24933 - 25
E - 100 x 0.08061 - 3
L_c - 100 x 0.48869 - 49

PI - 142 + 6
-T - 2 + 5
PC - 140 + 1
+1/2 L_c - 2 + 4.5
- 142 + 5.5
+1/2 L_c - 2 + 4.5
PT - 144 + 10

CURVA N^o 7 DERECHA
I - 22^o 02'
R - 120 m.
T - 120 x 0.19468 - 22.8
E - 120 x 0.01872 - 2.16
L_c - 120 x 0.38397 - 45.60

PI - 160 + 05
-T - 2 + 2.8
PC - 160 + 2.2
+1/2 L_c - 2 + 2.8
E - 162 + 5.0
+1/2 L_c - 2 + 2.8
PT - 164 + 7.8

CURVA N° 8a IZQUIERDA

I - 106° 10'

R = 45 mt.

T = 45 x 1.33107 = 60

E = 45 x 0.66486 = 29.7

L_C = 45 x 1.85296 = 82.3

PI - 194 + 18

-T - 6 + 0

PC - 188 + 18

+1/2 L_C - 4 + 1

E = 202 + 1

+1/2 L_C 4 + 1

PT - 206 + 2

CURVA N° 8b IZQUIERDA

- 106° 10'

R = 45 mt.

T = 60

E = 29.7

L_C = 82.3

PI - 204 + 0

-T - 6 + 0

PC - 196 + 20

+1/2 L_C - 4 + 1

E = 202 + 1

+1/2 L_C - 4 + 1

PT - 206 + 2

CURVA N° 9 DERECHA

I - 45° 10'

R = 80 mt.

T = 80 x 0.41592 = 32.8

E = 80 x 0.68305 = 2.6

L_C = 80 x 0.78831 = 63.2

PI - 216 + 21

-T - 2 + 12.8

PC - 214 + 8.2

+1/2 L_C - 3 + 2.5

E = 218 + 0.7

+1/2 L_C - 3 + 2.5

PC - 220 + 13

CURVA N^o 10 IZQUIERDA
I - 30° 02'
R - 100 mt.
T - 100 x 0.26826 - 27
E - 100 x 0.03528 - 3.52
L_C - 100 x 0.52360 - 52.4

PI - 234 † 22
-T = 1 † 17
PC - 233 † 5
+1/2 L_C - 2 † 6.2
E = 236 † 1.2
+1/2 L_C - 2 † 6.2
PT - 238 † 7.4

CURVA N^o 11 DERECHA
I = 40° 04'
R - 100 mt.
T 100 x 0.34463 34.46
E - 100 x 0.06440 - 6.44
L_C 100 x 0.69930 - 70

PI - 250 † 10
-T = 3 † 4.4
PC - 247 † 5.6
+1/2 L_C - 3 † 5
E = 250 † 10.6
+1/2 L_C - 3 † 5
PT - 254 † 5.6

CURVA N^o 12a DERECHA
I = 99° 10'
R - 45 mt.
T - 45 x 1.17430 - 52.65
E = 45 x 0.54240 - 24.30
L_C = 45 x 1.33078 77.80

PI - 288 † 7.8
-T - 5 † 2.6
PC - 275 † 7.4
+1/2 L_C - 3 † 8.9
E - 278 † 16.3
+1/2 L_C = 3 † 8.9
PT - 282 † 15.2

CURVA N° 12b DERECHA

I - 99° 10'

R - 45 mt.

T = 52.65

E - 24.30

L - 77.80

PI = 280 + 10

-T - 5 + 2.6

PT - 282 + 15.2

+1/2 L_C - 3 ± 8.9

E = 286 + 14.1

+1/2 L_C - 3 + 8.9

PT 290 + 13

CURVA N° 13 IZQUIERDA

I - 62° 20'

R - 100 mt.

T - 100 x 0.60483 = 60.5

- 100 x 0.16868 = 17.1

L_C - 100 x 1.08792 = 108.8

PI - 312 + 3

-T - 6 ± 0

PC - 306 +

+1/2 L_C - 5 + 4.4

E - 301 + 7.4

+1/2 L_C - 5 + 4.4

PT - 306 + 11.8

CURVA N° 14 DERECHA

I = 29° 14'

- 100 mt.

T - 100 x 0.26639 = 26.6

- 100 x 0.03487 = 3.5

L_C - 100 x 0.52009 = 52

PI - 324 + 22

-T - 1 ± 10.6

PC - 323 + 5.4

+1/2 L_C - 2 + 6

E = 326 + 1.4

+1/2 L_C - 2 + 6

PT - 328 + 7.4

CURVA N° 15 IZQUIERDA

$$I = 55^{\circ} 50'$$

$$R = 100 \text{ mt.}$$

$$T = 100 \times 0.52985 = 53.1$$

$$E = 100 \times 0.13170 = 13.17$$

$$L_c = 100 \times 0.97448 = 97.4$$

$$PI = 350 + 14$$

$$-T = \underline{5 + 3.1}$$

$$PC = 345 + 10.9$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 8.7}$$

$$E = 350 + 7.6$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 8.7}$$

$$PT = 354 + 16.3$$

CURVA N° 16a IZQUIERDA

$$I = 102^{\circ} 30'$$

$$R = 45 \text{ mt.}$$

$$T = 45 \times 1.24597 = 54$$

$$E = 45 \times 0.59764 = 27$$

$$L_c = 45 \times 1.78896 = 81$$

$$PI = 378 + 11$$

$$-T = \underline{4 + 14}$$

$$PC = 373 + 7$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 0.5}$$

$$E = 377 + 7.5$$

$$+1/2 L_c = \underline{3 + 10.5}$$

$$PT = 380 + 18$$

CURVA N° 16b IZQUIERDA

$$I = 25^{\circ} 10'$$

$$R = 45 \text{ mt.}$$

$$T = 54$$

$$E = 27$$

$$L_c = 81$$

$$PI = 386 + 12$$

$$-T = \underline{4 + 14}$$

$$PC = 380 + 18$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 0.5}$$

$$E = 384 + 18.5$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 0.5}$$

$$PT = 392 + 19$$

CURVA N° 17 DERECHA
I = 84° 02'
R = 100 mt.
T = 100 x 0.900093 = 90
E = 100 x 0.34599 = 34.60
L_C = 100 x 1.46666 = 146.66

PI = 406 + 16
-T = 9 + 0
PC = 397 + 16
+1/2 L_C = 7 + 3
E = 404 + 19
+1/2 L_C = 7 + 3
PT = 412 + 12

CURVA N° 18 DERECHA
I = 34° 06'
R = 120 mt.
T = 120 x 0.30573 = 36.60
E = 120 x 0.04569 = 5.4
L_C = 120 x 0.59341 = 70.8

PI = 448 + 14
-T = 3 + 6.6
PC = 445 + 7.4
+1/2 L_C = 3 + 5.4
E = 448 + 12.8
+1/2 L_C = 3 + 5.4
PT = 452 + 8.2

CURVA N° 19 DERECHA
I = 24° 04'
R = 120 mt.
T = 120 x 0.21316 = 25.2
E = 120 x 0.02247 = 2.64
L_C = 120 x 0.42062 = 50.40

PI = 470 + 9
-T = 2 + 5.2
PC = 468 + 3.8
+1/2 L_C = 2 + 5.2
E = 470 + 9.0
+1/2 L_C = 2 + 5.2
PT = 472 + 14.2

CURVA N° 20a IZQUIERDA

$$I = 63^{\circ} 30'$$

$$R = 56 \text{ mt.}$$

$$T = 56 \times 0.61882 = 34.72$$

$$E = 56 \times 0.17598 = 9.87$$

$$L_c = 56 \times 1.10887 = 62.00$$

$$PI = 490 + 12$$

$$-T = \underline{3 + 4.7}$$

$$PC = 487 + 7.3$$

$$+1/2 L_c = \underline{3 + 1}$$

$$E = 490 + 8.3$$

$$+1/2 L_c = \underline{2 + 11}$$

$$PT = 492 + 19.3$$

CURVA N° 20b IZQUIERDA

$$I = 63^{\circ} 30'$$

$$R = 56 \text{ mt.}$$

$$T = 34.72$$

$$E = 9.87$$

$$L_c = 62.00$$

$$PI = 496 + 14$$

$$-T = \underline{3 + 4.7}$$

$$PC = 492 + 19.3$$

$$+1/2 L_c = \underline{3 + 0}$$

$$E = 496 + 9.3$$

$$+1/2 L_c = \underline{3 + 0}$$

$$PT = 498 + 19.3$$

CURVA N° 21 DERECHA

$$I = 37^{\circ} 40'$$

$$R = 70 \text{ mt.}$$

$$T = 70 \times 0.34108 = 23.80$$

$$E = 70 \times 0.05657 = 3.5$$

$$L_c = 70 \times 0.65741 = 46.0$$

$$PI = 510 + 16$$

$$-T = \underline{1 + 13.8}$$

$$PC = 509 + 2.2$$

$$+1/2 L_c = \underline{2 + 3}$$

$$E = 511 + 5.2$$

$$+1/2 L_c = \underline{1 + 13}$$

$$PT = 512 + 18.2$$

CURVA N° 22a DERECHA

$$I = 102^{\circ} 30'$$

$$R = 45 \text{ mt.}$$

$$T = 45 \times 1.24597 = 55.8$$

$$E = 45 \times 0.59764 = 26.55$$

$$L_c = 45 \times 1.78896 = 80.55$$

$$PI = 526 + 22$$

$$-T = \underline{4 + 15.8}$$

$$PC = 522 + 6.2$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 0.3}$$

$$E = 526 + 6.5$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 0.3}$$

$$PT = 530 + 6.8$$

CURVA N° 22b DERECHA

$$I = 102^{\circ} 30'$$

$$R = 45 \text{ mt.}$$

$$T = 55.8$$

$$E = 26.55$$

$$L_c = 80.55$$

$$PI = 534 + 22,6$$

$$-T = \underline{4 + 15.8}$$

$$PC = 530 + 6.8$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 0.3}$$

$$E = 534 + 7.1$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 0.3}$$

$$PT = 538 + 7.4$$

CURVA N° 23 IZQUIERDA

$$I = 77^{\circ}$$

$$R = 70 \text{ mt.}$$

$$T = 70 \times 0.79544 = 56$$

$$E = 70 \times 0.27778 = 17.6$$

$$L_c = 70 \times 1.34390 = 93.8$$

$$PI = 550 + 6$$

$$-T = \underline{5 + 6}$$

$$PC = 545 + 0$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 7}$$

$$E = 549 + 7$$

$$+1/2 L_c = \underline{4 + 7}$$

$$PT = 554 + 4$$

CURVA N^o 24a DERECHA

$$I = 77^{\circ} 30'$$

$$R = 45 \text{ mt.}$$

$$T = 45 \times 0.80258 = 36.0$$

$$E = 45 \times 0.28224 = 13.5$$

$$L_c = 45 \times 1.35263 = 60$$

$$PI = 584 + 6$$

$$-T = \underline{3 + 6}$$

$$PC = 581 + 00$$

$$+1/2 L_c = \underline{3 + 0}$$

$$E = 584 + 0$$

$$+1/2 L_c = \underline{2 + 10}$$

$$PT = 586 + 10$$

CURVA N^o 24b DERECHA

$$I = 77^{\circ} 30'$$

$$R = 45 \text{ mt.}$$

$$T = 36$$

$$E = 13.5$$

$$L_c = 60$$

$$PI = 589 + 16$$

$$-T = \underline{3 + 6}$$

$$PC = 586 + 10$$

$$+1/2 L_c = \underline{3 + 0}$$

$$E = 389 + 10$$

$$+1/2 L_c = \underline{3 + 0}$$

$$PT = 372 + 10$$

C A P I T U L O I V

CONSTRUCCIONES DEL PRIMER KILOMETRO DE EXPLANACIONES

INTRODUCCION

La construcción de una carretera puede hacerse en general por dos sistemas que tiene además sus variantes:

POR ADMINISTRACION.- Por este sistema la construcción es tá dirigida y controlada por la oficina de caminos en cuya jurisdicción se encuentra la carretera. Esta Oficina de Caminos designa uno ó varios Ingenieros Residentes que se ocuparán de la construcción en sus diferentes aspectos tales como:

- Control Técnico.- Replanteo del eje, dar las alturas para la ejecución de los cortes y rellenos, control de taludes, ubicación de alcantarillas.
- Control de Avances.- Dirigiendo y orientando la marcha de los trabajos.
- Control Administrativo.- Abastecimiento, movimientos de planillas y facturas , etc.

POR CONTRATO.- La oficina de caminos por medio de un Contrato otorga la construcción de la Carretera a una Compañía o entidad Particular, en el cual se estipula las condiciones bajo las cuales se hará la construcción de la Carretera , además se incluye un "Pliego de Especificaciones Técnicas" a las que deberá ceñirse el contratista durante la ejecución de los trabajos - Las obras se lleva a la Oficina de Caminos y designa a un Ingeniero Controlador quien verifica dicha obra de acuerdo a las especificaciones, que los avances corresponden a los plazos pre-establecidos, hace las valorizaciones periódicas para los pagos correspondientes.

Los contratos pueden ser:

- Contratos por precios unitarios.
- Contrato por suma Alzada, se contratan las obras por un precio global.

SISTEMA MIXTOS.- Son una combinación de los anteriores, llamado "Administración" el contratista se encarga del control técnico y administrativos de los avances y asesora al contratante (oficina de caminos) para la compra de materiales y elementos para la ejecución de la obra.

El porcentaje que cobra el contratista varía del 3 al 15% según los casos.

SISTEMA DE DESTAJOS.- Es un convenio entre el Ingeniero de la Administración y el "destajero" para la ejecución de un pequeño tramo por unidad y cantidad, determinado por las sumas que arrojan las valorizaciones.

SISTEMA DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS

La ejecución de los trabajos de construcción de Carreteras, ya sea por cualquiera de los sistemas enunciados pueden hacerse :

A MANO.- Se hacen a base de braseros; hay mucha dificultad de conseguirlos para todas las fases de la construcción.

A MAQUINA.- La técnica moderna y la rapidez con que es necesario efectuar las obras, hace que el uso de máquinas tome cada vez más importancia.

MIXTOS.- Utiliza gentes para ciertas labores y equipos de maquinarias para los movimientos de gran volumen. Este es el sistema que se usa en la práctica.

INSTALACION DEL CAMPAMENTO

Conocido el sistema de trabajo que se adoptará, el ritmo de los trabajos de acuerdo con los fondos disponibles y tiene las especificaciones, se inicia el acople de elementos para la construcción.

En la ubicación del campamento debe considerarse:

- Que el área de ubicación está en el lugar cercano a una quebrada o río con el fin de abastecerse de agua fácilmente.
- Si la zona es palúdica, el campamento debe instalarse en las partes altas y ventilados.
- Si la zona es muy fría se busca un lugar abrigado en las partes bajas.

Una vez ubicado e instalado el Campamento, se procede a acumular dentro de él, las herramientas, maquinarias, repuestos, combustibles, víveres, medicinas, etc.

RECONOCIMIENTO.- Es una labor de campo que generalmente la realiza el Ingeniero Residente y consiste en inspeccionar la zona por donde atraviesa el eje de la carretera, para lo cual dispone de la información que hay en los planos respectivos.

LIMPIEZA Y DESFORESTACION.- Es una operación que consiste en despejar el terreno natural ocupado por el eje de la carretera en estudio con el fin de eliminar las malezas, yerbas, troncos, árboles, etc., de tal forma que puede iniciarse la construcción de la explanación. El ancho de roca considerado en este caso es de 10 mts., a cada lado del eje .

El material de desecho se quema o se arroja fuera del derecho de vía.

Con el tipo de ejecución de los diferentes trabajos de construcción va a ser a máquina, esta operación de roce y limpieza puede realizarla el tractor a emplearse en las actividades de explanación. Para este fin es importante el uso de la tabla de rendimientos del tractor en roca y limpieza.

TABLA IV - 1.- RENDIMIENTO DE TRACTOR EN ROCE X

DESTRONQUE

Clase de material	Diámetro de Árboles	Tamaño del tractor.	
		Menor Pot: 115 HP	Mayor 115 HP
Maleza y árboles pequeños	15 cm.	836 m ² /hora	1000 m ² /h
árboles medianos	16 a 30 cm.	3-9 min árbol	2-6 min. árbol
árboles Grandes	37 - 76 cm.	5-20 min. árbol	5-20 min. árbol

Considero que en la zona en estudio donde se encue tra el trazo de mi carretera la vegetación está comprendida de malezas y árboles pequeños .

Por lo tanto el rendimiento será:

Rendimiento.....1000 m²/hora
1000 x 8 = 8000 m²/día

Rendimiento.....0.8 Has/día

El rendimiento ha sido tomado considerando el uso del tractor de mayor caballaje.

RAYADO DE TALUDES .- Del perfil longitudinal se saca la "relación de altura" que no son una copia de las alturas de corte de relleno en cada estaca.

De las secciones transversales se obtienen la distancia de la estaca de talud, a cada lado del eje, estas se unen por una línea quebrada denominada "Línea de Talud" lo cual servirá de guía al personal encargado a la remisión de los materiales.

MOVIMIENTO DE TIERRAS.- La construcción de la explanación o sea la ejecución de cortes terraplanes constituyen uno de los factores de terminantes del costo total de la obra; para ejecutar el movimiento de tierras, es necesario conocer los volúmenes y tipo de

materiales existentes en el eje del camino en cada una de las estacas, con lo que ya estaríamos en condición de ver si tenemos compensación transversal y longitudinal suficiente, también se podrá ver los volúmenes necesarios de material de préstamo y botes o caballeros a afectuarse durante la construcción.

De gran utilidad para esta etapa del movimiento de tierras es el diaframa de masas cuyo estudio veremos a continuación.

DIAGRAMA DE MASAS

Es la representación gráfica de la "integral" de los volúmenes a moverse, considerando (+) positivo los cortes y (-) negativo los rellenos.

OBJETO DEL DIAGRAMA DE MASAS

El empleo del diagrama de masas es indispensable cuando se van a efectuar trabajos con máquina y que con el diagrama se encuentra las distancias medias de transporte y se encuentra los volúmenes de compensación, además podremos elegir en base a estos diagramas la maquinaria más conveniente a usar.

Hay sin embargo dos casos en que la curva de masas no tiene aplicación.

- a) Cuando la rasante debe llevarse íntegramente en relleno como por ejemplo en un terreno de cultivo.
- b) Cuando la plataforma tiene que llevarse en media ladera y hay un gran exceso de material de corte, el diagrama sube constantemente. En estos casos no habrá compensación. En todos los demás casos el diagrama es de gran utilidad.

En el caso de la presente tesis, estamos en el caso de media ladera y terreno accidentado por lo tanto el diagrama de masas no tendrá mucha utilidad, pero para los efectos de la presente tesis desarrollaremos el capítulo y detendremos los tramos compensados y otros que se presentan.

TABLA IV - 2 FACTORES DE CONVERSION

- Corte en tierras, trabajo superficial ligera aprox. 1500 m ³ /Km	1.25 a 1.30
- Excavación en tierra, trabajo mediano ó pesado 10,000 m ³ y más Km.....	1.13 a 1.00
- Excavación en coral • limo	0.90 a 1.2
- Mezcla de roca gruesa y tierra ó de roca gruesa y roca fina	0.80 a 1.00
- Roca gruesa dura	0.60 a 0.80

CLASIFICACION DE LOS MATERIALES PARA CORTE Y RELLENO

A.- MATERIALES SUELTOS (PS)- Las arenas, tierras, huertas, las tierras vegetales húmedas, las tierras arcillosas secas, las arenas aglomeradas con arcilla seca, las tierras vegetales secas.

B.- ROCAS BLANDAS O SUELTAS (RS)- Terreno de aluvi6n antiguo, con glomerado, rocas muy descompuestas, arcillas puras especialmente cuando estan húmedas, las rocas calizas, las rocas arcillosas, - las rocas sedimentarias las que presentan planos de clivaje frecuente.

C.- ROCAS FIJAS.- Las rocas Igneas, algunas variedades de conglomerados, las areniscas y las cálcarea duros.

ESPONJAMIENTO.- Es el aumento de volumen tan luego se le extrae del terreno natural, se puede decir que es el sobrante del corte antes de compactar el relleno.

El esponjamiento está en razón directa de la naturaleza del terreno y de la forma de extracción. De todo esto se infiere que al contratar una cantidad de tierras para relleno, no se paga el volumen natural, debido al esponjamiento del material al extraerlo para transportarlo. ó sea que el material se lleva esponjado. El movimiento de tierras al que se deduce toda la explanación hay que considerar la extracción del material que consiste en remover el material sobrante que eliminado deja la rasante en la cota correspondiente.

C O M P E N S A C I O N

A.- COMPENSACION TRANSVERSAL.- Es cuando en una misma sección el mismo material de relleno es íntegramente cubierto con el material de corte.

En este caso no se adicione ningún pago de transporte ya que considera incluido en el pago por la extracción del corte.

El transporte es entonces mínimo, cuando la tierra extraída en una sección a media ladera se emplea en formar el terraplén de la misma sección; en este caso el transporte se ejecuta con los mismos medios de excavación, lampas o excavadoras, carretillas o medios modernos de explanación (explanadoras). El único caso en que no habría compensación transversal es cuando no se puede utilizar el material de corte en el relleno en cuyo caso se va a la curva de masas.

B.- COMPENSACION LONGITUDINAL.- Cuando suponemos que hay en un material de corte que puede ser utilizado en un relleno más alejado procederemos a transportarlo en el caso que su distancia libre de transporte (150 metros en nuestro caso) se pagará un sobrecarreo por m., formando de esta manera los rellenos con transporte. Si el transporte no sobrepasa la distancia media de transporte (150 m.) se pagará únicamente por compactación y perfilado.

C.- MATERIAL DE PRESTAMO.- En el caso, en que el hacer la compensación longitudinal, los cortes son menores que los rellenos no existiendo compensación, no tendrá que recurrir al material ubicado en canteras a distancias mínimas del punto de utilización y generalmente en zonas laterales al eje.

Algunas veces siendo igual los volúmenes de corte y relleno y las distancias de transportes excesivos, podrá resultar conveniente tomar tierras de préstamos para la formación de rellenos, excavado para tal efecto.

Igualmente se empleará material de préstamo si este resulta más económico que el de transporte.

D.- CABALLEROS.- Son los depósitos de tierra sobrante que se obtienen cuando es anti-económico transportarlo hasta el lugar donde se utilizan para el relleno; se depositan en zonas próximas al eje del camino y cuando es posible con transporte en rasante descendiente.

E.- DISTANCIA LIMITE DEL MATERIAL DE PRESTAMO.- En la distancia dentro del cual no se paga por transporte, pues se considera que está compensado con el precio con el corte. Es variable según convenio, siendo mayor cuando se trabaja con máquina que cuando se trabaja a mano.

Conviene por razones económicas reducir al mínimo los transportes. El comienzo de un desmonte o de la parte que produce un volumen constantemente igual al del terraplén adyacente y el extremo más alejado de este, determinan los llamados "puntos de compensación" cuya determinación tiene gran importancia.

PROPIEDADES DEL DIAGRAMA DE MASAS

Recordando la forma como se ha hecho y observando la figura se deduce que la curva goza de las siguientes propiedades :

- 1.- El diagrama es ascendente cuando hay exceso de corte y descendente cuando hay exceso de relleno.
- 2.- Los puntos en que el perfil longitudinal señale cambio de corte a relleno o de relleno a corte, corresponde en el diagrama de Masas la ordenada máxima o mínima.
- 3.- La diferencia entre dos ordenadas consecutivas del Diagrama representa a la escala adoptada, el exceso de corte o relleno que queda después de la compensación transversal entre las estacas correspondientes.
- 4.- En los puntos en que la curva corta a la línea de base hay compensación de volúmenes, pues indica que en esos puntos la suma algebraica entre cortes y rellenos de cero.
- 5.- Si la curva termina en la línea de base, hay compensación absoluta.
- 6.- Si la línea no termina en la línea de base, la ordenada final representa el exceso si queda por encima de la línea de base y el exceso de relleno si queda por debajo de la línea de ceros.
- 7.- Toda paralela a la línea de base que corta a la curva en dos puntos, determina segmentos compensados. Estas líneas se denominan "líneas de balance" y son trazados con el fin de obtener las líneas medias de transporte.
- 8.- Si el bucle queda por encima de la horizontal el transporte se hace de izquierda a derecha y si está debajo de la línea de balance se hace de derecha a izquierda.

- 9.- El área comprendida en segmento cerrado representa los momentos de transporte de los volúmenes que se compensan.
- 10- El cociente del área de un segmento cerrado, dividido entre la ordenada que representa los volúmenes que se compensan, da la distancia media de transporte.
- 11- Cuando la distancia horizontal entre dos puntos de balance es igual o menor a la distancia libre de transporte, no hay sobre acarreo entre estos puntos de compensación.

DETERMINACION DE LA DISTANCIA DE TRANSPORTE

Tenemos 7 segmentos cerrados que representan otras tantas compensaciones longitudinales. Aplicando las propiedades 8 y 10 del Diagrama de masas, encontraremos las distancias medias de transporte y las ordenadas y el cociente será la distancia media de transporte. El promedio de las 7 distancias medias de transporte nos dará la distancia media general.

DIBUJO Y CONCLUSIONES DEL DIAGRAMA DE MASAS

En una lámina se ha procedido a dibujar primero de la parte superior, el perfil del terreno y la rasante de la carretera del kilómetro elegido para el estudio de explanación tomando como escalas las mismas que se utilizarán para el estudio de explanación como para el estudio de perfil longitudinal o sea : horizontal.

1 : 2,000 y vertical 1 : 200 en la parte inferior de la lámina se ha graficado el diagrama de masas usando las escalas siguientes:

Horizontal 1 : 2,000 y vertical 1 cm. = 500 m³.

En este caso en que la mayor parte del trazo del primer kilómetro se encuentra en corte a media ladera y en corte cerrado y muy pocos tramos en relleno, se ha obtenido una serie de puntos, todos ubicados por encima de la línea de base o sea en la zona positiva que al unirlos se obtuvo una línea minuciosa ascendente.

En esta línea quebrada se han trazado las respectivas líneas de balance, con la finalidad de conseguir la máxima compensación posible, aunque el Diagrama está indicando que más del 75% del movimiento de tierras están en la condición de bote.

En realidad el Diagrama de Masas resultante no tiene ninguna aplicación muy útil en este caso sin embargo para cumplir con el programa existente en la elaboración de la Tesis es que se ha efectuado el cálculo y el dibujo de este Diagrama sobre cuyos resultados me basaré para tener en cuenta los planos de construcción del camino.

RESUMEN DEL DIAGRAMA DE MASAS

1.- Compensación Transversal.- Para realizar esta compensación - basta asumir una distancia de transporte . En este caso considere el valor de esta distancia a 15 mts.

2.- Botes.- La Distancia de transporte para la eliminación del - exceso del material de corte, se ha elegido de base a la observación del tipo de sustentación de la plataforma de la carretera - que en este caso, en una parte es relleno; y, otra en corte cerrado, en consecuencia pues , la distancia referida tendrá un - valor igual o mayor al ancho del de vía en mi caso he considerado 20 mts.

DIAGRAMA DE MASAS

TRAZO DEFINITIVO

ROCA BLANDA

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	VOLUMENES CORTE	RELLENO RELLENO	COEF.	RELLENO CORREGIDO	SUMA ALGEBRAICO	ORDENADA MASA
0	--	--	--	1.0	--	--	--
2	20	15	149	1.0	149	- 134	- 134
4	20	--	417	1.0	417	- 417	551
6	20	--	765	1.0	765	- 765	- 1316
8	20	--	1224	1.0	1224	- 1224	2540
10	20	--	1208	1.0	1208	- 1208	-3748
12	20	--	976	1.0	976	- 976	- 4724
14	20	--	1174	1.0	1174	- 1174	- 5898
16	20	155	674	1.0	674	- 519	- 6417
18	20	1450	5	1.0	5	+ 1445	- 4972
20	20	2540	--	1.0	--	+ 2540	- 2452
21	10	890	23	1.0	23	+ 867	- 1565
22	10	327	423	1.0	423	- 96	1661
23	10	302	418	1.0	418	- 116	- 1777
24	10	179	493	1.0	493	- 314	- 2091
26	20	320	1064	1.0	1064	- 744	- 2835
28	20	3404	220	1.0	220	+ 3184	+ 349
30	20	1811	31	1.0	31	+ 1780	+ 2129
32	20	3080	--	1.0	--	+ 3080	+ 5209
34	20	2573	--	1.0	--	+ 2573	+ 7782
36	20	2151	--	1.0	--	+ 2151	+ 9933
37	10	1455	--	1.0	--	+ 1455	+ 11388
38	10	1547	--	1.0	--	+ 1547	+ 12935
39	10	1150	--	1.0	--	+ 1150	+ 14085
40	10	199	94	1.0	94	+ 105	+ 14190
41	10	--	760	1.0	760	- 760	+ 13430
42	10	--	1082	1.0	1082	- 1082	+ 12348
43	10	9	667	1.0	667	- 658	+ 11690
44	10	415	78	1.0	78	+ 337	+ 12027
45	10	1186	--	1.0	--	+ 1186	+ 13213
46	10	1576	--	1.0	--	+ 1576	+ 14789
47	10	2161	--	1.0	--	+ 2161	+ 16950
48	10	3275	--	1.0	--	+ 3275	+ 20225
50	20	6890	--	1.0	--	+ 6890	+ 27115

DIAGRAMA DE MASAS

TRAZO DEFINITIVO

ROCA BLANDA

CARRETERA 7 - G' - G

HECHO POR A.C.R.

ESTACA	DIS- TANCIA	VOLUMENES		COEF.	RELLENO		CRDENADA MASA
		CORTE	RELLENO		CORREGIDO	SUMA ALGEBRAICO	
52	20	4447		1.2	--	+ 4447	+ 31562
54	20	2607	--	1.2	--	+ 2607	+ 34169
56	20	1953	--	1.2	--	+ 1953	+ 36122
58	20	843	423	1.2	508	+ 335	+ 36457
59	10	121	1307	1.2	1568	- 1447	+ 35016
60	10	92	1760	1.2	2112	- 2090	+ 32920
61	10	83	1527	1.2	1832	- 1745	+ 31175
62	10	48	1118	1.2	1342	- 1294	+ 29881
63	10	202	502	1.2	602	- 400	+ 29481
64	10	1623	36	1.2	43	+ 1580	+ 31481
65	10	2960	--	1.2	--	+ 2960	+ 34021
66	10	2516	--	1.2	--	+ 2516	+ 36537
67	10	1542	--	1.2	--	+ 1542	+ 38075
68	10	952	--	1.2	--	+ 952	+ 39031
69	10	669	67	1.2	80	+ 602	+ 39633
70	10	379	232	1.2	278	+ 101	+ 38734
72	20	105	1263	1.2	1516	- 1411	+ 38323
74	20	--	2697	1.2	3236	- 3236	+ 35087
76	20	--	2274	1.2	2729	- 2729	+ 32358
78	20	190	255	1.2	306	- 116	+ 32242
80	20	800	--	1.2	--	+ 800	+ 33042
81	10	330	64	1.2	77	+ 253	+ 33295
82	10	205	177	1.2	212	- 7	+ 33286
83	10	162	90	1.2	108	+ 54	+ 33342
84	10	202	45	1.2	54	+ 148	+ 33490
86	20	420	5	1.2	6	+ 414	+ 33904
88	20	240	20	1.2	24	+ 216	+ 34120
90	20	35	600	1.2	720	685	+ 34335
92	20	--	1380	1.2	1656	- 1656	+ 31775
94	20	--	1420	1.2	1704	- 1420	+ 30359
96	20	79	700	1.2	840	- 761	+ 29598
98	20	670	50	1.2	60	+ 610	+ 30208
100	20	1107	--	1.2	--	+ 1107	+ 31315

Observando detalladamente el cuadro de compensaciones longitudinales, se puede notar de todas las distancias medias de transportes, es decir en su mayoría son inferiores a 90 m. por lo tanto - si consideremos las distancias económicas de transporte de las diversas combinaciones del equipo mecánico, se deduce de que el tractor con empujador en el equipo adecuado para efectuar la compensación longitudinal, ya que la distancia económica de transporte de un tractor con empujador está comprendido entre 0 y 90 m. En ningún caso será necesario elegir el equipo más complejo e inmediato que sería la combinación Tractor-Trailler cuya distancia económica está comprendida entre 90 y 450 m.

1.- En el caso mío, particularmente indicaré las dos razones fundamentales por las que me inclino por determinado equipo mecánico

La Topografía de mi terreno es terreno accidentado y por la misma razón la carretera va en su mayor parte en corte y por lo tanto el uso del Tractor no es eficiente ni recomendable y más bien es el tractor con empujador el que realiza estos trabajos con eficiencia, especialmente en los cortes en curvas, los cortes en media ladera en los cuales se tiene que preparar sectores a nivel para que puedan operar los Tractor además el tractor para realizar los trabajos de terminación de taludes, tanto de los cortes como de rellenos con el empujador en su posición recta.

2.- También tenemos que la mayor parte del trazo es de material rocoso y el uso de Tractor no será apropiado ya que este rinde más en zonas donde el terreno es de material suelto, poco compacto, exento de raíces, troncos, piedras, que normalmente requieren de un trabajo previo. Es el tractor con empujador el equipo que se adapta a trabajar con mayor eficiencia en este tipo de terreno, obteniéndose el máximo rendimiento en la barra de tracción que no es posible obtenerlo con el tractor, operando sobre arena, fango, o superficie resbalosas.

MAQUINARIA ELEGIDA SEGUN EL ANALISIS DEL DIAGRAMA DE MASAS

Teniendo como referencia la distancia media general de transporte

que es de 96 mt. lo cual justifica plenamente la elección como equipo mecánico principal para el movimiento de tierras. El Tractor oruga con empujador" cuya distancia económica de transporte es de 90 m. Valor que está por encima de la distancia general calculada.

El número y capacidad del equipo empleado se determinará cuando se analice el volumen del material por mover en relación con el tiempo de terminación de la obra.

TABLA IV - 3 CUADRO DE DISTANCIAS ECONOMICAS

<u>TIPO DE EQUIPO</u>	<u>DISTANCIA ECONOMICA</u>
Tractor	0 - 90 m.
Trailla-Tractor	90 - 450 m.
Trailla con motor propio	270 -1500 m.
Pala mecánica con camiones	más de 450 m.

TIEMPOS Y RENDIMIENTOS

EXPLICACIONES.-Cálculo del rendimiento de un tractor con empujador
Según la fórmula que se da a continuación, la misma que nos permite calcular los rendimientos de un tractor con empujador en metros cúbicos por hora.

$$\text{Rendimiento} = \frac{Q \times f \times 60 \times E}{C}$$

Donde :

Q = Capacidad de la pala del empujador en material suelto

f = Factor de conversión

60 =Número de minutos en la hora

E = Factor de eficiencia del tractor

C_m = Tiempo que dura el ciclo del trabajo en minutos

TABLA IV - 4 Valores de Q

		<u>Metros cúbicos sueltos</u>			
<u>Tractor</u>		<u>Empujador recto</u>		<u>Empujador angular</u>	
D	8	2.4	.....	2.9	
D	7	2.2	.....	2.5	
D	5	1.4	.....	2.0	
D	- 4	1.2	.....	1.8	

RESUMEN DEL DIAGRAMA DE MASAS

Préstamos : Tenemos solamente un préstamo en nuestro Diagrama de masas.

Préstamo	Volumen	Distancia libre de transporte	Estacas
P ₁	800 m ³	30 m.	92 + 00 - 92 + 04

Botes : Como ya se ha definido los botes son el resultado del exceso de cortes y tenemos los siguientes botes.

Bote	Volumen	Distancia libre de transporte	Estacas
B ₁	11,400 m ³	30 m.	28 + 00 - 36 + 08
B ₂	17,800 m ³	30 m.	42 + 10 - 50 + 10
B ₃	2,600 m ³	30 m.	62 + 10 - 64 + 04

Compensación Longitudinal A continuación tenemos el cuadro que indica los segmentos compensados y que se ha obtenido teniendo en cuenta la distancia libre de transporte de 300 mts.

CUADRO DE SEGMENTOS COMPENSADOS RESULTANTE DEL DIAGRAMA DE MASAS

SEGMENTO	MOMENTO DE TRANSPORTE m ⁴	ORDENADA MAXIMA m ³	DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE m	ESTACAS
I	821,333	6,417	128	0 + 00 - 26 + 18
II	104,000	2,660	40	36 + 08 - 42 + 10
III	544,000	6,800	80	50 + 10 - 62 + 08
IV	608,000	7,600	80	64 + 04 - 66 + 08
V	200,000	2,200	91	66 + 08 - 90 + 16
VI	52,500	1,400	37.5	92 + 04 - 100 + 100
	2'329,833	27,077		

La distancia media - 2' 329,833 - 86

27,077

CALCULO DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS

En el capítulo calcularemos los tiempos y rendimientos del tractor para el movimiento de tierra que comprende:

- Compensación Transversal
- Compensación Longitudinal
- Préstamos
- Botes

Con el rendimiento de cada uno de los cuatro casos anteriores se calculará un rendimiento promedio del tractor D-7

Para el cálculo del rendimiento se tiene la fórmula:

$$R = \frac{60 \times Q \times f \times E}{C_m}$$

Donde :

R - Rendimiento del tractor por hora

60= minutos de una hora

Q - Capacidad del empujador en material suelto

f - Factor de conversión de suelos

E - Factor de eficiencia del tractor

C_m= Tiempo que dura un ciclo de un trabajo en minutos

$$C_m = T_f + T_v$$

Donde :

T_f= Tiempo fijo - 2 x 10" - 20" - 0.33mm (2 cambios de velocidad).

T - Tiempo variable según la distancia de transporte y la velocidad del tractor.

CALCULO DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS DE COMPENSACION TRANSVERSAL

a) Estacas : 50 + 00 - 100 + 00

material : Tierra compacta

Volumen de relleno propio 2,164 m⁴

Distancia media de transporte : 15 mt.

Factor de conversión de suelos : 0.9

Capacidad del empujador Q = 2,5 m³

Eficiencia del tractor 80%

Tiempo, que dura el ciclo

$$C_m = T_f + T_v$$

$$T_f = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ min.}$$

Velocidad ida (cargado) = 2.25 K.p.h.

Velocidad regreso (descargado) = 6.12 k.p.h.

$$T_v = T_{ida} + T_{vuelta}$$

$$T_v = \frac{15 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{15 \times 60}{6.12 \times 1000} = 0.55$$

$$C_m = 0.55 + 0.33 = 0.88$$

$$R = \frac{60 \times 2.5 \times 0.9 \times 0.8}{0.88} = 122.7 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{2,164}{122.7} = 18 \text{ horas}$$

b) Estacas : 0 + 00 - 50 + 00

material : Roca blanda

Volumen de relleno propio : 1758 m³

Distancia libre de transporte = 15 mt.

Factor de conversión de suelos = 1.0

Capacidad del empujador = Q = 2.5 m³

Eficiencia del tractor 80%

Tiempo que dura el ciclo

$$C_m = T_f + T_v$$

$$T_v = \frac{15 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{15 \times 60}{6.12 \times 1000} = 0.55$$

$$C_m = 0.33 + 0.55 = 0.88$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1 \times 0.8}{0.88} = 136 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{1,758}{136} = 13 \text{ horas}$$

136

TIEMPO TOTAL DE COMPENSACION TRANSVERSAL

13 + 18 = 31 horas.

SEGMENTO I

Estacas : 0 + 00 - 26 + 18

material : Roca blanda

Volumen compensado = 6417

Distancia de transporte = 128 mt.

Factor de conversión de natural a compactado = 0.9

$$C_m = 0.33 + \frac{128 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{128 \times 60}{6.12 \times 1000} = 4.9 \text{ minutos}$$

Cm. 4.8 minutos

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1.0 \times 0.8}{4.9} = 24.4 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario de compensación} = \frac{6417}{24.4} = 263 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo} = 263 \text{ horas}$$

SEGMENTO II

Estacas : 36 + 08 - 42 + 10

Material : Roca blanda

Volumen Compensado = 2660 m³.

Distancia media de transporte = 40

Factor de conversión de natural a compactada = 1.0

$$C_m = 0.33 + \frac{40 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{40 \times 60}{6.12 \times 1000} = 1.7 \text{ minutos}$$

Cm = 1.72 minutos

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1.0 \times 0.8}{1.72} = 70 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario} = \frac{2660}{70} = 38 \text{ horas}$$

SEGMENTO III

Estaca : 50 + 10 - 62 + 08

Material : Tierra compacta

Volumen Compensado = 6800 m³

Distancia de transporte = 80 mt.

Factor de conversión de natural a compactado = 1.0

Eficiencia del tractor = 0.8

$$C_m = 0.33 + \frac{80 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{80 \times 60}{6.12 \times 1000} = 3 \text{ minutos}$$

C_m = 3.0 minutos

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1.0 \times 0.8}{3} = 40 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario de compensación} = \frac{6,800}{40} = 170 \text{ horas}$$

Tiempo = 170 horas

SEGMENTO IV

Estacas : 64 + 04 - 66 + 08

Material : Tierra compacta

Volumen compensado = 7,600 m³

Distancia de transporte = 80

Factor de conversión, de natural a compactado = 1.0

Eficiencia del tractor = 0.8

$$C_m = 0.33 + \frac{80 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{80 \times 60}{6.12 \times 1000} = 3 \text{ minutos}$$

C_m = 3 minutos

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 0.9 \times 0.8}{3.0} = 29 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario de compensación} = \frac{7,600}{29} = 262 \text{ horas}$$

T = 262 horas

SEGMENTO V

Estacas : 66 + 08 - 90 + 16

Material : Tierra compacta

Volumen compensado = 2,200 m³

Distancia de transporte = 91 mt.

Factor de conversión, de natural a compactado = 0.9

Eficiencia del tractor = 0.8

$$C_m = 0.33 + \frac{91 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{91 \times 60}{6.12 \times 1000} = 3.5 \text{ min.}$$

$$C_m = 3.5 \text{ minutos}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 0.9 \times 0.8}{3.5} = 31 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario de compensación} = \frac{2,200}{31} = 71 \text{ horas}$$

$$T = 71 \text{ horas}$$

SEGMENTO VI

Estacas : 92 + 04 - 100 + 00

Material : Tierra compacta

Volumen compensado = 1,400 m³

Distancia de transporte = 37.5 mt.

Factor de conversión de natural a compactado = 1.0

Eficiencia del tractor = 0.8

$$C_m = 0.33 + \frac{37.5 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{37.5 \times 60}{6.12 \times 1000} = 1.6 \text{ min.}$$

$$C_m = 1.6 \text{ minutos}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 0.9 \times 0.8}{1.6} = 67.5 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario de compensación} = \frac{1,400}{67.5} = 21 \text{ horas}$$

TIEMPO TOTAL DE COMPENSACION LONGITUDINAL :

$$263 + 38 + 170 + 262 + 71 + 21 = 825 \text{ horas}$$

PRESTAMO I

Estacas : 92 + 00 - 92 + 04

Material : Tierra compacta

Volumen Préstamos = 800 m³

Distancia de transporte = 30 mt.

Factor de conversión, de natural a compactado = 1.0

Eficiencia del tractor = 0.8

$$C_m = 0.33 + \frac{30 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{30 \times 60}{6.12 \times 1000} = 1.3 \text{ minutos}$$

$$CM = 1.3 \text{ minutos}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1.0 \times 0.8}{1.3} = 92 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario para el préstamo} = \frac{800}{92} = 9 \text{ horas}$$

Tiempo de Préstamo = 9 horas

BOTE I

Estaca : 28 + 00 - 36 + 08

Material : Roca blanda

Volumen de eliminación = 11,400 m³.

Distancia media de transporte = 30 m.

Factor de conversión, de natural a compactado = 1.0

$$C_m = 0.33 + \frac{30 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{30 \times 60}{6.12 \times 1000}$$

$$C_m = 1.42 \text{ minutos}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1.0 \times 0.8}{1.42} = 85 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo necesario para la eliminación} = \frac{11,400}{85} = 134 \text{ horas}$$

85

Tiempo = 134 horas

EXPLANACIONES		ROCA BLANDA		TRAZO DEFINITIVO	
CARRETERA 7 - G' - G				HECHO POR	A.C.R.
ESTACA	DIS-TANCIA	VOLUMENES		RELLENO	RELLENO
		CORTE	RELLENO	PROPIO	PRESTAMO
0	--	---	--	--	--
2	20	15	149	15	134
4	20	--	417	--	417
6	20	--	765	--	765
8	20		1224	--	1224
10	20	--	1208	--	1208
12	20	--	976	--	976
14	20	--	1174	--	1174
16	20	155	674	155	519
18	20	1450	5	5	--
20	20	2540	--	--	--
21	10	890	23	23	--
22	10	327	423	327	96
23	10	302	418	302	116
24	10	179	493	179	314
26	20	320	1064	320	744
28	20	3404	220	220	--
30	20	1811	31	31	--
32	20	3080	--	--	--
34	20	2573	--	--	--
36	20	2151	--	--	--
37	10	1455	--	--	--
38	10	1547	--	--	--
39	10	1750	--		
40	10	199	94	94	--
41	10	--	760	--	760
42	10	--	1082	--	1082
43	10	9	667	9	658
44	10	415	78	78	--
45	10	1186	--	--	--
46	10	1576	--	--	--
47	10	2161	--	--	--
48	10	3275	--	--	--
50	20	6890	--	--	--
		39060 ✓	11945	1758	10187

Relleno propio - 1,758 m³.
 Relleno préstamo = 10,187 m³.
 Relleno total - 11,945 m³.
 Corte - 39,060 m³.

EXPLANACIONES		ROCA BLANDA		TRAZO DEFINITIVO	
CARRETERA 7 - G' - G				HECHO POR A.C.R.	
ESTACA	DIS-TANCIA	VOLUMENES		RELLENO	RELLENO
		CORTE	RELLENO	PROPIO	PRESTAMO
52	20	4447	--	--	--
54	20	2607	--	--	--
56	20	1953	--	--	--
58	20	843	423	423	--
59	10	121	1307	121	1186
60	10	92	1760	92	1668
61	10	83	1527	83	1444
62	10	48	1118	48	1070
63	10	202	502	202	300
64	10	1623	36	36	--
65	10	2960	--	--	--
66	10	2516	--	--	--
67	10	1542	--	--	--
68	10	952	--	--	--
69	10	669	67	67	--
70	10	379	232	232	--
72	20	105	1263	105	1158
74	20	--	2697	--	2697
76	20	--	2274	--	2274
78	20	190	255	190	65
80	20	800	--	--	--
81	10	330	64	64	--
82	10	205	177	177	--
83	10	162	90	90	--
84	10	202	45	45	--
86	20	420	5	5	--
88	20	240	20	20	--
90	20	35	600	35	565
92	20	--	1380	--	1380
94	20	--	1420	--	1420
96	20	79	700	79	621
98	20	670	50	50	--
100	20	1107	--	--	--
		25582	18012	2164	15848

Relleno propio - 2,164 m³.
 Relleno préstamo - 15,840 m³.
 Relleno total - 18,012 m³.
 Corte - 25,582 m³.

BOTE II

Estacas : 42 + 10 - 50 + 10

Material : Roca blanda

Volumen de eliminación = 17,800 m³.

Distancia media de transporte = 30 mt.

Factor de conversión de natural a compactado = 1.0

$$C_m = 0.33 + \frac{30 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{30 \times 60}{6.12 \times 1000}$$

C_m = 1.42 minutos

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1 \times 0.8}{1.42} = 85 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo de eliminación} = \frac{17,800}{85} = 209 \text{ horas}$$

Tiempo = 209 horas

BOTE III

Estacas : 62 + 10 - 64 + 04

Material : Tierra compacta

volumen de eliminación = 2,600 m³.

Distancia media de transporte = 30 m.

Factor de conversión de natural a compactado = 1.0

$$C_m = 0.33 + \frac{30 \times 60}{2.25 \times 1000} + \frac{30 \times 60}{6.12 \times 1000}$$

C_m = 1.42 minutos

$$\text{Rendimiento} = \frac{60 \times 2.5 \times 1 \times 0.8}{1.42} = 85 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo de eliminación} = \frac{2,600}{85} = 31$$

TIEMPO TOTAL EN BOTES : 134 + 209 + 31 = 374 horas

EXPLOSIVOS Y PERFORACION

GENERALIDADES

Para el trabajo en roca, es necesario romperla o fraccionarla para que pueda ser manejada con los equipos de excavación. Este fraccionamiento se logra barreñando hasta cierta profundidad y colocando explosivos dentro de la perforación para hacerlos detonar.

EXPLOSIVOS

Los explosivos comerciales que se usan en la construcción de caminos son sustancias sólidas que se transforman rápidamente en grandes volúmenes de gases por acción de choque, chispa u otras formas de encendido.

Deben cumplir con las siguientes condiciones :

- 1) Deben poder manipularse con seguridad.
- 2) Deben ser inalterables física y químicamente por largo tiempo.
- 3) Deben ser inalterables por las variaciones de temperatura y por la acción del agua.
- 4) Soportarán los golpes y sacudidas a que inevitablemente han de estar sometidos en su manipuleo y transporte
- 5) Su explosión no debe producir gases tóxicos, especialmente cuando se le emplea en lugares cerrados, túneles etc.

TIPOS DE EXPLOSIVOS COMERCIALES

Pueden clasificarse en :

DEFLAGRANTES.-

Son aquellos en los que los gases se generan progresivamente a medida que se efectúa la combustión de la carga, que explota por ignición. Entre estos tenemos la pólvora negra usada en caminos cuando se trata de aflojar terrenos de conglomerados,

aluvionales, arcillas duras, etc., se prepara para facilitar la acción de las máquinas.

DETONANTES

Explosivos en los que, la conversión de sólido a gas es prácticamente instantánea, siendo el volumen de gas generado mucho mayor que en los explosivos deflagrantes. Entre estos tenemos las dinamitas que tienen como base la nitroglicerina.

En el mercado las dinamitas vienen en cartuchos de 8" de largo y varios diámetros:

7/8" para trabajos a mano

1" si es con compresora neumática

Cantidad de dinamita

Clase de roca

Cantidad de dinamita por m³

Roca suelta	0.1 - 0.15 kg.
Roca Dura	0.15- 0.25 kg.
Roca muy dura	0.30- 0.90 kg.

FULMINANTES

Son cápsulas cilíndricas de cobre con un extremo cerrado y cargado de un explosivo muy sensible y violento. Sirven para producir la explosión de la carga.

Los fulminantes usados en carretera son los No 5 y tienen 4 cm. de largo por 6 mm. de diámetro.

Se usarán la marca ATLAS los que se venden en cajitas de 100 unidades. La cantidad de fulminantes a usar se determina:

- a) 1 caja por cajón de dinamita
- b) 2 cápsulas por m³. en R.D. y 1 cápsula en R.B.

MECHA DE SEGURIDAD

Este dispositivo es un tren de pólvora negra confinada que lleva la flama al explosivo.

Se venden en rollos de 1000 pies de largo siendo la sección de 5 mm. En la práctica se usa 100 pies de guía por cajón de dinamita e también 2 a 4 pies por metro cúbico.

CANTIDAD DE EXPLOSIVOS A EMPLEAR

DINAMITA

volumen de corte en roca blanda = 39,060 m³.

Cantidad de dinamita por m³ = 0.135 Kg.

Nº de cajones de dinamita de 50 lbs.

$$\frac{39,060 \times 0.135}{50 \times 0.454} = 232 \text{ cajones}$$

$$50 \times 0.454$$

FULMINANTES

Una cápsula por m³ en roca blanda

No de cajas y fulminantes = 232 - 3 cajas de 100 unidades c/u

100

MECHA DE SEGURIDAD

Se usan 4 pies de mecha por m³.

No de pies lineales de mecha = 4 x 39,000 = 156,240 pies

No de rollos de 1000 pies - 156,240 = 156 rollos

1,000

PERFORACIÓN EN ROCA

Para la perforación en roca se utilizan compresoras las cuales -
tienen por objeto producir aire a presión para accionar las herra-
mientas neumáticas. El martillo neumático acciona las barrenas, -
los cuales por golpes o percusiones rápidas taladran la roca
Los barrenos más usados son los de 1" de diámetro y de sección oc-
togonal.

La sección del barreno es una combinación de golpe y giro de 1/4
de vuelta que hace más efectivo la acción del golpe.

1.- PERFORACIONES PARA COLOCAR LOS TIROS

TIPO DE ROCA	PERFORACION	VOLUMEN MOVIDO
Roca blanda	1 pié	1 m ³ .
Roca dura	2 pies	1 m ³ .

RENDIMIENTO DE PERFORACION CON MARTILLO NEUMATICO

Roca dura 24 pies por hora

Roca blanda 80 pies/hora

TIEMPO DE PERFORACION EN ROCA

Volumen de roca blanda = 39,060 m³.

Perforación en roca blanda por m³. = 1 pié

Pies de perforación necesarios = 39,060 x 1 = 39,060 pies.

Número de horas de perforación por martillo

$$\frac{39,060}{30} = 1,302 \text{ horas}$$

30

Números de días de perforación en R.B. por martillo

$$\frac{1,302}{8} = 167 \text{ días}$$

8

EQUIPO DE PERFORACIÓN .- Se usará un equipo neumático en el cual tenemos:

- Comprensoras.- Las más usadas en carreteras son los que tienen capacidades de 105, 160, 210 y 315 pies cúbicos por minuto.
- Barrenos o perforadores en roca.- Las más usadas son las de sección octogonal (\emptyset 7/8" - \emptyset 1")

El consumo de aire de cada martillo depende de la naturaleza de la roca, de la longitud de la tubería de la alimentación del rendimiento de la máquina de la altura sobre el nivel del mar, de la habilidad del operador. En caminos donde el avance lineal es grande,

el aire comprimido necesario se produce en compresoras móviles.
La siguiente tabla puede usarse para determinar la cantidad de aire requerido por martillo.

herramienta	cantidad de aire requerido peso kg. pies cúbicos por minuto
perforadora de roca	88
rompe pavimentos	65
paleta para arcilla	32
apisonadora	30

Elección del equipo de perforación .- en nuestro caso μ^o de días de perforación por martillo 21 días asumido.

debemos realizar la perforación total en 21 días asumido.

por lo tanto tomaremos 16 martillos en lugar de uno, además como cada martillo consume 88 pies cúbicos de aire por minuto.

debe elegir 8 compresoras de 250 pies cúbicos de capacidad accionando 2 martillos de 88 pies cúbicos de capacidad.

C A P I T U L O V

DRENAJE DEL CAMINO

CONSIDERACIONES GENERALES

Tenemos que el capítulo correspondiente al Drenaje de la carretera es el de los más importantes, por cuanto se trata de la protección y conservación tanto de la capa de rodadura como de las capas inferiores componentes de la sección de la carretera.

Esta circunstancia toma especial significación en carreteras como la que estamos estudiando, cuya cota promedio 3,965 m.s.n.m., y está situada en la sierra Sur del país, lugar en donde, como es debido, sufre en determinadas épocas del año precipitaciones intensas, provocando fuertes corrientes en las quebradas o inundaciones en la plataforma de la carretera. En consecuencia, es indispensable disponer de un buen sistema de alcantarillado que preserve la erosión fuertísima causada por estas corrientes cuya fuerza y velocidad son grandes, debido a las pronunciadas pendientes que tienen y el gran volumen de agua que reciben. Igualmente es imprescindible un sistema de cunetas a lo largo de toda la carretera, que asegure un desfogue de todas las aguas que caen al camino, ya sea directamente o a través de las laderas adyacentes. También es importante en este capítulo, el estudio de las aguas subterráneas, que pueden fluir lateralmente bajo la influencia de la gravedad o elevarse verticalmente por capilaridad reblandeciendo los terrenos de cimentación y perjudicando la superestructura.

Antes de proceder a diseñar una estructura de drenaje el Ingeniero debe conocer el volumen de agua, su velocidad y con que frecuencia el agua llega a la estructura. En nuestro territorio se han establecido estaciones pluviométricas con el fin de obtener una información hidrológica aproximada de determinada zona afecta de precipitaciones pluviales.

De la misma forma que en los negocios, la agricultura, y otras actividades, la estadística y la teoría de las probabilidades juegan un

papel importante en el diseño de las obras de Drenaje. El drenaje es la solución al problema del exceso de agua tanto durante el estudio como en la construcción de caminos.

Maneras que el agua llega al camino

- a) Por precipitación directa.
- b) Por escurrimiento del agua del terreno adyacente.
- c) Por inundación causada por las corrientes de los ríos y arroyos.

En estos 3 casos deberá solucionarse el problema mediante el drenaje superficial.

- d) Por infiltración a través del sub-suelo o subrasante del camino lo que ha de solucionarse mediante el subdrenaje o drenaje subterráneo.

Condiciones para un buen drenaje

Para este objeto debe evitarse:

- a) Que el agua circule en cantidades excesivas sobre el camino, destruyendo el pavimento y originando de charcos y baches.
- b) Que, el agua de las cunetas de base o laterales no remoje y reblandesca la sub-rasante o la base originando asentamiento con el consiguiente perjuicio para la superficie de la rodadura y el pavimento en sí.
- c) Que los cortes en los suelos que no sean roca fija no se saturen de agua, con el peligro de derrumbes y deslizamientos, y aún deslizamientos de camino mismo.
- d) Que el agua de arroyos, hondonadas y talvelgs sea remaneada por los terraplenes, con el peligro de deslavarlos por erosión.
- e) Que el agua subterránea no reblandesca la subrasante formando también charcos y baches.

Métodos para el cálculo de las obras de drenaje

Hay dos métodos generales para determinar la capacidad hidráulica de una estructura de drenaje.

- 1.- Por comparación. Si existe ya una estructura en el lugar u otro cercano, haciendo un estudio de su eficiencia durante un periodo de 10 a 50 años (cuantos más años mejor). Un examen de las estructuras aguas arriba y agua abajo, También será muy provechoso.
- 2.- Por registro pluviométricos: basándose en los registros de precipitaciones pluviales anteriores de cuencas de una frecuencia determinada, y usando una fórmula empírica o racional que determina el gasto máximo del escurrimiento y la rapidez con que llega el agua al lugar elegido para la estructura. Algunas fórmulas empíricas dan directamente al área hidráulica de la alcantarilla, otras determinan el volumen de agua del cual se obtiene el área hidráulica aplicando las fórmulas de la mecánica de los fluidos.

Secuencia de operaciones y metodología a seguir en el estudio de las estructuras de drenaje

- 1.- Localización del eje.
- 2.- Área hidráulica necesaria.
- 3.- Sección, pendiente y rasante del fondo.
- 4.- Longitud de la estructura.
- 5.- Tipo económico.
- 6.- Proyecto constructivo.

Localización del eje

Se coloca generalmente en el fondo del arroyo, canal o cauce que desaguan. Al localizar una alcantarilla, ya sea para el cruce de arroyos, de corrientes intermitentes de canales de riego, etc. siempre que sea posible deberán cumplirse las siguientes condiciones

- a) No forzar los cruces de los cursos de agua para hacerlos normales al eje de la vía cuando la localización razonable y natural sea enviada, pues la economía obtenida con cruces normales casi nunca compensa los gastos de conservación originados por la erosión del agua, al sufrir éste fuertes desviaciones.
- b) No se debe tratar de reducir el número de alcantarillas concentrando en una sola el agua de una larga cuneta de base, sino que es mejor colocar todas las alcantarillas que sean necesarias para evitar complicaciones en el drenaje de conjunto.

Pendiente y razante de las alcantarillas

Es conveniente que una alcantarilla tenga la misma pendiente que el lecho de la corriente. Se evitará que el tubo de la alcantarilla se coloque en medio del terraplén.

Tipos de las Estructuras

- a) Alcantarillas de tubo:
 - 1) De concreto
 - 2) De láminas corrugadas
 - 3) De barro vitrificado
 - 4) De fierro fundido
- b) Alcantarillas de bóveda, de concreto simple o manpostería:
 - 1) Sencillas
 - 2) Múltiples
- c) Alcantarillas de cajón o marco de concreto armado:
 - 1) Sencillas
 - 2) Múltiples
- d) Alcantarillas de losa.

La elección del tipo para cualquier estructura particular depende de:

- a) Del suelo de cimentación.
- b) De las dimensiones de la alcantarilla y de los requisitos de la topografía.
- c) De la economía relativa de los diferentes tipos posibles de estructura adecuados para el lugar.

APLICACION DE LOS DIVERSOS TIPOS DE ALCANTARILLAS

Tubos.-

Las alcantarillas de tubo tienen el cañón hecho de los siguientes materiales: barro, concreto reforzado, metal corrugado o hierro colocado.

Todos estos tipos son adecuados para cimentaciones firmes. En general, son económicos para pequeñas áreas de drenaje. En ciertos casos, también resultan económicos para grandes áreas de drenaje empleándose convenientemente tubos o baterías de tubos hasta el máximo tamaño posible. Ya que el costo relativo de los diversos tipos varía para cada caso, es posible generalizar respecto a la economía de la elección del tipo de tubo.

Tubos de barro.- Se usan tubos de barro ya sean colocados a tope o bien machimbrados. Estos últimos son preferibles porque conservan mejor el alineamiento, pero en cambio son más costosos. A veces van estos tubos ahogados en concreto, sirviendo entonces principalmente con moldes para el concreto.

Tubos de concreto.- Se hacen de concreto armado y se coloca ya sea a tope o bien machimbrados.

Tubos de lámina corrugada.- Aunque su precio no es suficientemente bajo en la actualidad, sin embargo son de aconsejarse en muchos casos. Tienen como grandes cualidades su facilidad de instalación y el poderse usar inmediatamente, lo que hace su empleo lógico y económico en ciertos lugares.

Tubos de hierro colocados.- Son muy costosos, pero en cambio adecuados para cargas muy fuertes.

Alcantarillas de cajón.- Los tipos generalmente favorecidos de alcantarillas de cajón son del tipo con fondo de concreto simple y el tipo de cajón reforzado en sus cuatro lados.

Las alcantarillas de cajón se usan cada vez más en nuestro país a causa de su larga vida y gran adaptabilidad. Las alcantarillas con cuatro lados de concreto reforzado son las menos comunes usándose sobre todo en nuestro país las de muros laterales de mampostería o de concreto simple con una cubierta de losa debido a que resultan muchas veces más económicas que las otras.

Bóvedas.— Son los tipos indicados cuando el terraplén es alto y la cimentación es firme. Las bóvedas son semejantes a las alcantarillas de cajón salvo que las cubiertas van en arco. Se usan arcos de mampostería, de concreto simple o de concreto reforzado. Este tipo no debe emplearse cuando son muy altas o de claros grandes. En estos casos no conviene hacer un solo arco sino usar bóvedas múltiples pues así se reduce el costo.

En nuestro caso usaremos estructuras **ARMCO** de acero corrugado debido a su resistencia, durabilidad y bajo costo de instalación.

DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL

MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL DE ESCURRIMIENTO

1.- Método Racional

El método racional puede reducirse a la fórmula:

$$Q = 27.52 C i A \text{ en la que:}$$

Q = escurrimiento en litros por segundo

C = coeficiente de escurrimiento

i = intensidad de precipitación fluvial, en centímetros por hora para una duración igual al tiempo de concentración.

A = Área de drenaje en hectáreas

Existen también adaptaciones del método racional y son las siguientes:

a) Método de la CAA (Civil Aeronautics Administration)

Emplea la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{C i A}{36} \text{ en la que:}$$

C = coeficiente que representa la relación entre el volumen de escurrimiento y la precipitación.

b) Método Nacional ARNCO

Se utiliza bastante en aeropuertos. Ha dado resultados muy satisfactorios .

Su fórmula es :

$$Q = \frac{AIR}{36f} \text{ en donde:}$$

I = Factor de escurrimiento superficial

R = Precipitación en centímetros por hora, durante una hora.

f = Factor para compensar la pendiente de la superficie, que a la vez afecta el tiempo de concentración.

2.- Fórmulas Experimentales

Tenemos las siguientes:

a) Fórmula de Burkli - Ziegler

Es aplicada en el cálculo de alcantarillas, en áreas tributarias pequeñas.

Emplea la fórmula siguiente:

$$Q = 0.022 C \times A \times h \sqrt[4]{\frac{S}{A}} \quad \text{en la que:}$$

Q = Gasto de la alcantarilla en metros cúbicos por segundo.

C = Coeficiente que depende de la clase de suelo.

h = Precipitación pluvial en centímetros por hora, correspondiente al aguacero más intenso (lluvias de 10 minutos de duración).

S = Pendiente del suelo en metros por kilómetro.

A = Número de hectáreas tributarias.

Para C se toman los valores siguientes:

C = 0.25 para terrenos de cultivo.

C = 0.50 terrenos ligeramente impermeables.

C = 0.70 suelos impermeables.

Hay que tener en cuenta que las intensidades de precipitación pluvial en centímetros por hora, para lluvias de 10 minutos de duración, sólo es posible registrar mediante el uso de Pluviógrafos, lamentablemente, en nuestro país son muy pocas las Estaciones Meteorológicas, que disponen de estos aparatos tan necesarios actualmente.

b) Fórmula de Dickens

Se utiliza para cuencas grandes, mayores de 250 Has. con registros pluviométricos de 24 horas de duración. Su uso es frecuente en puentes.

Su fórmula es :

$$Q = 0.01386 C \sqrt[4]{A^3} , \text{ en donde:}$$

C - Coeficiente que depende de la clase de suelo y de la altura total de lluvias en 24 horas.

3.- Fórmulas Empíricas

Las más conocidas son:

a) Fórmulas de Jarvis-Hyars

Es aplicable a grandes alcantarillas y puentes pequeños.

Se basa en estudios efectuados en varias zonas de Estados Unidos.

b) Fórmula de Talbot

Debido a su simplicidad goza de gran popularidad. Da directamente el área hidráulica de la alcantarilla requerida.

$$A = 0.183 C \sqrt[4]{M^3} , \text{ en donde:}$$

, - Área libre del tubo en metros cuadrados.

M = Área para drenar en hectáreas.

C - Coeficiente que depende de la topografía del suelo.

Damos algunos valores:

C = 1 para terrenos rocosos y fuertes pendientes

C = 2/3 para terrenos quebrados y pendientes moderadas

C = 1/3 para terrenos agrícolas onduladas

C = 1/5 para suelos a nivel.

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE DRENALE

Dentro del estudio específico de nuestra carretera, dividiremos el drenaje superficial en dos partes:

A) Diseño de Alcantarillas.

B) Diseño de Cunetas.

NUMERO DE ALCANTARILLAS

En paginas anteriores se ha desarrollado ampliamente todo lo relacionado con el cálculo del gasto y diámetro de la alcantarilla por lo cual pasamos a la localización de las alcantarillas en nuestro primer kilómetro y observamos que tenemos un curso de agua significativo además tenemos puntos bajos de perfil por lo cual pasamos a enumerar las alcantarillas:

UBICACION DE LAS ALCANTARILLAS

- Alcantarilla no 1 Estaca 24 + 00
- Alcantarilla no 2 Estaca 40 + 17
- Alcantarilla no 3 Estaca 58 + 10
- Alcantarilla No 4 Estaca 74 + 00
- Alcantarilla no 5 Estaca 92 + 00

Para al cálculo de gastos emplearemos la fórmula de Burkly - Ziegler, luego tenemos la siguiente fórmula

$$Q = 0.022 \times C \times h \times \sqrt{\frac{A}{S}} \quad (1)$$

ALCANTARILLA No 1

Estaca 24 +00

A - $\frac{150}{5}$ - 30 hectáreas (dato del tema)

C - 0.45 (coeficiente de escurrimiento en roca blanda)

h - $\frac{8 \text{ cm}}{2 \text{ horas}}$ = 4 cm/hora (dato de la tesis)

S = 1000 mt/km.

Reemplazando estos datos en la fórmula (1) tenemos

$$Q = 0.022 \times 0.45 \times 4 \times 30 \sqrt{\frac{1000}{30}}$$

$$Q = 1.188 \times 2.40 = 2.86$$

$$Q_1 = 2.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

ALCANTARILLA No 2

Estaca 40 + 17

A - 30 hectáreas

C - 0.45 (Roca blanda)

h - 4 cm/hora

S - 332 mt/km.

Reemplazando datos en la fórmula tenemos :

$$Q = 0.022 \times 0.45 \times 4 \times 30 \sqrt[4]{\frac{332}{30}}$$

$$Q = 1.188 \times 1.82 = 2.17 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_2 = 2.17 \text{ m}^3/\text{seg}$$

ALCANTARILLA N^o 3

Estaca 58 + 10

A - 30 hectáreas

C - 0.25 (tierra compacta)

- 4 cm/hora

S - 870 mt/km.

$$Q = 0.022 \times 0.25 \times 4 \times 30 \sqrt[4]{\frac{870}{30}}$$

$$Q = 0.66 \times 2.52 = 1.53$$

$$Q_3 = 1.53 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

ALCANTARILLA N° 4

Estaca 74 + 00

A - 30 hectáreas

C - 0.25 (tierra compacta)

h - 4 cm/hora

S - 880 mt/km.

$$Q = 0.022 \times 0.25 \times 4 \times 30 \sqrt[4]{\frac{880}{30}}$$

$$Q = 0.66 \times 2.33 = 1.53$$

$$Q_4 = 1.53 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

ALCANTARILLA N° 5

Estaca 92 + 00

A = 30 hectáreas

C = 0.25 (tierra compacta)

h = 4 cm/hora

S = 440 km/hora

$$Q = 0.022 \times 0.25 \times 4 \times 30 \sqrt[4]{\frac{440}{30}}$$

$$Q = 0.66 \times 1.95 = 1.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_5 = 1.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

CALCULO DEL DIAMETRO DE LA ALCANTARILLA

Para el efecto tenemos la fórmula del gasto en función del diámetro y es la siguiente :

$$Q = 1.425 D^{5/2}$$

Despejamos D y tenemos :

$$D = \left(\frac{Q}{1.425} \right)^{2/5}$$

Reemplazando datos tenemos lo siguiente :

ALCANTARILLA N° 1

$$D_1 = \left(\frac{2.86}{1.425} \right)^{2/5} = 1.32$$

$$D_1 = 1.32 \text{ mt.}$$

Diámetro comercial $D = 1.52 \text{ mt} = 60''$

ALCANTARILLA N° 2

$$D_2 = \left(\frac{2.17}{1.42} \right)^{2/5}$$

$$D_2 = 1.18 \text{ mts.}$$

Diámetro comercial = 1.22 mts. - 48''

ALCANTARILLA N° 3

$$D_3 = \left(\frac{1.53}{1.42} \right)^{2/5} = 1 \text{ mt.}$$

$$D_3 = 1.0 \text{ mt.}$$

Diámetro comercial = 1.07 mts. = (42")

ALCANTARILLA N° 4

$$D_4 = \left(\frac{1.53}{1.42} \right)^{2/5} = 1 \text{ mt.}$$

$$D_4 = 1.00 \text{ mt.}$$

Diámetro comercial = 1.07 mts = 42"

ALCANTARILLA N° 5

$$D_5 = \left(\frac{1.30}{1.42} \right)^{2/5}$$

$$D_5 = 0.96 \text{ mts.}$$

Diámetro comercial = 1.07 mts. = 42"

RESUMEN :

Alcantarilla	N° 1	D - 60"
Alcantarilla	N° 2	D - 48"
Alcantarilla	N° 3	D - 42"
Alcantarilla	N° 4	D - 42"
Alcantarilla	N° 5	D - 42"

ALCANTARILLA N°1

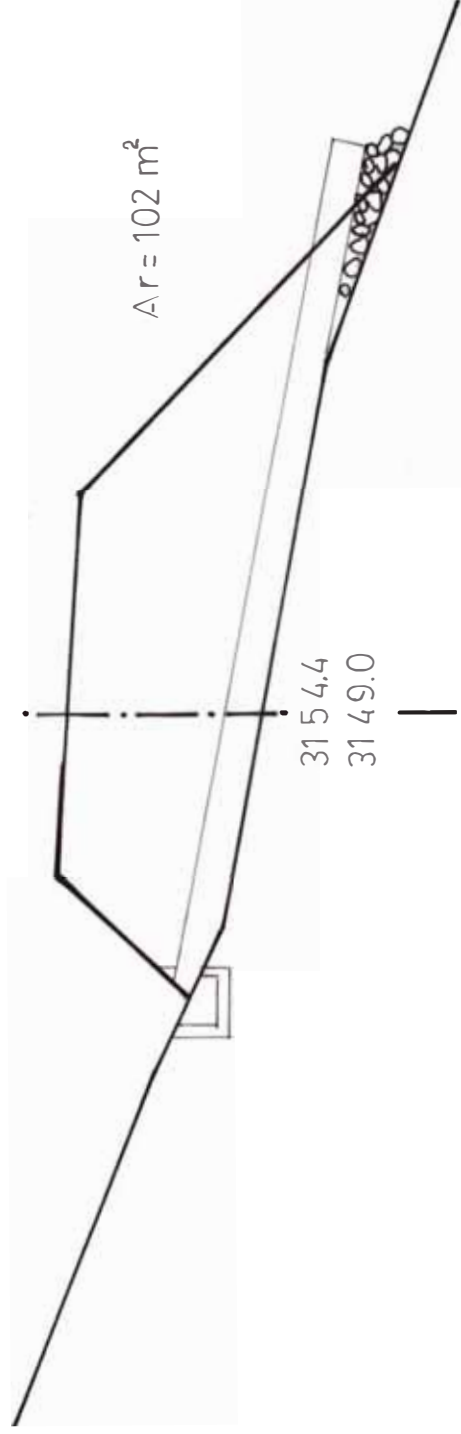
TACIA

31
3146.

MATERIAL ROCA BLADA
DIAMETRO 60"
PENDIENTE 67%
LONGITUD 106'

ALCAN·TARILLA Nº2

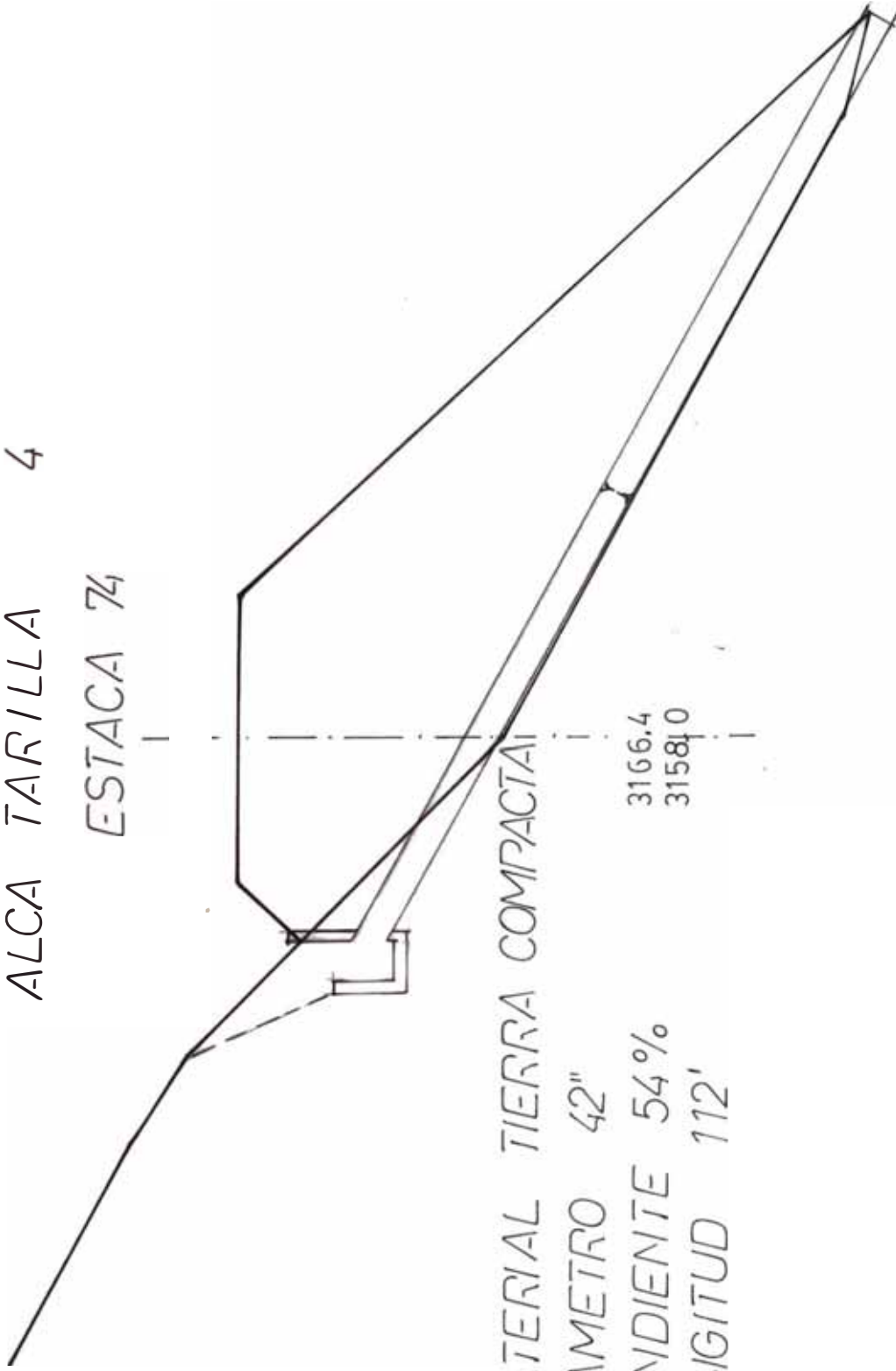
ES/ACA 42



MATERIAL ROCA BLANDA
DIAMETRO 48"
PENDIENTE 70%
LONGITUD 79'

ALCA TARILLA 4

ESTACA 74



MATERIAL TIERRA COMPACTA

DIAMETRO 42"

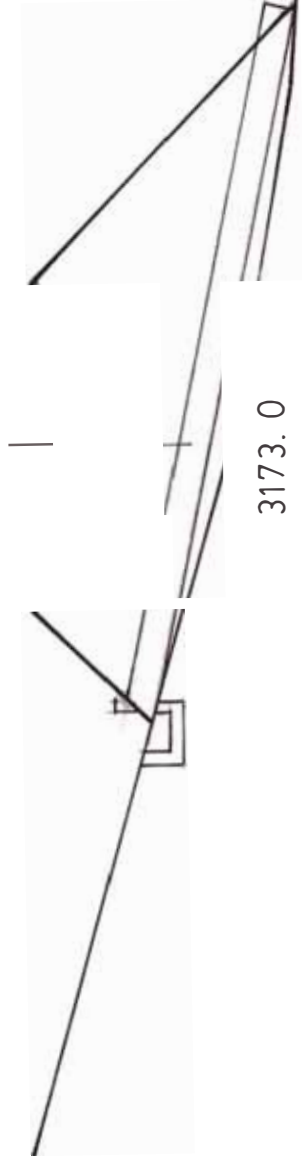
PENDIENTE 54%

LONGITUD 112'

3166.4

3158.0

ALCANTARILLA Nº 5
ESTACA 92



MATERIAL TIERRA COMPACTA |

DIAMETRO 42

PENDIENTE 25%

LONGITUD 33'

CUNETA EN ROCA BLANDA

Tenemos que en nuestro primer kilómetro la longitud de cuneta - más larga es la comprendida en el tramo de roca blanda entre - las estacas 24 +12 - 38 + 16, por lo cual calcularemos la capacidad de escurrimiento de dicho tramo por ser el más desfavorable de nuestro primer kilómetro.

Ver grafico

Area de la sección hidraulica = $\frac{1}{2} (0.416 - 0.06) \times 0.25$

$$A = 0.0595$$

$$\text{Perimetro mojado} = \sqrt{(0.06)^2 + (0.25)^2} + \sqrt{(0.416)^2 + (0.25)^2}$$

$$P_m = 0.746$$

$$\text{Radio medio hidráulico} = \frac{A}{P} = \frac{0.0595}{0.746} = 0.08$$

$$R = 0.0802$$

$$h = 0.03$$

$$S = 0.035$$

Aplicando la fórmula de Manning tenemos :

$$V = \frac{(0.08)^{2/3} \times (0.035)^{1/2}}{0.03} = 1.25 \text{ mt/seg.}$$

Luego el gasto que puede llenar la cuneta será :

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1.25 \times 0.059 = 0.074 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q = 0.074 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

VERIFICACION DE LA CAPACIDAD DE LA CUNETETA DE BASE

Para calcular la capacidad de este tramo de cuneta emplearemos la fórmula Burkly - Ziegler

Tenemos los siguientes datos

$$A = 1 \text{ hectárea}$$

$$S = 1000 \text{ mt/km}$$

$$C = 0.45$$

$$h = 4 \text{ cm/hora}$$

Los valores de A y S son obtenidos del plano topografico

$$Q = 0.022 \times 0.45 \times 1 \times 4 \sqrt[4]{\frac{1000}{1}}$$

$$Q = 0.22 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Comparando este valor con la capacidad de la cuneta de base se ve que esta es menor por lo cual se ve que la capacidad de la cuneta de base no es suficiente para drenar el gasto en referencia por lo cual se hace necesario diseñar una cuneta de coronación.

DISEÑO DE LA CUNETA DE CORONACION

La cuneta de coronación tiene 0.50 m. de ancho en el fondo y 0.35, de profundidad, Consideramos un talud de 1H : 3V adecuado para roca blanda. En la figura se muestra claramente la sección típica de cuneta de coronación.

Tomando una altura hidráulica de 0.35 m. el área hidráulica será :

$$A = (0.50 + 0.734) \frac{0.35}{2} = 0.216 \text{ m}^2$$

El perímetro mojado será:

$$P = 0.50 + 2 \sqrt{0.117^2 + 0.35^2}$$
$$P = 1.24 \text{ m.}$$

El radio medio hidráulico :

$$R = \frac{0.216}{1.24} = 0.174 \text{ m.}$$

Cálculo de la velocidad:

Emplearemos la fórmula de Manning, considerando una pendiente de 3.6% y $n = 0.03$

$$Q = \frac{0.216 \times (0.174)^{2/3} \times (0.036)^{1/2}}{0.03}$$

$$Q = 0.45 \text{ m}^3/\text{long.}$$

Este gasto satisface el último tramo de cuneta de base.

C A P I T U L O VI

PAVIMENTOS

GENERALIDADES.-

Una carretera destinada al tránsito moderno no puede considerarse terminada, si es que no se ha dotado de un pavimento - que responda a sus exigencias, y es que en este aspecto donde el Ingeniero debe tener especial cuidado, ya que un buen estudio y elección del pavimento, influirán enormemente en el acabado y conservación de la obra así como el costo que demanda su construcción.

Es en los pavimentos de carreteras donde más se debe tener en cuenta el aspecto económico debido a las grandes superficies que hay que cubrir y donde lógicamente, una pequeña diferencia de precio por metro cuadrado. Se hace una suma muy importante en el conjunto.

La finalidad de un pavimento es resistir los efectos abrasivos del tránsito. Las acciones del clima y además transmitir a la subrasantelas cargas convenientes repartidas de tal manera que los materiales componentes de dicha subrasante reciban esfuerzos y deformaciones mínimas.

La solución del problema consiste en determinar los espesores adecuados de las diferentes capas del pavimento. capas por ejecutarse con materiales adecuados y de características conocidas de manera que resistan sin alteraciones sencibles, las múltiples acciones impuestas por el tránsito y por el ambiente.

Las dimensiones obtenidas deben satisfacer los requisitos técnicos no saliéndose de los límites económicos admisibles.

Una vez obtenidos los espesores de las diversas capas, se debe proceder a un adecuado diseño de mezclas que obtenga en el pavimento, las condiciones requeridas.

DEFINICION DE PAVIMENTOS

Voy a reproducir la definición dada por el Ingeniero - M.E. Echegaray de su "Prontuario de la asignatura de Pavimentos" ynque textualmente dice así: " Pavimento de toda estructura anti-ficialmente alisada en su superficie y destinada a transmitir a la subrasante, sobre la que descansa, los efectos de las cargas estáticas o en movimiento resistiendo los efectos destructivos - del tránsito y los agentes atmosféricos".

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.- Los elementos constitutivos dela es- tructura de un pavimento son:

a) Elemento resistente.- Tiene por función transmitir y distribu- ir las cargas de la subrasante y esta constituido por la piedra o por constitutivos de elle como piedra triturada, arena o polvo de piedra.

b) Elemento Ligante.- Su función es ligar o relacionar entre sí a los elementos resistentes: por lo general esta constituido por un aglutinante como cemento o cal, o por arcilla y también de un material biluminosos .

CLASIFICACION.- De acuerdo a la forma en que transmiten las car- gas a la subrasante podemos clasificarlos:

a) Pavimentos flexibles.- Aquellos que transmiten a la subrasante las cargas que reciban, sólo en las zonas p^róximas a la aplicaci^on de las cargas.

b) Pavimentos rígidos.- Aquellos que transmiten a la subrasante - las cargas que reciben de manera uniforme, en una área considera^da da y a distancia considerable del punto de aplicación de la carga

ELECCION DEL TIPO DE PAVIMENTO

La elección del tipo de pavimento para una carretera nueva o al reconstruir una antigua es un problema fundamental que enfrentan los modernos proyectistas de caminos.

Por consiguiente, para la elección hay que tomar en cuenta una serie de factores tales como:

- El tipo de pavimento debe ser tal que ofrezca condiciones de confort y de rodadura suaves.
- Económica para el usuario: Reducido consumo de combustible y llantas con pequeño desgaste del vehículo.
- Seguridad en la marcha: Coeficiente de rozamiento por rotación conveniente.

El tipo de pavimento escogido debe ser tal que económicamente resista la acción del tráfico, debemos tener presente que el pavimento más barato inicialmente puede no siempre ser el más económico, en caso de que este no tenga resistencia conveniente para la intensidad de tráfico que ha de estar sometido, se destruirá o exigirá una conservación costosa.

El pavimento más económico será aquel en el cual el costo anual, interés y amortización del capital de establecimiento (primer costo de conversión) más gastos de conservación sea mínimo.

Seguidamente enumeraré las principales características de los pavimentos rígidos y flexibles para justificar la elección.

Pavimento Rígido

- Bajo costo de conservación
- Larga duración
- Alto remanente de su valor como base para futuras superficies nuevas.
- Buenas condiciones de visibilidad y reflexión en la noche
- Distribución de cargas en áreas grandes
- Resiste esfuerzo de torsión
- No es atacado por el aceite o gasolina

- Tiene bajo coeficiente de rodamiento y puede diseñarse a las seguridades exigibles.

Pavimento Flexible

- Bajo costo inicial (excepto en los tipos superiores)
- Fácil trabajo de instalación
- Fácil reparación de las rajaduras
- Gran variedad de tipos lo que permite un amplio juego de condiciones
- No tiene juntas
- Tiene condiciones que permitan el resello
- Gran flexibilidad para adaptarse a las fallas de la subrasante
- Construcción por etapas.

Otras consideraciones a tener en cuenta:

A) Tráfico

- Carga bruta y presión del neumático
- Repetición de carga
- Eje y configuración de la rueda
- Propiedad de los materiales de la subrasante y del pavimento
- Velocidad

B) Clima

- Lluvias
- Heladas
- Contracción e hinchamiento
- Fenómeno de congelación - deshielo y humedecido - secado
- Variación del clima con las estaciones

C) Geometría de la sección transversal

D) Posición

- Cortes o rellenos
- Profundidad de la capa freática
- Derrumbes
- Depósitos de material blando

E) Construcción y Mantenimiento

- Compactación de las diferentes capas
- Calentamiento inapropiado de los materiales si el pavimento es flexible
- Acabado del pavimento.

JUSTIFICACION DE LA SELECCION DEL TIPO DE PAVIMENTO

En el presente proyecto que está ubicado en una zona de sierra, resulta muy justificable todavía el uso del "pavimento flexible" debido a sus características de durabilidad, impermeabilidad y resistencia a las cargas que han de actuar.

Pero para efectos de hacer una selección del pavimento más apropiado vamos a hacer una justificación de nuestra selección :

- 1º El pavimento flexible es más económico que uno de cemento Portland.
- 2º No requiere en su construcción el empleo de juntas de construcción, ni dilatación.
- 3º En caso de asentamiento, la reparación de un camino de concreto asfáltico es fácil, limitándose al área afectada, no así el pavimento rígido que necesita reconstruir el área de la losa.
- 4º Se puede construir por etapas, cuando se prevee un importante crecimiento del tráfico se hace necesario construir un espesor del pavimento mucho mayor que en el momento de estudio, puede construirse ya sea por razones técnicas o económicas .
- 5º El tiempo, necesario para la construcción y apertura del tránsito es menor que en los pavimentos rígidos.
- 6º Los costos combinados de construcción y conservación son menores que en los costos de construcción de cemento Portland.
- 7º Flexibilidad para adaptarse a las fallas de la sub-base.
- 8º Siempre hay problemas para conseguir cemento Portland pues, es un sitio alejado y hay gran demanda de éste.

9º Debido a la existencia de muchos caminos de concreto asfáltico en el Perú, actualmente los contratistas y su personal tienen experiencia en este tipo de construcción.

DEFINICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Es una estructura formada por varios elementos que se denominan capas y que toman diferentes denominaciones particulares pudiendo cada una de ellas estar constituidas por diversos tipos de materiales.

Normalmente una carretera pavimentada con asfalto está compuesta por tres elementos básicos:

- a) La subrasante
- b) La capa de base
- c) La superficie de rodadura

En algunos casos la capa de base se descompone en dos partes:

- 1º Capa de sub-base
- 2º Capa de base

La estructura de los pavimentos flexibles, está compuesta por materiales que tienen sucesivamente mayor resistencia partiendo de la subrasante hacia la superficie de rodadura.

DISEÑO DEL PAVIMENTO

Método del Instituto del Asfalto

Para el diseño del pavimento se empleará, el método del Instituto del Asfalto elaborado a base de las experiencias efectuadas por la AASHO, referente a la correlación entre el pavimento y su comportamiento bajo la acción del tráfico.

Interviene el concepto de fatiga (Hveem), se toma en cuenta la propiedad acumulativa de los efectos destructivos tráfico

co introduciendo en índice de tráfico que es función del número y el peso de los ejes que circulan sobre el pavimento a lo largo del período que este presta sus servicios eficientemente y reemplaza el uso de la carga máxima como factor para determinar el espesor del pavimento.

Las principales diferencias respecto a métodos precedentes son:

- Mejoramiento de los métodos de Análisis del Tráfico.
- Revisión de la fórmula y gráficos para obtener las dimensiones de los espesores.
- Planteamiento del cálculo basado en una capa ficticia constituida sólo de materiales asfálticos; tal capa se subdivide después en capas reales, en base a coeficientes de transformación de materiales asfálticos y materiales granulares de base y sub-base.

Para el diseño del pavimento consideramos dos fases:

- 1) Diseño del espesor del pavimento
- 2) Diseño de las mezclas de cada uno de los elementos constituyentes del pavimento:
 - Superficie de rodadura
 - Capa de base
 - Capa de sub-base
 - Subrasante.

METODO PARA ENCONTRAR EL ESPESOR DEL PAVIMENTO

Con el conocimiento del "Indice de Tráfico" y del valor de la subrasante (CBR-R) se encuentra en el abaco del Instituto del Asfalto un espesor de pavimento que en su totalidad está constituido por concreto Asfáltico. Parte de este espesor puede ser sustituido por bases granulares, teniendo en cuenta los coeficientes de equivalencia o relación de sustitución de bases asfálticas y bases granulares que la AASHO a determinado. Esto nos permite un diseño alternativo.

RELACION DE SUSTITUCION DE BASES ASFALTICAS Y NO ASFALTICAS

La AASHO, por experiencias ha encontrado equivalencias entre la base asfáltica y bases granulares, estas varían con los materiales seleccionados para cada capa, así tenemos:

- Una pulgada de concreto asfáltico densa similar al tipo IV del Instituto del Asfalto equivale a dos pulgadas de base granular de alta calidad (1:2).
- Una pulgada de concreto asfáltico puede sustituirse por 2.7 pulgadas de sub-base granular (1:2.7).
- Una pulgada de base granular equivale a 1.35 pulgadas de sub-base granular (1:1.35).

Estas relaciones de sustitución se cumplen para ciertas características de los materiales y ellas están dadas en las tablas que siguen:

EXIGENCIAS DE LOS MATERIALES PARA BASE GRANULAR

PRUEBA (1)	TRAFICO LIVIANO (2)	TRAFICO MEDIANO Y PESADO (3)
CBR (min.)	80	100
Valor P. (min.)	78	80
L.L. (max)	25	25
I.P. (min)	6	3
Equivalente de arena (min)	30	50

DETERMINACION DEL INDICE DE TRAFICO

Datos :

IMD - 500

Vehículos ligeros con menos de 8,000 lbs por eje	350
Vehículos comerciales H ₁₅	40
Vehículos comerciales H ₁₅ - S ₁₂	40
Vehículos comerciales H ₂₀ - S ₁₆	70

Nº total de ejes

Vehículos ligeros con menos de 8000 lbs.	350 x 2 -	700
Vehículos comerciales H ₁₅	40 x 2 -	80
vehículos comerciales H ₁₅ - S ₁₂	40 x 3 -	120
Vehículos comerciales H ₂₀ - S ₁₆	70 x 3 -	210
TOTAL	=	1110

DISTRIBUCION DE EJES POR SU CARGA

1.- De menos de 8000 lbs. por eje simple

- Automoviles y camiones livianos	2 x 350 -	700
- Vehículos comerciales H ₁₅	1 x 40 -	40
- Vehículos comerciales H ₁₅ - S ₁₂	1 x 40 -	<u>40</u>

2.- Entre 8000 y 12000 lbs. por eje simple 780

- vehículos comerciales H ₂₀ - S ₁₆	1 x 70 -	70
---	----------	----

3.- Entre 22,000 lbs. y 24,000 lbs.

- vehículos comerciales H ₁₅	1 x 40 -	40
- Vehículos comerciales H ₁₅ - S ₁₂	2 x 40 -	<u>80</u>
		120

4.- Entre 30,000 y 32,000 lbs.

- vehículos comerciales H ₂₀ - S ₁₆	2 x 70 -	140
---	----------	-----

CALCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA

GRUPO DE CARGAS POR EJES EN LBS.	FACTOR DE EQUI- VALENCIA	EJES POR DIA	<u>EQUIVALENCIA</u>
menos de 8,000	0	780	---
8 a 12	0.11	70	7.7
22 a 24	3.91	120	469.2
30 a 32	0.92	140	<u>128.8</u>
			605.7

El factor de coeficiente de equivalencia de carga :

$$E = \frac{605.7}{500} = 1.21$$

luego : E = 1.21

Cálculo del coeficiente del tanto por uno de vehículos que circulan por la trocha más cargada

Se usa la tabla siguiente IV - 4

Nº de trochas (2 direcciones)	% de camiones en la tracha de diseño
2	50
4	45 (35 - 48)
o mas	40 (25 - 48)

Para nuestro caso tenemos 2 vías de circulación, luego corresponde a cada trocha un porcentaje de circulación igual al 50% de los vehículos.

En consecuencia tenemos :

$$F = 50 \times 0.01 = 0.50$$

$$F = 0.50$$

Para el cálculo del "Índice de tráfico" tenemos la fórmula siguiente :

$$I.T = N.C.E.F.$$

Donde :

N - N^o de vehículos comerciales

C - Promedio del incremento del tráfico durante el periodo del diseño que es 20 años.

E - Es el coeficiente de equivalencia de carga

F - Porcentaje de circulación para una trocha de 2 vías.

Reemplazando valores tenemos :

N - 150 camiones

C - $1 + \frac{2.5}{2} - \frac{3.5}{2} = 1.75$

E - 1.21 (ya se ha calculado)

F - 0.50

IT - $150 \times 1.75 \times 1.21 \times 0.5 = 159$

IT - 159 (el tráfico es pesado)

Puesto que los abacos del Instituto del asfalto han sido confeccionados teniendo como datos el índice de tráfico y el valor resistente de la sub-rasante ya podemos hacer uso de ellos :

Datos :

CBR 20

IT 159

Para este fin entrando por la parte superior con el valor del CBR 20 basamos una perpendicular que intercepta a la línea oblicua que contiene el valor del índice de tráfico IT = 159 - desde este punto de intersección trazamos una horizontal hasta - cortar el eje de las ordenadas en el que encontramos el espesor

total del pavimento, en nuestro caso es de 5".5 aproximadamente.

ALTERNATIVAS DEL DISEÑO

1.- Cálculo del espesor total del pavimento considerandolo todo de concreto asfáltico

Encontramos un espesor de 5".5

Para un tráfico pesado, como en nuestro caso, el espesor mínimo de superficie de rodadura es de 2" (5 cm.) luego el diseño del pavimento será :

- Superficie de rodadura	2"
- Base de concreto asfáltico	<u>3".5</u>
Espesor total :	5".5

DETERMINACION DEL C.B.R

La determinación del C.B.R. de la subrasante hallamos por el método de eliminación según las características dados en el tema de tesis.:

Iniciamos la comparación de la malla N° 200 y vemos que para nuestro caso pasa 10%, por lo cual descartamos los materiales luminosos y arcillosos ya que para más del 35% para la malla 200, luego nos quedamos con los suelos granulares o sea que será un suelo 1-1, A-2 ó A-3 o cualquiera de sus sub-grupos.

Para el Tamiz N° 40 no tenemos ningún valor en la tabla que empleamos que es "clasificación de suelos de la AASSHO" veamos el tamiz N° 40 tampoco tenemos valores significativos en la tabla, pasamos al valor del índice de plasticidad que para nuestro caso es 20 con este valor descartamos los suelos A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5 quedándonos los suelos A-2-6, A-2-7 y A-3, pasamos al valor del límite líquido que en nuestro caso es 35, por lo que descartamos el suelo A-2-7 quedándonos finalmente el suelo A-2-6, con este suelo se ubica en el gráfico de correlación aproximado de rango de suelos y estando al referido gráfico para un suelo A-2-6 tenemos que el valor del C.B.R. es igual a 20

$$C.B.R = 20$$

DETERMINACION DEL INDICE DE GRUPO

Tenemos la fórmula siguiente ::

$$IG = 0.22 + 0.005ac + 0.01bd$$

Donde:

- a = Exceso sobre 35 de la cantidad que pasa la malla 200 sin pasar de 75, expresado en número entero y positivo
- b = Exceso sobre 15 de la cantidad que pasa la malla 200 sin pasar de 55 (0 a 40)
- c = Exceso de L.L sobre 40 si pasar de 60 (0 a 20)
- d) - Exceso de I.P. sobre 10 no pasando de 30 (0 a 20)

Reemplazando datos tenemos:

$$a = 10 - 35 = - 25 \text{ (nulo)}$$

$$b = 10 - 15 = -5 \text{ (nulo)}$$

$$c = 35 - 40 = -5 \text{ (nulo)}$$

$$d = 15 - 10 = 5$$

$$IG = 0$$

DETERMINACION DEL INDICE DE GRUPO

Tenemos la fórmula:

$$I.G = 0.2 \times a + 0.005 \times 9 \times C + 0.01 \times b \times d$$

Donde:

a = Exceso sobre 35 de la cantidad que pasa la malla N° 200
sin pasar de 75, expresado en un número entero y positivo

b = Exceso sobre 15 de la cantidad que pasa la malla N° 200 sin
pasar de 55 (0 a 40)

c = Exceso de L.S. sobre 40, no pasando de 60 (0 a 20)

d = Exceso de I.P. sobre 10, no pasando de 30 (0 a 20)

$$a = 10 - 35 = -23 \text{ (Nulo)}$$

$$b = 10 - 15 = -5 \text{ (Nulo)}$$

$$c = 40 - 40 = 0$$

$$d = 20 - 10 = 10$$

Reemplazando valores en la fórmula tenemos:

$$IG = 0$$

TABLA PARA HALLAR EL TIPO DE SUELO RECOMENDABLE
DE ACUERDO A SU GRANULOMETRIA

MEZCLA	GRADULACION GRUESA									
	III a	III b	III c	IIIId	III e	IV a	IV b	IVc	IVd	
USO	SUP.	SUP.	BASE	BASE	BASE	SUP.	SUP.	SUP.	SUP.	
ESP. PUL	ROD.	ROD.								
3/4	1 - 2	1 - 2	1-1/2- 3	3 - 4		3/4	1 - 2	1 1/2	2 1/2	
1 1/2			3			1 1/2		3	4	
MALLA	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA					PORCENTAJE EN PESO QUE PASA				
Nº 1/2	-	-			100					100
1					100	75-100		100	60-100	
3/4	-	100	100	75-100	60- 35		100	30-100	70- 90	
1/2	100	75-100	75-100			100	80-100	-	-	
3/8	75-100	60- 35	60- 35	45- 70	40- 65	80-100	70- 90	60-30	55- 75	
Nº 4	35- 55	35- 55	30- 50	30- 50	30- 50	55- 75	50- 70	48- 65	45- 62	
Nº 8	20- 35	20- 35	20- 35	20- 35	20-35	35- 50	35- 50	35- 50	35- 50	
Nº 30	10- 22	10- 22	5- 20	5- 20	5- 20	18- 29	18- 29	19- 30	19- 30	
Nº 50	6- 16	6- 16	3- 12	3- 12	3- 12	13- 23	13- 23	13- 23	13- 23	
Nº100	4- 12	4- 12	2- 8	2- 8	2- 8	8- 16	8- 16	7- 15	7- 15	
Nº200	2- 8	2- 8	0- 4	0- 4	0- 4	4- 10	4- 10	0- 8	0- 8	

% DE

ASFALTO

3 % 6 %

3.5 % 7 %

NO RECOMENDABLE TRAFICO PESADO

NO HAY LIMITACIONES DE

III a, b, c,

TRAFICO

Para la base asfáltica se tomará la mezcla IV d.

Para la superficie de rodadura se tomará la mezcla IV c.

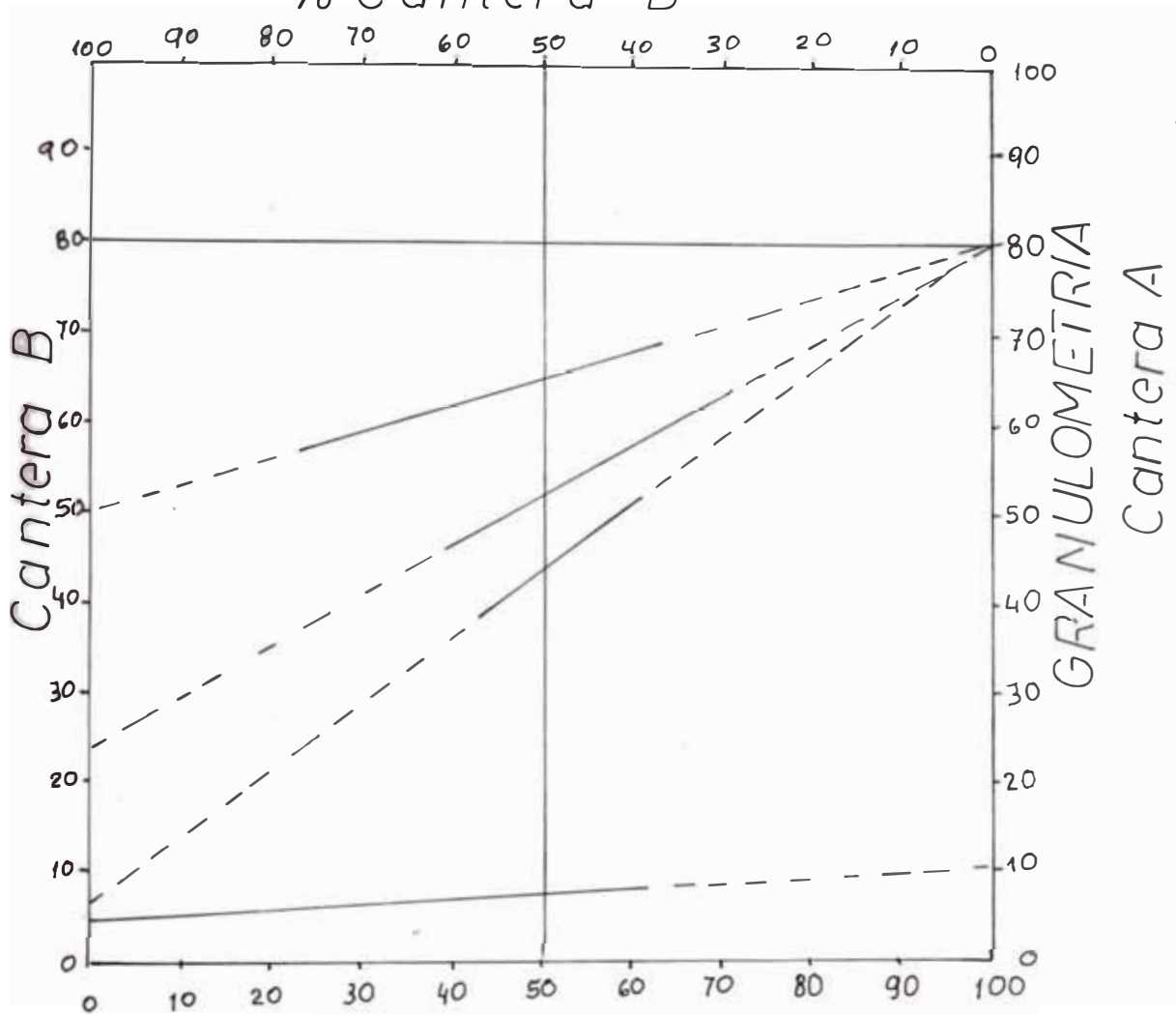
Como el material de ninguna cantera cumpla con las especificaciones de granulometría debemos proceder a hacer una mezcla para obtener lo que necesitamos.

La mezcla se hará por el método del cuadrado.

DISEÑO DE MEZCLAS

SUELOS IVd
BASE ASFALTICA

% Cantera B



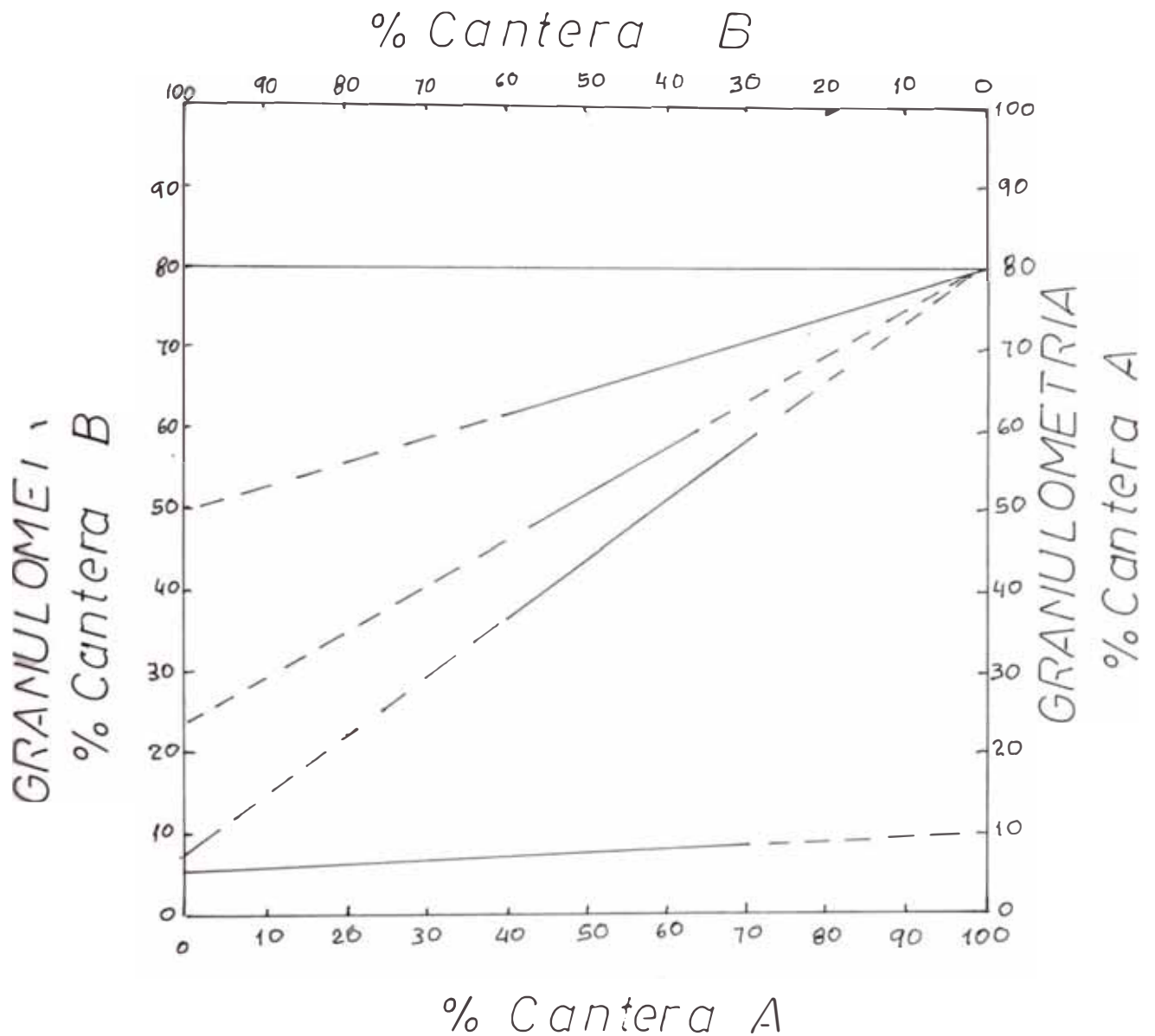
% Cantera A

DISEÑO

CANTERA A 50%

CANTERA B 50%

DISEÑO DE MEZCLAS
SUELO IVc
SUPERFICIE DE RODADURA



DISEÑO

CANTERA A 50%

CANTERA B 50%

Una vez chancado el material de la cantera A se tiene la gradien
te granulometría :

Malla	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 100	Nº 200
% pasa	80	80	80	80	50	10

Nos permitimos al gráfico de diseño de mezclas para base asfálti
ca observaremos que con un 50% de la cantera A y con un 50% de -
la cantera B logramos el material de mezcla que cumple con las -
especificaciones de la tabla del Instituto del asfalto.

Analogamente del gráfico de diseño de mezclas para su
perficie de rodadura, observamos que con un 50% de la cantera A
y con un 50% de la cantera B, logramos la granulometría que cum-
ple con las especificaciones.

Mezcla adoptada

Tamiz	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 200
base asfáltica	80	65	52	44	7
I V d	70- 90	55-75	45-62	35-50	0 - 8
I V e	80-100	60-80	48-65	35-50	0 - 8
Superficie de rodadura	80	65	52	44	7

Una vez calculada la granulometría de materiales a usar
observamos en tabla de los tipos de suelo recomendables, que pa-
ra los suelos de tipo Ne y Nd, nos recomienda un porcentaje de -
asfalto que varía entre el 3.5% y el 7%

Encontramos el porcentaje exacto usando la fórmula del
Instituto del asfalto.

El Instituto del asfalto de las siguientes penetracio-
nes para cemento asfáltico según el tráfico y temperatura ambien
tal :

TRAFICO	TEMPERATURA AMBIENTAL		
	Alta	Media	Baja
Liviano	70 - 85	70 - 85	70 - 85
Mediano	60 - 70	70 - 85	70 - 85
Pesado	50 - 60	60 - 70	60 - 70

La penetración que se usará de 60 - 70 que corresponde a tráfico pesado y temperatura media

A.- BASE ASFALTICA

CALCULO DEL PORCENTAJE DE ASFALTO.- Usaré la fórmula que usa el Instituto del asfalto

$$\% \text{ ASF} : 0.035a + 0.045b + Xe + F$$

Donde :

a - % de inerte retenido en el tamiz N° 8

b - % de inerte que pasa la malla N° 8 y es retenido en la malla N° 200

e - % de áridos que pasa la malla N° 200

X - tiene los siguientes valores :

0.15 cuando el tamiz 200 pasa ll al 15% del material

0.18 cuando el,tamiz 200 pasa del 6 al 10% del material

0.20 cuando por el tamiz 200 pasa el 5% o menos del material

el valor (F) varía desde 0.7 al 1.0% en el mejor de los casos.

Nosotros utilizaremos el valor de (F) igual a 0.85 que es un promedio

En este caso se tiene los siguientes valores

a - 56

- 37

e - 7

X - 0.18

F - 0.85

Reemplazando valores :

$$\% \text{ ASF} = 0.035 \times 56 + 0.045 \times 37 + 0.18 \times 7 + 0.85$$

% ASF

Por consiguiente la mezcla a considerarse para la base asfáltica sera :

Asfalto 6%

Aridos finos = 50%

Aridos gruesos = 50%

DOSIFICACION DE LA MEZCLA ASFALTICA

Tenemos :

$$\% \text{ ASF} = 6 \text{ (cemento asfáltico 60 - 70)}$$

% ARIDOS:

finos - 50%

Piedra - 50%

Porcentaje en la mezcla

ASFALTO : - 6

Arena : $50/100 \times 94$ - 47

Piedra : $50 \times 94/100$ - 47

TOTAL = 100.0%

Asfalto 6% Densidad : 1020 kg/m^3

Arena 50% Peso específico : 2.60

Densidad : 1400 kg/m^3

Piedra 50% Peso específico : 2.65

Densidad : 1600 kg/m^3 .

Dosificación por m^3 de mezcla (en peso)

Densidad mezcla compactada (tabla AI - 19) del manual del Instituto del asfalto :

Asfalto : $6\% \times 2160 = 129.6 \text{ Kg/m}^3$.

Arena : $47\% \times 2160 = 1015.2 \text{ Kg/m}^3$.

Piedra : $47\% \times 2160 = 1015.2 \text{ Kg/m}^3$.

2160.0

Cantidad en kg. por m^2 y cm. de espesor :

Asfalto · $1.2 \text{ kg/m} \times \text{cm}$

Arena : $10.2 \text{ kg/m}^2 \times \text{cm}$

Piedra : $10.2 \text{ kg/m}^2 \times \text{cm}$

Capa de base asfáltica 3.5" - 8.7 cm.

Cantidad de materiales

Asfalto : 10.4 kg/m^2 .

Arena : 88.7 kg/m^2 .

Piedra : $\underline{88.7} \text{ kg/m}^2$.

187.8

Peso m^2 . de mezcla compactada = 187.8

Convertidos a unidades volumetricas ·

10.4 - 10 lts/ m^2 de asfalto

1020

88.7 - 6.3 lts/ m^2 de arena

1400

88.7 - 55 lts/ m^2 de piedra

1600

RESUMEN :

Base de concreto asfáltico (10 cm de espesor)

a) Materiales :

Asfalto 60.70 - 10 lts/m² de asfalto
Arena - 63 lts/m² de arena
Piedra - 55 lts/m² de piedra

b) La mezcla de áridos con el asfalto será una mezcla en caliente.

B.- SUPERFICIE DE RODADURA

Los inertes a utilizarse en la base de concreto asfáltico también serán usados en la construcción de la capa de rodadura.

Observamos también que los áridos disponibles no cumplan con las especificaciones granulométricas que da el Instituto del asfalto

De acuerdo a las especificaciones para granulometría densa que da el Instituto del asfalto, tenemos los tipos IVa, IVb y IVc, - que pueden ser empleados para la capa de rodadura

Características de diseño :

Tráfico pesado

Espesor de la capa = 2"

Siendo nuestro espesor de la capa de rodadura de 2" limitaremos nuestra granulometría a las especificaciones IVc.

PORCENTAJE DE ASFALTO PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA

a - 62

- 32

- 6

X - 0.18

F - 0.85

% ASF - $0.035 \times 56 + 0.045 \times 37 + 0.18 \times 7 + 0.85$

% ASF - 6%

Por consiguiente la mezcla a considerarse para la superficie de rodadura será :

Asfalto : 6%
Aridos finos = 50%
Aridos gruesos = 50%

DOSIFICACION DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

Porcentaje de la mezcla

Asfalto	-	6%	
Arena	:	50 x 94 - 47	
		100	
Piedra	:	50 x 94 - 47	
		100	100.0
Asfalto	:	6%	Densidad : 1020 kg/m ³ .
Arena	:	50%	Peso específico 2.6
			Densidad : 1400 kg/m ³ .
Piedra	:	50%	Peso específico 2.65
			Densidad : 1600 kg/m ³ .

DOSIFICACION POR m³ DE LA MEZCLA (en peso)

Densidad de la mezcla compactada (tabla XI - 19), del manual - del Instituto del asfalto.:

Asfalto	6% x 2160 -	129.6 kg/m ³ .
Arena	47% x 2160 -	1015.2
Piedra	47% x 2160 -	1015.2
		2160.0

Cantidad en kg por m² y cm de espesor

Asfalto	-	1.2 kg/m ² x cm
Arena	-	10.2 kg/m ² x cm
Piedra	-	10.2 kg/m ² x cm.

Capa de la superficie de rodadura = 2' (5 cm)

Cantidad en materiales :

Asfalto : 6 kg/m².

Arena : 51 kg/m²,

Piedra : 51 kg/m².

108

Peso por m². de mezcla compactada = 108 kg

CONVERTIDOS A UNIDADES VOLUMETRICAS

6 = 6 lts/m² de asfalto

1020

51 = 36 lts/m² de arena

1400

51 = 32 lts/m² de piedra

1600

RESUMEN

Base de superficie de rodadura (2") 5 cm de espesor.

a) Materiales :

Asfalto 60 - 10 = 6 lts/m² de asfalto

Arena = 36 lts/m² de arena

Piedra = 32 lts/m² de piedra

PROYECTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

El proyecto de mezcla asfáltica consiste en determinar las proporciones en que deben mezclarse los áridos y el asfalto

Tanto los áridos como el asfalto deben cumplir con ciertas características y estas se determinan por medio de ensayos y se compara con las especificaciones que norman estos proyectos

Los áridos.- Constituyen normalmente 90% o más en peso de las mezclas asfálticas y tienen gran influencia sobre el producto terminado.

Los principales ensayos para los áridos con especificaciones de la AASHO y ASTM para efectuar los mismos son: Análisis granulométrico, porcentaje de desgaste, peso específico del agregado grueso, peso unitario, resistencia a los sulfatos y humedad equivalente de arena.

Los asfaltos.- Para que los asfaltos cumplan con las especificaciones se hacen ensayos por métodos normalizados por la AASHO y ASTM. Para cementos asfálticos los principales ensayos son: Penetración, viscosidad, punto de inflamación, flotación, ductilidad, acubilidad, peso específico, punto de ablandamiento y ensayo de estufa en película delgada.

La mezcla asfáltica.- Las cantidades de asfalto que se obtienen por fórmulas, en las mezclas de tipo superior o mezclas en caliente, las cifras obtenidas sirven para realizar las mezclas de prueba en los ensayos Marshall, Hubbert-Field y Hveen.

Método de Marshall.- Este método se emplea tanto para el proyecto como para el control de las mismas.

El ensayo solo se aplica a mezclas en caliente y con agregados cuyo tamaño máximo es 1".

Prueba de Hveen.- Para proyecto y comprobación de mezclas comprende los tres ensayos principales:

- Ensayo del estabilómetro
- Ensayo del cohesiómetro
- Ensayo del equivalente centrífugo del kerosene

Prueba Hubbard - Field.- Se emplea para el proyecto el laboratorio de mezclas asfálticas.

Elección del tipo de Mezcla Asfáltica.-

Como anteriormente se dijo, se usará para la pavimentación un pavimento flexible y el tipo de mezcla será en caliente ya que el método del Instituto del Asfalto para diseño de espesores utilizado para el caso, se basa en mezclas en caliente, es decir el abaco ha sido confeccionado para este tipo de mezcla y no teniendo aún las relaciones de sustitución entre este tipo de mezcla y las mezclas de frío, utilizaremos mezclas en caliente.

La mezcla en caliente tiene características superiores - de duración y resistencia a los agentes atmosféricos que las mezclas en frío, ofreciendo a la vez una rodadura mas suave.

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE LA BASE Y SUPERFICIE DE
RODADURA DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE

Material

- a.- Todos los materiales a usarse en la obra, deberán ser de naturaleza tal que una mezcla de los mismos, efectuada en las proporciones fijadas por la fórmula de obra, tengan una resistencia de no menos de un 50%, cuando se le ensaye mediante el método AASHO T 65.
- b.- **Agregados minerales gruesos.** La proporción de los agregados, retenidos en la malla No 8 se designará agregado grueso y se comprenderán de piedras, o grava trituradas .
La piedra, grava triturada, se compondrán de material limpio compacto y durable, carente de suciedad u otras materias inconvenientes, y deberá tener un porcentaje de desgaste no mayor de 40 a 500 revoluciones, al ser ensayadas por el método AASHO T 96.

Las piedras y gravas trituradas, al ser sometidas a cinco ensayos alternativos de resistencia, mediante sulfato de sodio, empleando el método AASHO T 104 no podrá tener una pérdida de peso mayor de un 12%. Cuando se utilice grava triturada, no menos de un 50% en peso, de las partículas de la mis

ma, retenidas por el tamiz N° 4, deberá por lo menos una cara fracturada.

El material deberá carecer de terrenos de arcilla, y partículas adheridas de arcilla u otras materias que podrían impedir una impregnación total con el producto biluminoso. Dicho material acusará un hinchamiento no mayor de 1.5% determinado por el método AASHTO T 101.

c) **Agregados minerales finos:** La porción de agregados que pasan la malla N° 8, se designará agregados finos y se compondrá de arena natural o tamizados de piedra o de combinación de los mismos.

Solamente se podrá usar cerraduras de piedra calcárea cuando se emplea una cantidad igual de arena natural, a menos que el uso anterior de ese material haya permitido comprobar en el camino, no se desgaste bajo los efectos del tránsito. Los agregados finos se compondrán de granos limpios, compactos de superficie rugosa y angulares, caretes de terrones de arcilla, o de arcilla arenosa, u otras sustancias inconvenientes

d.- **Relleno mineral (Filler).** El material de relleno de origen mineral, que sea necesario emplear, se compondrá de polvo calcáreo, roca dolomítica, cemento portland u otros elementos no plásticos. Estos materiales deberán de carecer de materias extrañas y objetables, serán secos y libres de terrones y cuando sean ensayados, con los tamices de laboratorio, deberán llenar las siguientes exigencias granulométricas.

Tipo Tamiz: Porcentaje en peso, que pasa por aberturas cuadradas por los tamices AASHTO T 27

N° 30	-----	100
N° 90	-----	95 100
N° 200	-----	65 - 100

e.- **Preparación de los agregados minerales:** los agregados minerales para la mezcla serán secados y calentados en la planta antes de colocarlos en la mezcladora. Tratándose de mezclas asfálticas con asfalto de trinidad debe tenerse en cuenta que por ningún motivo, la piedra debe estar tan caliente que impida su recubrimiento con una película de asfalto de espesor -

adecuado. Las llamas empleadas para el secado y calentamiento de los agregados se regularán convenientemente para evitar daños a los agregados y la formación de una capa espesa de hollín sobre ella. Los agregados deberán ser calentados a una temperatura entre la más baja posible que al combinarse con el asfalto produzca una mezcla con una temperatura entre 107 y 176°C. Los agregados inmediatamente después de su calentamiento serán tamizados en tres o más fracciones y transportados a cajones de almacenamiento separadas, listos para la dosificación y mezclado con el material biluminoso.

f.- Preparación del material biluminoso: El material biluminoso será calentada a la temperatura especificada, en calderas o tanques diseñadas de tal manera que se evita un calentamiento local excesivo, y se obtenga un aprovisionamiento continuo del material biluminoso para la mezcladora, a temperatura uniforme en todo momento.

El asfalto de trinidad deberá calentarse entre 163 - 180°C. La temperatura del asfalto de trinidad no deberá ser menor de 171°C. cuando se riegue a mano 163°C cuando se aplique con distribuidora a presión cualquiera que sea el método utilizado no deberá ser superior a 180°C.

g.- Preparación de la mezcla: Los agregados minerales secados, preparados como se explica más arriba, serán combinados en la planta en las cantidades requeridas para cada fracción de los mismos, con el fin de llenar las exigencias de la fórmula de mezcla en obra.

El material biluminoso será medido o calibrado e introducido en la mezcladora, en las cantidades fijadas. Cuando se usa una planta de operación intermitente. Los agregados minerales combinados se mezclarán muy bien en estado seco, luego de lo cual se distribuirá sobre los mismos la cantidad establecida de material biluminoso y en conjunto será mezclado por un período no inferior a 45 segundos, o más si fuera necesario con el objeto de producir así una mezcla homogénea donde las partículas de los agregados están impregnados uniformemente.

En caso de una mezcladora continua, el tiempo de mezclado será también de 45 segundos como lo determina la fórmula anteriormente indicada y podrá ser regulado por un calibrador de mínima - agregado a la mezcladora. y/o algún otro dispositivo regulador - del tiempo, del mezclado.

ESPECIFICACIONES DE GRANULOMETRIA PARA BASE ASFALTICA Y SUPERFI-
CIE DE RODADURA

El Instituto del Asfalto recomienda para diferentes - tipos de mezcla bituminosa y para diferentes usos de ellas.

De acuerdo a la tabla del Instituto del Asfalto, que se muestra en la página anterior escogeremos un suelo IV d, que tiene características de poderes para base asfáltica y el suelo IV d, para superficie de rodadura, y además en eso, no tiene limitaciones de tráfico.

Se observa que la granulometría del tercer estrato - de la cantera B, no cumpla con las especificaciones de la tabla luego tenemos que mezclarla con cualquiera de las otras dos canteras que tenemos. Desecharemos la cantera C, por su material ar - cilloso.

Para conseguir la granulometría deseada trituraremos el material de la cantera "A", que es canto rodado de 1 1/2" y - además se encuentra bastante cerca de la planta, en la estaca 50 del primer kilómetro.

CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO

Se tendrá en cuenta la secuencia lógica constructiva de los siguientes puntos:

- Sub-rasante
- Base granular
- Capa de imprimación
- Base de concreto asfáltico
- Capa de rodadura

SUB-RASANTE

Su preparación y acondicionamiento se hará después de haberse efectuado los trabajos de explanación y se sigue el siguiente proceso:

- Escarificado, hasta una profundidad no menor de 20 cm. y en forma pareja, pasando un determinado número de veces la escarificadora sobre la superficie.
- Secado oriego del material, con el objeto de alcanzar el óptimo contenido de humedad en el suelo.
- Mezclado, se ejecuta con la motoniveladora llevando el material de un lado a otro hasta alcanzar un color uniforme.
- Compactación, se hará con el equipo adecuado con su óptimo contenido de humedad hasta el 95% como mínimo de la densidad máxima definida por el método AASHO T-130. Normalmente se realizará la compactación en capas de espesor no superior a 15 cm. - después de la compactación.
- Perfilado y rodillado, el perfilado se realiza también con la motoniveladora con el fin de conformar la sección transversal del diseño correspondiente en cada tramo del camino, y el rodillo es para proporcionar una superficie lisa y uniforme.

BASE GRANULAR

Esta capa se construirá una vez que la sub-rasante haya sido completamente terminada y tenga la correspondiente sección transversal.

El material para la base granular tiene mejores características que el material para la sub-rasante.

Se sigue el siguiente proceso:

Transporte del material

- Extendido del material, mediante la motoniveladora formando capas de espesor uniforme.
- Riego del material, se efectuará haciendo uso de camiones sistema que garanticen un riego uniforme de agua y en la cantidad necesaria.

Mezclado, se hace mediante cuchillas de motoniveladora, se efectuará llevando el material alternativamente hacia el centro y hacia los bordes, hasta que el material tenga textura y color uniforme. Seguidamente el material se extiende uniformemente sobre la superficie.

- Compactación se realiza inmediatamente después de terminado el mezclado, haciendo uso del rodillo de 3 ruedas o de rodillos neumáticos. La compactación debe ser uniforme en toda la superficie hasta obtener la densidad deseada. En los lugares en los que no puede entrara el rodillo se usarán pisonos de mano con peso no menor de 23 Kgs. y con un área no mayor de 250 cm².

Condiciones de compactación de bases no asfálticas:

TIPO DE TRAFICO	DENSIDAD
Tráfico Liviano	No inferior 95% densidad máxima AASHO T-80
Tráfico Medio	No inferior 98%
Tráfico Pesado	No inferior 100%

- Perfilado y Rodillado, el perfilado es una operación que se lleva a cabo mediante la motoniveladora para conformar la sección transversal y el rodillado debe hacerse de forma que resulte una superficie uniforme y Lisa.

CAPA DE IMPRIMACION

Consiste en un riego de un asfalto líquido RC - 250 sobre la capa de base comprende:

- Barrido, se efectúa mediante barredoras ú otro tipo de bawdoras mecánicas y se hace con el objeto de eliminar el polvo o cualquier otro material extraño de la superficie.
- Riego, se hace utilizando un distribuidor a presión de tal manera que garantice la uniformidad del riego en la cantidad y temperatura especificada. Se usará en una cantidad de 0.4 galones por metro cuadrado, Asfalto líquido RC-250 mezclado con 10% de kerosene o sea:
$$\text{Volumen de asfalto} = 0.4 \times 3.785 = 1.5 \text{ lts/m}^2$$
$$\text{Volumen de Kerosene} = 0.10 \times 1.50 = 0.15 \text{ Lts/m}^2$$
- Este riego se aplica a la temperatura de 40°C a 60°C, su fin de impermeabilidad la superficie y ligar materiales sueltos.
- Endurecimiento, después del riego no deberá permitirse el tráfico durante un tiempo de 24 horas por lo menos con el propósito de conseguir la penetración del material en una profundidad de 2 cm.

BASE DE CONCRETO ASFALTICA

- La Distribución de la mezcla se realiza con una pavimentadora - a una velocidad de 12 a 20 pies/minuto extendido en capas de espesor uniforme, y el ancho se regula según la necesidad y varía entre 2.40 m. a 3.60 m.
- Deberá verificarse la temperatura de la mezcla. La que debe ser aproximadamente a la salida del camión de la planta de 120° a 150° C debiendo llegar a la obra con 100° C aproximadamente.
- Luego se comienza la compactación que se hace en dos etapas:
 - 1.- Apisonado inicial o primario: Compacta la mezcla dándole - prácticamente toda la densidad.
 - 2.- Apisonado Final: Suprime todas las irregularidades dejadas por el inicial y aumenta en algo el grado de densidad.

El procedimiento de rodillado siempre es comenzar por los - extremos y avanzar hacia el centro en pasadas sucesivas.

En curvas peraltadas al proceso de compactación comienza en el borde inferior y avanza hacia el superior siempre en sentido - longitudinal.

SUPERFICIE DE RODADURA

Se sigue el mismo proceso que para base asfáltica :

- Barrido
- Riego de liga, más delgado que en el caso anterior puede usarse 0.25 Lts/m^2 .
- Distribución de la mezcla, igual que en la base asfáltica.
- Compactación, los rodillos deben tener las ruedas suficientemente húmedas. Se controlará continuamente el porcentaje de - asfalto por medio de lavados asfálticos y también deberá -

chequearse la granulometría de los áridos.

- Los volquetes Transportadores de mezcla deberán tener el cajón limpio y cubierto con fuel-oil para evitar que el concreto asfáltico se adhiera.
- Juntas transversales y longitudinales, se debe cortar verticalmente el asfalto en las juntas transversales para continuar con la pavimentación.
- Las juntas longitudinales debe apisonarse inmediatamente después de la extensión del material.
- La primera franja extendida debe tener longitudinal y transversal necesarios y tener su borde cortado verticalmente.

METRADO DE SOBREALCHO

Curva N ^o	R m	L _c m	L _t m	S _a m	A _c m ² .	A _t m ² .
1	100	44.50	22.6	0.9	40	20.3
2a	45	66.4	40.8	1.5	100	61.2
2b	45	66.4	40.8	1.5	100	61.2
3	60	108.0	75	1.2	129.6	90
4	120	39.0	19.5	0.6	<u>23.4</u>	<u>11.7</u>
					393.0	<u>244.4</u>
						638 m ² .

CALCULO DEL AREA EN CADA CAPA DEL PAVIMENTO

A) BASE DE CONCRETO ASFALTICO

- 1.- Area Media de la base media 1000 x 8.68 = 8,680 m².
- 2.- Area de sobrealchos = 638
- T O T A L = 9,318 m².

B) SUPERFICIE DE RODADURA

- 1.- Area media de la capa de rodadura 1000x6 = 6,000.00 m².
- 2.- Area de Sobrealcho = 638.00
- T O T A L = 6,638.00 m².

C) SUPERFICIE DE SELLO

- 1.- Area de la Capa de Rodadura 1000 x 6 = 6,000.00 m².
- 2.- Area de Sobrealcho = 638.00
- 6,638.00 m².
- 3.- Area de bermas 1000 x 1.2 x 2 = 2,400.00
- 9,038.00 m².

RESUMEN

- Area de explanación = 8,400 m².
- Area de base de concreto asfáltico = 9,318 m².
- Area de Superficie de rodadura = 6,638 m².
- Area de Superficie de Sello = 9,038 m².

C A P I T U L O VII

PROGRAMACION DE OBRA

OBJETIVO.- El objetivo del planeamiento y programación es el óptimo desarrollo de los trabajos al menor costo posible para la realización en la obra.

PLANEAMIENTO.- Es la elaboración ordenada y sistemática de un conjunto de trabajos a realizarse en el futuro, con la finalidad de lograr un eficiente resultado. En la planeación se resuelve cuestiones relacionadas con :

- Planos completos y especificaciones
- Intervención de técnicas y personal especializado
- Conocimiento de mano de obra y equipo
- Conocimientos de rendimientos de mano de obra y Equipo.

PROGRAMACION.- Es la asignación de recursos a las diferentes actividades con el objeto de conocer la duración, se fijan fechas de iniciación y terminación de las actividades, se asigna la mano de obra y equipo necesario para terminar la obra en el plazo señalado.

METODOS DE PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION

- Método Gantt
- Método CPN

METODO GANTT.- Conocido también como "Diagrama de barras" es el más usado para representar un programa de un proceso productivo -

El proceso que sigue el método Gantt es el siguiente:

- 1.- Se determina las actividades principales del proceso productivo.
- 2.- Se estima la duración

- 3.- Se representa cada actividad mediante una barra recta cuya longitud es a escala la duración efectiva de la actividad.
- 4.- Se hace una lista de actividades de manera que cada actividad corresponda a un renglón de la lista y estableciendo un orden de ejecución de las actividades: Se sigue la barra que representa a cada actividad a lo largo de una escala de tiempos efectivos, que se coloca en la misma dirección de los renglones y que es común a todas las actividades .
Se convierte la escala de tiempos efectivos en una escala de "días calendario".

DEFICIENCIAS DEL METODO GANTT

- 1.- Debido a la dificultad para representar la secuencia de ejecución de un gran número de actividades (principales), sólo es posible descomponer el proceso en actividades principales. El planeamiento y programación de las actividades menores se deja a juicio del personal directivo secundario.
- 2.- Se mezcla el planeamiento y programación.
- 3.- No se sabe cuales son las actividades dominantes en cuanto a duración del proyecto.

METODO CPM O DE LA SUCESION CRITICA DE TRABAJOS

Es un nuevo método que tiene su origen en EE.UU. y que rápidamente está logrando gran aceptación en nuestro medio debido a que se basa en procedimientos sencillos y lógicos.

El método de la sucesión crítica de los trabajos, es esencialmente una representación gráfica de los razonamientos que se necesitan para hacer un trabajo.

El procedimiento consiste principalmente en dividir el trabajo en distintas tareas, asignar una duración a cada una de ellas y representar el orden de los trabajos mediante un diagrama en forma de red. Luego estudiando los recorridos que se puede seguir en la red se determina cual es la trayectoria o sucesión

de trabajos que toma mayor cantidad de tiempo, Esa trayectoria es la "Sucesión crítica que representa la serie de impedimentos que más retarda el progreso de la tarea a realizar, hasta que se acelere los trabajos de esa serie o sucesión.

El método CPM se basa en las premisas de que :

- 1.- Todas las actividades que deben llevarse a cabo se conocen bien.
- 2.- Es posible estimar el tiempo en que pueden realizarse esas actividades.
- 3.- Puede representarse la relación lógica entre esas actividades mediante un diagrama en forma de red.
- 4.- Con ese diagrama es posible determinar la duración total de la obra a realizar, así como las actividades específicas que gobiernan su ejecución, dentro de ese período de tiempo.

FASES DEL CPM.- El método puede dividirse en tres fases generales :

- 1.- Preparación de una tabla de las actividades o tareas de que se compone la obra, y representación de esas actividades mediante un diagrama de flechas.
En el diagrama, cada fase o actividad se indica por una flecha o saeta que va desde el comienzo de la actividad hasta su terminación.
- 2.- Programación de las actividades y distribución uniforme de las necesidades de mano de obra y maquinaria, Aquí se estudian las relaciones de tiempo - costo y se trata de organizar el diagrama de manera que se fije la terminación total de la obra dentro del tiempo previsto.
- 3.- Observación del progreso real de la obra (control) y adaptación del diagrama cuando las circunstancias lo aconsejen.

Al poner en práctica el método de la trayectoria crítica, se representa cada "actividad" por una flecha, con su extremo posterior indicando el comienzo de cada actividad y su punto marcando el fin.

En los puntos de contacto de las flechas se colocan círculos que se denominan "eventos" . Un evento representa simplemente el momento en que se inicia o termina una actividad

El evento no consume tiempo, pero la actividad si lo consume

CONCEPTOS FUNDAMENTALES QUE DEBEN TENERSE PRESENTE EN EL METODO

CPM

- 1.- Inicio más temprano (E_o).- Es el momento más temprano en que se puede iniciar la actividad.
- 2.- Inicio más tardío (L_S).- Es el momento más tardío en que se puede iniciar la actividad. sin alterar la duración del proyecto.
- 3.- Terminación más temprana (E_F).- Es el momento más temprano que se puede terminar una actividad.
- 4.- Terminación más tardía (L_F) .- Es el momento más tardío en que se puede terminar una actividad sin alterar la duración del proyecto.
- 5.- Holgura total (H.T.).- Es el máximo tiempo que una actividad puede ser retrazada sin aumentar la duración del proyecto.
- 6.- Holgura libre (H.L.).- Es el máximo tiempo que una actividad puede ser retrazada sin intervenir en las actividades que se le siguen.
- 7.- Holgura Independiente (H.I.).- Es el máximo tiempo que una actividad puede ser retrazada sin interferir la terminación de las actividades que le preceden ni la iniciación de las actividades que le siguen.
- 8.- Actividad crítica.- La de holgura total nula
- 9.- Ruta crítica.- Conjunto de actividades críticas, determinan la duración del proyecto y que tienen holgura nula.

VENTAJAS DEL CPM

- 1.- Estimula la observación analítica
- 2.- Permite descomponer un proceso productivo en actividades de diferentes ordenes de importancia y organizar el planeamiento, programación y ejecución de acuerdo a esa descomposición
- 3.- Localiza las actividades que determina la duración de la obra
- 4.- Proporciona una evaluación cuantitativa de los márgenes de tiempo.
- 5.- Muestra la programación más económica de todas las actividades para un plazo de ejecución determinado.
- 6.- Provee los datos necesarios para seleccionar la mejor fecha de terminación de la obra.
- 7.- Ayuda a valorar diversas alternativas.
- 8.- Tiende a evitar omisiones.
- 9.- Permite determinar de antemano los recursos en cualquier momento durante la ejecución del proceso.
- 10.- Ofrece un medio de determinar el efecto que ejercen en toda la obra, las variaciones en cualquiera de sus trabajos.

ACTIVIDADES Y DURACION DEL PRIMER KILOMETRO

Tomamos como tiempo de duración del trabajo de 3 meses o sea Abril, Mayo y Junio. Tomando como días útiles un promedio de 25 días por mes o sea que hacen un total de 75 días.

- 1.- Instalación del campamento 4 días
- 2.- Reconocimiento del trazo 3 días
- 3.- Limpieza y desforestación 2 Has. 4 días
- 4.- Replanteo del trazo 4 días
- 5.- Preparación de canteras

Explicaciones

Perforación en roca blanda la duración de esta actividad fue determinada:

Equipo : 3 compresores de 250 p.s.m.
martillos.

T = 21 días

- 6.- Eliminación y compensación del material cortante :

Equipo Tractor D-7

T = $31 \div 825 \div 374 \div 9 = 1,239$

T = $\frac{1,239}{8} = 155$ días empleando 3 tractores tenemos

T = $\frac{155}{3} = 52$ días

T = 52 días

- 7.- Compactado y Perfilado de rellenos :

Metrado =

Rendimiento - $136 \text{ m}^3/\text{hora}$

T = 131 horas

T = 73 días (tomando 2 tractores)

T = 73 días

Obras de Arte :

- 8.- Cunetas de Corrección

Metrado = 144 metros

Rendimiento = 30 ml/día

$T = 140/30 = 5$ días

$T = 5$ días

9.- Excavación zanja alca tarilla :

Metrado = 56 m³

Rendimiento = 4 m³/día (1 peón) se empleará 4 hombres

$T = \frac{56}{4} = 14$ días

16

$T = 5$ días

10.- Relleno zanja alcantarillas :

Metrado = 36 m³

Rendimiento = 4 m³/día (1 peón) se empleará 2 hombres

$T = \frac{36}{4} = 9$ días

8

$T = 5$ días

11.- Montaje y colocación de alcantarilla de T.M.C.

Metrado = 459 pies

Rendimiento = 36 pies/día

$T = \frac{459}{36} = 12.75$ días

36

$T = 13$ días

PAVIMENTOS :

12.- Imprimación de la Subrasante

Metrado = 8,400 m².

Rendimiento = 4,000 m²/día

$T = \frac{8,400}{4,000} = 2.1$ días

4,000

$T = 3$ días

13.- Bases del concreto asfáltico (7.5 cm.)

Metrado = 9,318 m .

Rendimiento = 1,400 m²/día

$T = \frac{9,318}{1,400} = 6.66$ días

1,400

$T = 7$ días.

14.- Superficie de rodadura (5 cm.)

Metrado - 6,638 m²

Rendimiento = 2,500 m²/día

T = $\frac{6,638}{2,500}$ = 3 días

2,500

T = 3 días

15.- Sello

Metrado = 9,038 m .

Rendimiento = 9,000 m²/día

T = $\frac{9,038}{9,000}$ = 1 día

9,000

T - 1 día.

CAPITULO VIII COSTOS Y PRESUPUESTOS

CONSIDERACIONES GENERALES.-

Entramos al capítulo final del proyecto, es decir al cálculo del monto total que importará la obra.

La formulación del Presupuesto se ha hecho en base a un análisis de precios unitarios que forman las diversas partidas.

Este análisis está basado en los costos de mano de obra, alquiler de maquinaria, equipo implementos necesarios. Para el costo de mano de obra se han considerado los salarios y bonificaciones para los trabajadores en Construcción Civil de las provincias afectadas al Seguro Social, tal como sale en el Anuario 1979 de la Construcción publicado por la Cámara Peruana de la Construcción en Abril de 1979. Los costos de alquiler de maquinarias, equipo e implementos son los actuales del Mercado de Lima.

BENEFICIOS SOCIALES

A cargo del Patrono en Provincias afectas al Seguro Social

Porcentajes fijos.-

- Indemización:			
Por tiempo de servicios	12 %		
Por participación de utilidades	<u>3.00%</u>	15%	
- Seguro:			
De accidentes	4.80%		
De responsabilidad civil	<u>0.96%</u>	5.76%	
- Seguro Social Obrero:			
Cuota Patronal		6.00%	
- Fondo de Jubilación Obrera:			
Cuota Patronal		<u>3.00%</u>	29.76%
↳ Fondo de Salud y Bienestar Social:			
(Impuesto)		3.50%	33.26%

Porcentajes deducidos.-

- Salario Dominical	17.44%
- Vacaciones (30 días) récord	12.50%
- Compensación vacacional sobre la bonificación por "Alza de Transportes" según el Art. del - Decreto Supremo Nº 9 del 27-759 (En Edificación para Lima y Callao 12.5% de 1.52%)	0.19%
- Jornal extraordinario 1º de Mayo	0.33%
- Jornales extraordinarios del 1º de Enero Viernes Santo, 28 y 29 de Julio, 1º de Noviembre y 25 de Diciembre	1.99%
- Seguro Social Obrero: Cuota Patronal	
- Sobre Salario Dominical 6% de 17.44%	1.05%
- Sobre vacaciones récord 6% de 12.50%	0.75%
- Sobre jornales extraordinarios 1º de Enero, Viernes Santo, 28 y 29 de Julio, 1º de Noviembre y 25 de Diciembre. 6% de 1.99%	0.12%
- Fondo de Jubilación Obrera Cuota Patronal	
- Sobre Salario Dominical 3% de 17.44%	0.52%
- Sobre vacaciones récord 8% de 12.50%	0.38%
- Sobre 1º de Mayo 3% de 0.33%	0.01%

- Sobre jornales extraordinarios 1° de Enero, Viernes Santo, 28 y 29 de Julio, 1° de No- viembre y 25 de Diciembre	3% de 1.99%	0.06%	35.34%
Fondo de Salud y Bienestar Social:			
- Sobre Salarios Dominical	3.5% de 17.44%	0.61%	
- Sobre vacaciones récord	3.5% de 12.50%	0.44%	
- Sobre 1° de Mayo	3.5% de 0.33%	0.01%	
- Sobre jornales extraordinarios 1° de Enero, Viernes Santo, 28 y 29 de Julio, 1° de No- viembre y 25 de Diciembre	3.5% de 1.99%	<u>0.07%</u>	36.47%
Porcentaje: En obra pública			65.10
Total : En obra privada			69.73%

NOTA: Agregando los timbres fiscales a cargo del patrono, que inciden en 1.32% se tiene el siguiente valor:

Beneficios Sociales		65.10%	69.73%
Timbres Fiscales		<u>1.32%</u>	<u>1.32%</u>
	En obra pública	66.42%	
	En obra Privada		71.13%

SALARIO DE MANO DE OBRA

Los salarios básicos que se pasan en la actividad y en las distintas categorías en el trabajo de construcción civil incluyendo beneficios sociales es :

Operario = 3,050 x 1.7113 = 5,219
Oficial = 2,950 x 1.7113 = 5,048
Peón = 2,750 x 1.7113 = 4,706

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<u>BRIGADA DE TRAZO</u>	<u>DIARIO</u>	<u>MENSUAL</u>
1 Ingeniero Trazador		300,000
1 Porta Instrumentos	5,219	156,570
1 Primer cadenero	5,048	151,440
1 Estaquero	4,706	141,180
2 Peones	4,706	<u>282,360</u>
		1'606,530
 <u>BRIGADA DE NIVELACION</u>		
1 Ayudante Técnico		120,000
1 Porta Instrumentos	4,706	141,180
1 Porta Mira	4,706	141,180
1 Trechero	4,706	<u>141,180</u>
		543,540
 <u>BRIGADA DE SECCIONES TRANSVERSALES</u>		
1 Ayudante Técnico		120,000
2 Cadeneros	4,706	<u>282,360</u>
		402,360
 TOTAL MANO DE OBRA	 2'552,430	

MATERIALES

ALIMENTACION .- Para el personal de brigada, excepto el Ingeñi
ero 1,000 seles diarias :
12 x 30 x 1000 = 360,000

INSTRUMENTOS.- Alquiler de JEEP a 8,000 seles diarias incluyen
de personal y mantenimiento para los 30 días :
240,000.00

OTROS :

Alquiler de campamento = 12,000
Utiles de dibujo = 10,000
22,000
TOTAL DE MATERIALES = \$ 622,000 seles.

LIMPIEZA Y DESFORESTACION

EQUIPO :

1 Tractor D - 7 alquiler diario 211,542
Rendimiento = 1000 m²/hora o sea 0.8 Ha/día
Costo Equipo = 211,542 264,428
0.8

JORNALES :

1 Capataz	a	5,219	5,219
2 peones	a	4,706	<u>9,412</u>
			14,631

COMPENSACION LONGITUDINAL

a) EQUIPO :

Igual que en compensación transversal 211,542

Rendimiento = 360 m³/día

Costo de equipo = $\frac{211,542}{360} = 588$ 588.0

b) MANO DE OBRA :

Igual al caso anterior 33,548

5% Depreciación 1,672

35,220

Costo mano de obra y herramientas = 35,220 98.0

360

Sub-total 686.0

20% gastos generales 137.2

823.2

COSTO DE CORTE EN MATERIAL SUELTO EN COMPENSACION LONGITUDINAL

\$ 823.20

BOTES :

a) EQUIPO :

Igual que en compensación transversal 211,542

Rendimiento = 848 m³/día

Costo de Equipo = $\frac{211,542}{848} = 249$ 249

848

b) MANO DE OBRA :

Igual al caso anterior 35,220

Costo mano de obra = $\frac{35,220}{848} = 42$ 42

848 Costo directo 290

20% gastos generales 58

348.0

BOTES COSTO \$/ 348/m³.

PRESTAMO :

a) EQUIPO :

Igual que en compensación transversal = 211,542

Rendimiento = 848 m³/día

Costo equipo = $\frac{211,542}{848} = 249$ 249

b) MANO DE OBRA :

Igual al caso anterior 35,220

Costo = $\frac{35,220}{848} = 42$ 42

Costo directo 291

20% gastos generales 58.2

349.2

COSTO PRESTAMOS \$/ 349.2/m³.

RESUMEN

	Volumen	Precio Unit.	Costo Total
1.- Compensación transversal	2,164	329	711,956
2.- Compensación Longitudinal	18,000	823.2	14'817,600
3.- Botes	20,400	348	7'099,200
4.- Préstamo	800	349	<u>279,200</u>
	41,364		22'907,956
Costo Unitario		$\frac{22'907,956}{41,364} = 553.81$	

CORTE EN ROCA BLANDA

COMPENSACION TRANSVERSAL

a) EQUIPO :

Comprensora de 250 p.e.m.		
Alquiler :	53,883	53,883
2 martillos de 55 lbs.		23,948
1 Tractor D - 7		
Alquiler :	211,542	<u>211,542</u>
Rendimiento :	10000 m ³ /día	289,373
Coste equipo :	<u>289,373</u> = 289	289
	1000	

b) MANO DE OBRA :

1 Capataz a	5,219	5,219
6 peones a	4,706 e/u	28,236
2 perforistas a	5,219 e/u	<u>10,097</u>
		43,552
Depreciación herramientas 5%		<u>2,178</u>
		45,730
Coste de mano de obra :		
	<u>45,730</u> = 46	
	1000	

c) MATERIALES :

Dinamita 0.15 kg/m ³ x 796.43	119
1 Fulminante	40
Mecha de seguridad 1 m/m ³ .	64
Barrenos 0.5 ml/m ³ x 40,630.5	<u>34</u>
	257

Nota: 60% requiere explosivos 0.6 x 257 154

Coste total 489

Gastos generales 20% 98
587

COSTO DE CORTE EN ROCA BLANDA EN COMPENSACION TRANSVERSAL
\$ 587/m³.

COMPENSACION LONGITUDINAL

a) EQUIPO :

Es igual que en compensación transversal 289,373
Rendimiento : 360 m³/día
Costo equipo : 289,373 = 804 804
360

b) MANO DE OBRA :

Igual que en compensación transversal 45,730
Costo per m³ de mano de obra = 45,730 = 127 127
360

c) MATERIALES :

Explosivos : costo per m³. 154 154
Costo directo 1,085
Gastos generales 20% 217
1,302

COSTO DE CORTE EN ROCA SUELTA DE COMPENSACION LONGITUDINAL
1,302/m³.

BOTES :

a) EQUIPO :

Igual que en compensación transversal : 289,373
Rendimiento = 400 m³/día
Costo equipo = 289,373 = 723 723
400

b) MANO DE OBRA :

Igual que en compensación transversal 45,730
Costo por m³ mano de obra 45,730 = 114 114
400

c) MATERIALES :

Explosivos : costo por m³. : 154 154
Costo directo 991
Gastos generales 20% 198.2
1,189.2

COSTO DE CORTE EN ROCA SUEITA DE BOTES

\$ 1,189.0/m³.

RESUMEN :

	Volumen	Costo Unit.	Costo Total
1.- Compensación transversal	1,758	587	1'031,946
2.- Compensación Longitudinal	9,077	1,302	11'818,254
3.- Botes	<u>29,200</u>	1,189	<u>34'718,800</u>
	40,035		47'569,000
Costo unitario	<u>47'569,000</u>	=	1,188.2
	40,035		

OBRAS DE DRENAJE

DE LA ALCANTARILLA DE ALIVIO

1) EXCAVACION : Consideramos el trabajo de un lampero

Un Lampero	4,706 día	4,706
Un capataz planillero 10%	5,219	<u>522</u>
		5,228
Depreciandole herramientas 5%		<u>261.4</u>
		5,489.4
Rendimiento = 4 m ³ /día		
Costo directo = <u>5,489.4</u>	1,372	1,372
	4	
	20% gastos generales	<u>274.4</u>
	Total :	1,646.4

COSTO POR METRO CUBICO DE MATERIAL EXCAVADO = \$ 1,646.4

2) RELLENO

Considerando que un día de 8 horas el lampero efectúa el relleno de 4 m³. al costo por m³ resultará igual el determinado por excavación.

Costo de material de relleno = 1,646.4

3) COSTO DE COLOCACION Y MONTAJE DE LA ALCANTARILLA DE 152 cm. DE DIAMETRO (60")

MATERIALES Y EQUIPO :

Para una tubería metálica aruco de 152 cm. de diámetro incluyendo cabezales accesorios y herramientas el costo por pie es:

Costo por pie lineal de tubería = 16,859

MANO DE OBRA :

1 Capataz	5,219	5,219
2 Oficial e/u	5,048	10,096
10 peones e/u	4,706	<u>47,060</u>
		62,375

Rendimiento 36 pies de tubería por día

Costo por pie lineal = $\frac{62,375}{36}$	= 1,733	1,733
Costo directo		18,592
Gastos generales 20%		<u>3,718</u>
Total :		22,310

COSTO POR PIE LINEAL DE TUBERIA DE 152 cm. = \$ 22,310

4) COSTO DE COLOCACION Y MONTAJE DE LA ALCANTARILLA 48"

D = 122 cm.

a) MATERIALES Y EQUIPO :

Para una tubería metálica ARMCO de 122 cm. de diámetro incluyendo cabeza los accesorios y herramientas el costo por pie lineal será :

- Costo por pie lineal de tubería	= 11,433
- Mano de obra (igual que el caso anterior)	= <u>1,733</u>
Subtotal	- 13,166
20% gastos generales	<u>2,633</u>
	15,799

COSTO POR PIE LINEAL DE TUBERIA DE 122 cm. ES = \$ 15,800

5) COSTO DE COLOCACION Y MONTAJE DE LA ALCANTARILLA DE 42"

(Diámetro = 107 cm.)

a) MATERIALES Y EQUIPO :

Para una tubería metálica ARMCO de 107 cm. de diámetro incluyendo cabezales, accesorios y herramientas, el costo por pie lineal será :

- Costo por pie lineal de tubería de 107 cm.	= 9,004
- Mano de obra (igual al anterior)	= <u>1,733</u>
Sub-total	= 10,737
20% gastos generales	= <u>2,147.4</u>
	12,884.4

COSTO POR PIE LINEAL DE TUBERIA DE 107 cm. ES DE :

\$ 12,884

RELLENO EN PLATAFORMA

EQUIPO :

1 motoniveladora 125 HP	109,763	
1 Rodillo liso vibratorio 4.5 Tn.	87,810	
1 Tanque cisterna 2,000 gls.	63,862	
1 motobomba de 4"	<u>17,961</u>	279,396

MANO DE OBRA :

1 Capataz 3,050	3,050	
6 peones 2,750 c/u	<u>16,500</u>	19,550

HERRAMIENTAS :

5% de mano de obra		<u>978</u>
		299,978

Rendimiento = 520 m³.

Costo = 299,978 577/m³.

520

P A V I M E N T O S

A) PREPARACION DE LA CANTERA "B"

Despeje del estrato de 1 m. de espesor de tierra de obra.

Volúmen por mover : $60 \times 60 \times 1 = 3,600 \text{ m}^3$.

Despeje del 2do estrato de 0.5 m. de material grueso

Volúmen por mover : $60 \times 60 \times 0.5 = 1,800 \text{ m}^3$.

Todos estos trabajos se hacen con un tractor D-7 de un rendimiento de $350 \text{ m}^3/\text{día}$ en el primer estrato y de $300 \text{ m}^3/\text{día}$ en el 2do estrato.

El alquiler será de 211,542

N° de días de despeje : $\frac{3,600}{350} + \frac{1,800}{300} = 17 \text{ días}$

Costo de preparación de la cantera "B"

17 x 211,542	=	3'596,214
20% gastos generales	=	<u>719,243</u>
COSTO TOTAL DE PREPARACION	=	\$4'315,457

EXTRACCION ZARANDEO Y CARGUIO

EXTRACCION Y ZARANDEO

Equipo :

1 Tractor D-7	211,542
1 Zaranda metálica	<u>3,000</u>
	214,542

Rendimiento = $300 \text{ m}^3/\text{día}$

Costo = $\frac{214,542}{300} = 715$ 715

Mano de obra

4 peones o/u a 4,706	=	18,824
4/30 capataz o/u a 5,219	=	<u>696</u>
		19,520

Costo	<u>19,520</u>	=	65		65
	300		Costo directo		780
			20% gastos generales		<u>156</u>
					936

COSTO POR EXTRACCION Y ZARANDEO $936/m^3$.

CARGUIO

1 cargador frontal 950 de 2 1/2 yd ³	.....	153,345		
Rendimiento = 660 m ³ /día				
Costo = <u>153,345</u>	=	232	.....	232.0
	660	Gastos generales 20%		<u>46.4</u>
				278.4

COSTO POR CARGUIO = \$ 278.4

TRANSPORTE

COSTO POR EXTRACCION ZARANDEO Y CARGUIO : \$ 1,214/m³.

TRANSPORTE DEL MATERIAL DE CANTERA "B" A LA PLANTA

Distancia = 3.4 Km.

EQUIPO

1 Volquete hidráulico de 5 yd³ (3.8 m³) 50,000/día

Velocidad de cargado = 30 km/hora

Velocidad de descargado = 40 km/hora

Distancia de transporte = 3.4 km.

Material : grava arenosa, esponjamiento 0.2

T carga + T ida + T descarga + T regreso = Tiempo de un ciclo

T carga = 2 minutos

T ida = $\frac{3.4 \times 60 \times 1000}{1000 \times 30}$ = 6.8 minutos

T descarga = 1 minuto

T regreso = $\frac{3.4 \times 60 \times 1000}{1000 \times 40}$ = 5.1 minutos

Reemplazando = 2 + 6.8 + 1 + 5.1 = 15 minutos

Considerando una eficiencia de 50 min/hora el N° de operaciones diarias será :

$$\frac{60 \times 8 \times 50}{15 \times 60} = 27 \text{ operaciones diarias}$$

$$\text{Rendimiento} = 27 \times \frac{3.8}{1.2} = 86 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo directo} &= \frac{50,000}{86} = 581 && 581 \\ &+ 20\% \text{ gastos generales} && 116 \\ \text{Costo de transporte de } 1 \text{ m}^3 \text{ a } 4.6 &&& 697/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Transporte de } 1 \text{ m}^3 = 1 \text{ km. será} = \frac{697}{3.4} = 205$$

$$\text{COSTO DE TRANSPORTE : } \$ 205 \text{ m}^3/\text{km.}$$

PREPARACION DE LA CANTERA "A"

Limpieza de la capa superficial de 0.10 m. de espesor

$$\text{Area por despejar} = 60 \times 60 = 3,600 \text{ m}^2.$$

Tractor D-7 Alquiler \$ 211,542/día

CALCULO DEL RENDIMIENTO DEL EQUIPO MECANICO

Empujador D-7 resto **dimensiones del lampón:**

$$\text{Ancho : } 3.08 \text{ mts.} \quad \text{Alto : } 1.12$$

$$\text{Velocidad 2da marcha adelante} = 3.54 \text{ Km/h}$$

$$\text{Regreso} = 6.12 \text{ km/h}$$

$$\text{Distancia media} = 60 \text{ mts.}$$

$$\text{Traslape } 1/4 \text{ ancho de la cuchilla} = 0.77 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho efectivo } 3.00 - 0.77 = 2.31 \text{ mts.}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de ida} &= \frac{60 \times 60}{3.54 \times 1000} = 1.02 && 1.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de regreso} &= \frac{60 \times 60}{6.12 \times 1000} = 0.59 && 0.59 \\ &&& 1.61 \end{aligned}$$

Tiempo total = 1.61 min.

Area limpiada = $2.31 \times 60 = 138.6 \text{ m}^2$.

Rendimiento = $\frac{138.6 \times 60}{1.61} = 5,165 \text{ m}^2/\text{hora}$

1.61

N° de días de trabajo del equipo

$\frac{0.36}{0.51} \times 0.7 \text{ horas}$

0.51

Costo de limpieza = $\frac{211,542 \times 0.7}{8} = 18,510$

8

20% gastos generales - $\underline{3,702}$

Costo total = 22,212

COSTO TOTAL DE PREPARACION CANTERA "A" Y "B"

$22,212 + 4'315,457 = 4'337,669$

5) EXTRACCION , ZARANDEO Y CARGUIO

EXTRACCION Y ZARANDEO

EQUIPO

1 Tractor D-7 211,542

1 Zaranda metálica 3,000/día

Rendimiento = $300 \text{ m}^3/\text{día}$

Costo por carguío = \$ 278

Transporte del material de la cantera "A" a la planta

Distancia del transporte = 0.40 kms.

EQUIPO

1 Volquete hidráulico de yardas³ ó (3.8 m^3) \$ 50,000/día

Velocidad cargado = 30 km/hora

Velocidadv descargado = 40 km/hora

Distancia de transporte = 0.40 kms.

Tiempo de carga + Tiempo de ida + Tiempo de descarga + Tiempo

de regreso Tiempo demandado.

T carga = 2 minutos

$$T \text{ ida} = \frac{0.4 \times 60 \times 1000}{1000 \times 30} = 0.8 \text{ minutos}$$

$$T \text{ descarga} = \frac{0.4 \times 50 \times 1000}{1000 \times 40} = 0.6 \text{ minutos}$$

Reemplazando :

$$T = 2 + 0.8 + 1 + 0.6 = 6.4$$

Considerando una eficiencia del 50 min/hora el N° de operaciones diarias.

$$\frac{60 \times 8 \times 50}{0.4 \times 60} = 63 \text{ operaciones diarias}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{63 \times 3.8}{14} = 17 \text{ m}^3/\text{día}$$

Costo directo = <u>50,000</u>	= 2,941	2,941.0
17	20% gastos generales	<u>588.2</u>
		3,529.2

Costo de transporte de 1 m³ a 0.4 km.

Transporte de 1 m³ a 1 km.

$$\frac{3,529}{0.4} = 8,822$$

COSTO DE TRANSPORTE 8,822 m³/km.

TRANSPORTE Y RIEGO DE AGUA

EQUIPO

1 Tanque de agua 1,500 glns.	48,000
1 motobomba	<u>14,000</u>
	62,000

Rendimiento diario

Duración de un viaje 30 min. (asumida)

$$N^{\circ} \text{ de viajes por día} = \frac{60 \times 8 \times 50}{30 \times 60} = 13 \text{ viajes}$$

$$30 \times 60$$

Cantidad de agua transportada diario $13 \times 1,500 = 19,500$ glns.

Rendimiento = $19,500$ glns/día

Costo = $\frac{62,000}{19,500} = 3.18$

20% Gastos generales 0.62

\$ 3.80 glns

CONVERSION

Considerando un 10% de óptimo contenido de humedad se tiene siendo $1,600 \text{ kg/m}^3$ el peso del suelo seco.

Peso por m^3 de base granular.

$$0.100 \times 1,600 = 160 \text{ kg/m}^2.$$

Peso del agua por m^2 .

$$0.1 \times 160 = 16 \text{ lts. de agua}$$

$$= \underline{16} = 4.2 \text{ glns.}$$

3.785

Costo por m^2 de riego de agua

$$3.18 \times 4.2 = 13.00$$

COSTO DE TRANSPORTE Y RIEGO DE AGUA \$ $13/\text{m}^2$.

EXTENDIDO RODILLADO Y COMPACTADO

EQUIPO

1 Motoniveladora cat N° 12 E	118,044
1 Rodillo Tandem de 8-12 Ton	51,040
1 Rodillo neumático 13 ruedas	61,944
1 Tractor de tiro 71 HP	<u>48,000</u>
	279,028

Rendimiento del equipo : $1,500 \text{ m}^3/\text{día}$

Costo directo = $\frac{279,028}{1500} = 186$

1500

20% gastos generales : 37

223

COSTO : EXTENDIDO RODILLADO Y COMPACTADO = \$ $223/\text{m}^2$

IMPRIMACION DE LA SUB-RASANTE

1.- EQUIPO

1 Distribuidor de asfalto de 1000 Glns.	65,000
1 barredora (livianas de tiro) Grace Mod J	<u>30,900</u>
	95,900

CALCULO DEL RENDIMIENTO

Si se realizan dos viajes diarios : $2 \times 1000 = 2,000$ Glns.

Cantidad de asfalto por m^2 . = 0.4 Glns/ m^2 .

$$\text{Costo por } m^2. = \frac{95,900}{5,000} = 19.2$$

2.- MANO DE OBRA :

4 peones a 4706	18,824
4/30 capataz a 5,219	<u>696</u>
	19,520
5% Deprec. de herramientas	<u>976</u>
	20,496

$$\text{Costo de la mano de obra} = \frac{20,496}{5,000} = 4.1 \quad 4.1/m^2.$$

3.- MATERIALES :

Doseificación RC-2	:	90%
Kerosene	:	10%

INSUMO

a) Asfalto	:	$0.90 \times 236.85 = 213.16$
b) Kerosene	:	$0.10 \times 217.22 = \underline{21.72}$
		234.88

Rendimiento . 1 Gln $2.5 m^2$

0.4

$$\text{Costo de materiales} = \frac{234.88}{2.5} = 94/m^2.$$

$$\text{Costo directo} = 117.2/m^2.$$

$$20\% \text{ gastos generales} = \frac{23.4}{m^2}.$$
$$140.6/m^2.$$

$$\text{COSTO POR IMPRIMACION : } 140.0/m^2.$$

DE LA BASE DE CONCRETO ASFALTICO DE 9 cm. DE ESPESOR
PIEDRA Y ARENA

a) Extracción , Zarandeo y Carguío

Equipo

1 Tractor D-7 211,543 soles/día

1 Zaranda metálica 73 HP = 49,111

260,654

Rendimiento 660 m³/día

Costo = 260,654 = 395 soles

395

660

Mano de obra :

4 peones a 4,706 18,824

4/30 capataz a 5,219 696

19,520

Costo = 19,520 = 30

30

660

Costo directo : 425

20% gastos generales : 85

510

COSTO POR EXTRACCION Y ZARANDEO : \$ 510/m³.

CARGUIO

1 cargador frontal

caterpillar 950 de 2 1/2 yardas cúbicas 153,345

Rendimiento = 660 m³/día

Costo = 153,345 = 232

232

660 20% gastos generales 46

278

COSTO POR EXTRACCION ZARANDEO Y CARGUIO

TOTAL = 510 + 278 = 788 soles

TRANSPORTE D MATERIAL DE CANTERA "B" A LA PLANTA

Distancia de transporte : 3.4 km.

EQUIPO

1 Volquete hidráulico de 5 Yd³ (3.8 m³) \$ 50,000/día

Velocidad cargado 30 km/hora

Velocidad descargado = 40 km/hora

Distancia de transporte = 3.4 km.

Material = Grava arenosa esponjamiento = 0.2

T carga + T ida + T descarga + T regreso = Tiempo de un ciclo

T carga = 2 minutos

$$T \text{ ida} = \frac{3.4 \times 60 \times 1000}{1000 \times 30} = 6.8$$

T descarga = 1 minuto

$$T \text{ regreso} = \frac{3.4 \times 60 \times 1000}{1000 \times 40} = 5.1$$

Reemplazando :

$$T \quad 2 + 6.8 + 1 + 5.1 = 15$$

Considerando una eficiencia de 50 min/hora el N° de operaciones diarias :

$$\frac{60 \times 8}{15} \times \frac{50}{60} = 27 \text{ operaciones diarias}$$

Rendimiento = 27 x 3.8/1.2 = 84 m³/día

Costo directo 50,000/84 = 600

Gastos generales 20% 120

Costo transporte a 1 m³. a 4.6 km. = 720 soles

Transporte de 1 m³. a 1 km. = 720 211.7
3.4

COSTO DE TRANSPORTE : \$ 212m³/km.

COSTO DE MATERIALES EN PLANTA

DE LA BASE DE CONCRETO ASFALTICO DE 9 cm. DE ESPESOR

I) Piedra y Arena :

1° Extracción , Zarandeo y carguío.- Se considera igual que para el material de base granular.

Costo extracción Zarandeo y carguío : \$ 788

Rendimiento de la cantera 50%

Costo = $\frac{788}{0.5} = 1,576$ 1,576

2° Transporte Hasta la cantera planta distancia 3.4km.

\$ 212.00/m³/km.

Rendimiento de la cantera 50%

Costo $\frac{212}{0.5} = 424$ 424

0.50 Costo total 2,000

II) Asfalto : 1 kg. de cemento asfáltico por 60 - 70
= \$ 60.0 (terminal callao)

Conociendo los pesos de los agregados en la mezcla

Asfalto = 129.6 kg/m³.

Piedra = 1,015.2 kg/m³.

Arena = 1,015.2 kg/m³.

COSTO

Agregados inertes 2,000 (1,015 + 1.015) = 4,060.0

Asfalto : 60 x 0.129 = 7.7

Costo per kg. en el callao 55.0

Flete del callao a la planta 150.0

4,272.7

COSTO DE MATERIALES EN PLANTA : \$ 4,273/m³.

EQUIPOS PARA MEZCLADO DE AGREGADOS

I) 1 Planta de asfalto portatil	258,705
1 caldero	21,000
1 Tractor D-7	<u>211,542</u>
	491,247

Se requieren 162 kg de mezcla compactada

Rendimiento en 320 ton/día

Rendimiento = $\frac{320,000}{162} = 1,975$

Costo por m² = $\frac{491,247}{1,975} = 249$ 249

II) Transporte

Distancia de la planta a la obra : 0.5 km.

Costo por m² de transporte = 0.5 x 212 = 106

III) Mano de obra

6 peones a \$ 4,706 = 28,236

1 mecanico a 5,219 = 5,219

33,455

Depreciación de herrami-

entas 5% = 1,673

34,728

Costo por m². = $\frac{34,728}{1,975} = 17.6$ 17.6

Costo directo = 372.6

Gastos generales 20% 74.5

447.1

COSTO DE MEZCLADO : \$ 447.1/m².

PAVIMENTACION

I) EQUIPO

1 pavimentadora de 12' de ancho 65,000

1 Rodillo Tandem 8-12 Ton 61,944

1 Rodillo neumático 26,056

153,000

Rendimiento = 1,520 m²/día

Costo por m² = $\frac{153,000}{1,520} = 100.6$ 100.6

II) MANO DE OBRA :

6 peones a 4,706 c/u 28,236

1 capataz a 5,219 5,219

33,455

Depreciación de herramientas 5% 1,673

34,728

Costo por m² - $\frac{34,728}{1,520} = 23.0$ 23.0

Costo directo 123.6

20% gastos generales 24.4

148.0

COSTO DE PAVIMENTACION : \$/ 148/m².

MEZCLADO = 447.1

PAVIMENTACION = 148.0

COSTO DE MATERIAL EN PLANTA = 4,273.0

4,868.0

COSTO DE BASE CONCRETO ASFALTICO : \$/ 4,868/m².

CALCULO DEL COSTO DE TRANSPORTE DE ASFALTO

DE LA PLANTA A LA OBRA.- Distancia media 0.5 km.

EQUIPO

1 Volquete hidr. de 5 Yd³ (3.8 m³)

Alquiler = 50,000

Velocidad cargado 30 km/hora

Velocidad descargado 40 km/hora

Distancia de transporte = 0.5 km

Material = Mezcla Asfáltica

Tiempo que dura un ciclo :

T carga = T ida + T descarga + T regreso

T carga = 8 minutos

T ida = $\frac{0.5 \times 60 \times 1000}{1000 \times 30} = 1 \text{ min}$

T regreso = $\frac{0.5 \times 60 \times 1000}{1000 \times 40} = 0.75 \text{ min} = 1 \text{ min.}$

T descarga = 10 minutos

Reemplazando .

T = 8 + 1 + 10 + 1 = 20 minutos

N° de camiones para mantener la planta ocupada

$\frac{20}{8} = 2.5 \dots\dots\dots 3 \text{ camiones}$

3 camiones a \$ 40,000 = 120,000

Costo por m² base de concreto asfáltico :

$\frac{120,000}{60 \text{ m}^2} = 1,975$

Costo por m² capa de rodadura :

$\frac{120,000}{40.5 \text{ m}^2} = 2,962$

DE LA CAPA DE RODADURA DE 5 cm. DE ESPESOR

I) Piedra y Arena :

1° Extracción, Zarandeo y carguío.- Se considera igual que para el material de base granular.

Costo extracción, Zarandeo y carguío 1,214

Rendimiento de la cantera 50%

Costo = <u>1,214</u>	2,428	2,428
0.50		

2° Transporte hasta la planta, distancia 0.5 km.

Costo Transporte = 212

Rendimiento de la cantera 50%

Costo = <u>212</u>	424	<u>424</u>
.50		2,852

II) Asfalto : 1 kg. de cemento asfáltico Pen 60-70
(terminal callao)

Conociendo los pesos de los agregados en la mezcla

Asfalto : 6 kg/m².

Piedra : 51 kg/m².

Arena : 51 kg/m².

COSTO

Agregados Inertes = 2,852 (0.051 + 0.051) =	288
Asfalto : 60 x 0.129	7.7
Costo por kg. en el callao = 25	25
Flete del callao a la planta = 120	120
	<u>440.7</u>
20% gastos generales	<u>88.3</u>
	529.0

COSTO DE MATERIALES EN PLANTA : \$ 529

EQUIPO PARA MEZCLADO DE AGREGADOS

I) 1 Planta de asfalto portatil	258,705
1 caldero	= 21,000
1 Tractor D-7	= <u>211,542</u>
	491,247

Rendimiento = 1,500 m²/día

Si se requieren 108 kg/m² de mezcla compactada

Rendimiento en m². = 1,500 m²/día

Costo por m² = 491,247 = 327,50
1,500

II) TRANSPORTE :

Distancia de la planta a la obra : 0.5 km.

Costo por m² de transporte

III) MANO DE OBRA :

6 peones a 4,706 = 28,236

1 mecánico a 5,219 = 5,219

33,455

Deprec. herramientas 5% 1,673

34,728

Costo por m². = 34,728 23 23.0

1,500 Costo directo 350.5

Gastos generales 20% 70.1

420.6

COSTO DE MEZCLADO \$/ 420.6

PAVIMENTACION

I) EQUIPO :

1 Pavimentadora de 12' de ancho 65,000

1 Rodillo Tandem 8-12 Ton 61,944

1 Rodillo neumático 26,056

153,000

Rendimiento = 1,520 m²/día

Costo per m² = $\frac{153,000}{1,520}$ 100.6 100.6

II) MANO DE OBRA :

6 peones a 4,706 28,236

1 capataz a 5,219 = 5,219

33,455

Deprec, Herramientas 5% 1,673

34,728

Costo per m² = $\frac{34,728}{1,520}$ 23.0 23.0

1,520 Costo directo 123,6

Gastos generales 20% 25.0

148.6

COSTO DE PAVIMENTACION : 148.6/m².

COSTO DE CAPA DE RODADURA : 1,098.2/m²

SELLO

I) EQUIPO :

1° 1 Distribuidor de asfalto de 1,000 Glns. = 120,000

1 Rodillo de 5 a 8 Tn. Tandem 40,000

160,000

2° Rendimiento :

Haciendo, una tandada por día se tiene

1 x 1,000 = 1,000 Glns/día

Cantidad de asfalto

Rendimiento en m².

3° Costo = $\frac{160,000}{1,000}$ = 160 160

1,000

II) MANO DE OBRA :

4 peones a 4,706 18,824

10% capataz a 5,219 = 522

19,346

Depreciación Herramientas 5% 3,869
23,215

Costo = $\frac{23,215}{1,000} = 23.20$ 23.20

MATERIALES :

1° Asfalto RC-250 = 0.22 Glns/m².

Arena gruesa

2° Costos insumidos

Asfalto 0.22 x 184 = 40.5

Arena 0.006 x 2316 14

54

3° Rendimiento = $\frac{1}{0.22} = 4.5 \text{ m}^2$.

4° Costo :	<u>54</u>	=	12		<u>12</u>
	4.5			Costo directo	195
				Gastos generales 20%	<u>39</u>
					234

COSTO POR SELLO : 234/m².

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

- "ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUCCION DE PUENTES Y CARRETERAS"
Dirección de caminos del Perú 1963-1965.
- "EL ARTE DEL TRAZADO DE CARRETERAS" A.I.D. 1963
- "MANUAL DE DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS ASFALTICOS"
Instituto del Asfalto 1962.
- "APLICACION DE LA TECNICA PERT/CPM EN LA CONSTRUCCION"
William R. Martin.
- "INGENIERIA DE CARRETERAS" Laurence I. Hewes y Clarkson H.Oglesb
- "CAMINOS" 4a. Edición José Luis Escario
- "PRACTICA VIAL AMERICANA"
Laurence I. Hewes
- "LAS CARRETERAS MODERNAS" E. Neumann
- "PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS MODERNAS"
John Hugh Jones
- "CARRETERAS TRAZADO Y REPLANTEO"
Aplicación del cálculo Electronico en los programas de trazo
Ignacio Martinez Saenz.
- "PAVIMENTOS ASFALTICOS"
Proyecto y construcción J. Rogers Martin y Hugh A. Wallace.
- "MECANICA DE SUELOS PARA INGENIEROS DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS"
Department of scientific and Industrial Research.
- "MECANICA DE SUELOS" Cimientos y Estructuras de tierra
Gregory P. Tschebotarioff
- "MANUAL DE DRENAJE" Armco
- "A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF RURAL HIGHWAYS A.A.S.H.O
- = "REPLANTEO DE CURVAS" Sarrazin - Oberbeck - Hófer
- "CURVAS CON TRANSICION PARA CAMINOS" Dirección de vialidadAArgo