

**ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS**

**PROYECTO DE CAMINOS**

**AUTOR: PLACENCIA GALLEGOS SANTIAGO**

**LIMA-PERÚ**

**-1954-**

## PROYECTO DE CAMINOS

### ESPECIFICACIONES.

#### CAPITULO I

##### RECONOCIMIENTO DE RUTA.-

Generalidades.  
Trazo de una ruta y variante.  
Cuadro comparativo entre las soluciones (A) y (B).  
Perfiles longitudinales de las rutas estudiadas.

#### CAPITULO II

##### TRAZO DEFINITIVO.-

Generalidades sobre el trazo.  
Visión general del plano.  
Líneas de pendiente.- Soluciones preliminares.  
Ubicación de tangentes y curvas.  
Cálculo de las curvas.

##### CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA VIA.-

Velocidad directriz.  
Radio en curvas horizontales.  
Peralte.  
Rampa del peralte.  
Visibilidad en tangentes.  
Visibilidad en curvas horizontales.  
Curvas de transición.  
Pendientes.  
Curvas verticales.  
Ancho de la superficie de rodadura.  
Derecho de vía.  
Bombeo del firme.  
Bermas.  
Cunetas.  
Taludes.  
Sobreancho.

##### TRAZADO COMPLETO DEL PRIMER KILOMETRO.-

Cotas del perfil longitudinal.  
Secciones transversales.  
Cotas de la rasante en cada estaca.  
Libreta para secciones transversales.  
Cálculo de áreas.  
Cálculo de volúmenes.  
Hojas de metrado.  
Tipo de vehículo.  
Capacidad de ascenso.  
Cálculo de la carga por eje.

#### CAPITULO III

##### CONSTRUCCION Y DRENAJE DEL CAMINO.-

Diagrama de "Bruckner".  
Elección de la línea de balance.  
Cálculo de la distancia de transporte.  
Elección del equipo mecánico.  
Cálculo del rendimiento del tractor.  
Cálculo del tiempo empleado en las explanaciones.  
Planeamiento de la explanación.

## EXPLOSIVOS.-

Cantidad de explosivos necesario.  
Número de tiros.  
Planeamiento y ejecución de los tiros.  
Equipo de perforación.

## CONSTRUCCION DE RELLENOS.-

Generalidades.  
Perfiles de suelo.  
Diferentes métodos de exploración del subsuelo.  
Relleno de materiales sueltos.  
Contenido de humedad.  
Compactacion.  
Método de "Proctor".  
Curvas de compactacion.  
Relaciones de humedad densidad.  
Optimo contenido de humedad.  
Descripción de la construcción del relleno.  
Preparación de la subrasante.  
Cantidad de material compactado por hora.  
Prueba de contenido de humedad durante la construcción.  
Prueba de densidad en el campo.- Procedimiento.  
Drenaje superficial.  
Drenaje subterráneo.  
Drenaje y subdrenaje de afirmado y pavimento.  
Control de erosión.  
Cálculo de una alcantarilla de concreto armado.  
Cargas que actúan sobre la alcantarilla.  
Cálculo de los momentos de empotramiento.  
Cálculo de la rigideces.  
Cálculo de los coeficientes de distribución.  
Coeficientes de compensación.  
Cálculo de los momentos originados.  
Cálculo de los momentos isostáticos.  
Máximos momentos en losa y paredes.  
Comprobación de la altura útil.  
Area de acero.

## CAPITULO IV

### PAVIMENTOS Y OBRAS ACCESORIAS.-

Generalidades.  
Condiciones de diseño y comportamiento de los pavimentos.  
Diseño de la superficie de asfalto.  
Determinación del espesor del pavimento.  
Elección de los agregados.  
Análisis granulométrico.  
Material asfáltico.  
Clasificación de los asfaltos de pavimentación.  
Cálculo de la proporción de asfalto.- Método de las áreas superficiales.  
Especificaciones para material asfáltico.  
Construcción del afirmado y la superficie de rodadura.  
Base.  
Barrido.  
Riego de imprimacion.  
Preparación de la mezcla asfáltica en plantas.  
Distribución de la mezcla.  
Sellado.  
Explotación de la cantera.  
Proyecto de señalización.

## CAPITULO V

### ESTUDIO ECONOMICO, ANALISIS DE PRECIOS Y PRESUPUESTO.

Costo de reconocimiento.

Costo del trazo.

Explicaciones

Corte en roca blanda.

Corte en roca dura.

Excavación y transporte.

Compactación de rellenos.

Rodillos "Pata de Cabra".

Rodillos de tres ruedas.

Rodillos neumáticos.

Riego por tanque regador.

Pavimentos.

Nivelación con motoniveladora.

Riego.

Rodillado.

Costo total del afirmado.

Costo total del pavimento:

Barrido preliminar.

Riego de imprimación.

Preparado de la mezcla.

Transporte de la mezcla.

Extendido de la mezcla.

Rodillado.

Sellado.

Barrido.

BERMAS.-

Drenaje.-

SEÑALIZACIÓN.-

PRESUPUESTO GENERAL DEL KILOMETRO EN ESTUDIO.

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE LA CARRETERA.

PROYECTO DE CAMINOS PARA EL AÑO DE 1953

Este Proyecto consta de seis grandes capítulos:

- a) Reconocimiento de ruta ( En el Plano al 50.000 )
- b) Trazo definitivo ( En el Plano al 2.000 )
- c) Construcción y drenaje del camino
- d) Diseño y construcción del pavimento y otras obras accesorias.
- e) Diseño y construcción de un puente y
- f) Estudio económico, análisis de precios y Presupuestos.

a) Reconocimiento de ruta.- En el Plano a la Escala 1:50.000, los alumnos buscarán la mejor ruta para unir los puntos que se indican en la siguiente forma:

Los alumnos del # 1 al # 10 harán el estudio de la ruta AB en el Plano # 1  
11 20 harán el estudio de la ruta CD en el Plano # 2  
21 30 harán el estudio de la ruta EF en el Plano # 3  
31 40 harán el estudio de la ruta GH en el Plano # 4  
41 50 harán el estudio de la ruta IJ en el plano # 5  
51 60 harán el estudio de la ruta KL en el plano # 6

De las rutas estudiadas, marcarán en el Plano, las dos que encuentren más convenientes, y entre ellas se escogerá la que se estima la mejor fundamentando ampliamente en la Memoria esta adopción.

b) Trazo definitivo.- Se hará el trazo definitivo en los Planos a Escala 1:2.000 en la siguiente forma:

Los alumnos del # 1 al # 10 trabajarán sobre el Plano # 7 uniendo con trazo definitivo los puntos allí marcados, como sigue:

El alumno # 1	hará el trazo de	1	2
# 2	" " "	2	a 1
# 3	" " "	3	a 4
# 4	" " "	4	a 3

y así sucesivamente.

Los alumnos del # 11 al 20 trabajarán en el Plano # 8 uniendo con trazo definitivo los puntos que allí se marcan en la forma siguiente:

El alumno # 11	hará el trazo de	11	a 12
# 12	" " "	12	a 11
# 13	" " "	13	a 14
# 14	" " "	14	a 13

En la misma forma procederán los alumnos del 21 al 30 que trabajarán sobre el Plano # 9, los alumnos del # 31 al 40 trabajarán sobre el Plano # 10, los alumnos del # 41 al 50 en el Plano # 11 y los alumnos del # 51 al # 60 en el Plano # 12.

Harán el trazado definitivo completo, con perfil longitudinal, secciones transversales, medrado y Presupuesto, sólo del primer kilómetro a partir del punto de iniciación del trazo. Los otros kilómetros deberán ser también trazados en plano y se obtendrá perfil longitudinal de este trazo, pero como no se van a sacar todas las secciones, se ubicará sólo una rasante preliminar no siendo tampoco necesario poner las cotas del terreno ni de la rasante en el perfil. Solo se requiere que se ponga el trazo en la última línea inferior del perfil.

## II

Para hacer el estudio definitivo del kilómetro que le corresponda a cada alumno, se deberá de tener en cuenta lo siguiente:

- 10.- Que se trata de una Carretera de primera clase y con una densidad de tránsito de 500 camiones y 300 automóviles diarios.
- 20.- Que deberán seguirse las "Normas para Estudios de Carreteras" aprobadas por la Dirección de Caminos del Ministerio de Fomento y que según la topografía Plana, ondulada o accidentada.
- 30.- Para el establecimiento de las obras de drenaje se supondrá que en la zona las máximas precipitaciones pluviométricas en un día llegan a los 30 mm.
- 40.- Las dimensiones y cargas máximas de los vehículos que circulan por la carretera, serán las siguientes:

Carga Tipo H-15	S-12
Longitud total	15 m.
Ancho total	2.40
Altura total	4.20

Los alumnos deberán informarse en el Comercio los camiones que más se aproximan a estas condiciones, y, según los datos que obtengan, calcularán su capacidad de ascenso y la distribución de la carga.

- 501- La clasificación que se adopte para el terreno será la siguiente:

Para los alumnos del # 1 al # 10 - Plano # 7

Para los primeros 400 m. Rocas blandas

Para los 300 siguientes materiales sueltos

Para los últimos 300 m. 90% rocas duras y 10% de materiales sueltos.

Para los alumnos del #11 al # 20 - Plano # 8

Para los primeros 200 m. materiales sueltos

Para los 600 m. siguientes rocas duras

Para los últimos 200 m. 40% rocas duras y 60% rocas blandas

Para los alumnos del # 21 al # 30 - Plano # 9

Para los primeros 300 m. materiales sueltos

Para los 300 m. siguientes rocas blandas

Para los 400 m. finales 50% rocas blandas y 50% rocas duras.

Para los alumnos del # 31 al # 40 - Plano # 10

Para los 400 m. primeros, materiales sueltos

Para los 400 m. siguientes 50% materiales sueltos y 50% rocas

Para los 200 m. restantes rocas blandas blandas.

Para los alumnos del # 41 al # 50 - Plano # 11

Para los 500 primeros metros 70% mat. sueltos- 30 % rocas blandas

Para los 200 m. siguientes 100% materiales sueltos

Para los 300 m. restantes 30% rocas blandas, 10% rocas duras y 60% materiales sueltos.

Para los alumnos del # 51 al # 60 - Plano # 12

Para los primeros 500 m. 50% rocas blandas, 50% rocas duras,

Para los 500 m. restantes 100% rocas duras.

- 60.- Al hacer el estudio deberá tenerse en cuenta que si bien se trata de construir una carretera de primer orden, no debe descuidarse el factor económico ya que debe haber cierto balance entre la bondad de las características y el costo de la obra. Este balance llevará en muchos casos a estudios comparativos de costo en algunas soluciones parciales y en la Memoria se deberá de fundamentar cada una de las soluciones adoptadas, tanto para la construcción del camino mismo, como del pavimento, el puente y otras obras.



### III

c) Construcción y drenaje.- Para el planeamiento de la construcción se deberá de hacer un estudio de la compensación longitudinal mediante el Diagrama de las Masas, en el kilómetro de que se trata, calculándose las distancias medias de transporte y la distribución de los volúmenes. Se fundamentará la elección de la línea de balance adoptada.

Una vez calculada la curva de las masas se elegirá el equipo que se estime necesario comprar para la construcción de la Carretera, suponiéndose que se dispone de fondos para adquirir todas las máquinas que sean necesarias. Se recomendarán, marcas, modelos y tipos de equipo, justificando en cada caso la recomendación; y adjuntándose, como parte del Proyecto, los catálogos de los Fabricantes de las máquinas recomendadas.

Elegidas las máquinas, se proyectará su coordinación en el trabajo y se darán los lineamientos generales para el planeamiento de la construcción. Se calcularán los rendimientos tomándose 0.60 como "factor de eficiencia".

Considerando los jornales medios que se pagan en los trabajos de la zona de Lima, se calcularán los costos de operación de cada una de las máquinas, así como el costo del movimiento del metro cúbico para cada una de las clases de materiales que se dan en el acápite 50.

En las zonas donde se encuentre roca, se seleccionará la maquinaria especializada y se planeará la carga y ejecución de los tiros, calculándose la cantidad de explosivos que se empleará en el trabajo.

Se describirá la construcción de un relleno y de la subrasante siguiéndose los sistemas modernos indicados por la Mecánica de Suelos y el equipo especializado que se requiere.

Se hará una valorización de los trabajos de explanación suponiendo que en todo kilómetro se tiene un avance del 50% en el movimiento de tierras, con el fin de poder hacer un pago parcial a la empresa que tiene a su cargo los trabajos.

Para el sistema de drenaje, se considerará tanto el drenaje superficial como el dubdrenaje, proyectándose, además del drenaje del camino mismo, el drenaje de las zonas adyacentes, que por la topografía del terreno puedan considerarse necesario. Siendo la zona lluviosa se deberá considerar algún sistema de control de erosión. Se darán planos y detalles de una alcantarilla metálica o de conc. de 1 m. de luz.

d).-Pavimento s y obras accesorias.- Dado que la carretera es de primera clase y debiendo soportar un tránsito pesado, se diseñará un pavimento de tipo superior, ya sea asfáltica o de concreto, discutiéndose el espesor del diseño y fundamentando la adopción de tal o cual tipo de pavimento.

Se supondrá que las canteras de las cuales se va a sacar el material granular para el afirmado y el asfaltado están ubicados a 3 km. de la estaca 50 del kilómetro trazado. La cantera es de roca compacta. Se indicará el equipo necesario para la explotación de la cantera, así como su coordinación. Se darán algunas graduaciones recomendables para el afirmado y asfaltado.

Se darán detalles de todas las etapas de la construcción del afirmado y de la superficie de rodadura y se indicará el equipo especializado que se requiere para su ejecución. Se planeará su coordinación y se darán las marcas y modelos recomendados.

#### IV

Para el diseño, se considerará el tipo de suelo dado en la clasificación del kilómetro, asimilándolo a la clasificación de suelos del Bureau of Public Roads de los EE. UU.

Se harán diseños de secciones transversales tipo, a Escala 1:50 para los casos de cortes, de media ladera y de relleno completo, dándose el detalle del afirmado y del parimento.

Se proyectará la señalización, parapetos y demás obras accesorias del camino.

#### e) PROYECTO DE PUENTES

Los alumnos de los números 1,2,3 inclusive diseñarán un puente del tipo que deseen elegir, de uno o varios tramos con vigas articuladas, continuas, pórticos o arcos. No se adoptarán soluciones de vigas simplemente apoyadas de pequeñas luces con pilares intermedios, pero si se pueden emplear puentes de acero de un sólo tramo y en concreto pre-tensionado cualquiera solución.

La sobrecarga será H20 S16 y las luces serán de 31 m. para el alumno # 1, 32 m. para el # 2 etc. hasta el # 30 al que le corresponderá 60 m.

El alumno tomará el plano y perfil adjunto para diseñar las bases del puente.

Los alumnos de los números 31 a 60 diseñarán un puente en pórtico para pasar la carretera del proyecto sobre otra existente. Las luces entre centros de apoyos y las sobrecargas serán las siguientes:

<u>Sobrecargas</u>	H 20 S 12	H 15	H 10
Luces	Número de orden del alumno		
L1	31	41	51
12	32	42	52
13	33	43	53
14	34	44	54
15	35	45	55
16	36	46	56
17	37	47	57
18	38	48	58
19	39	49	59
20	40	50	60

Se adoptarán las especificaciones de la ASSHO.

f) Estudio económico, análisis de precios, presupuestos y especificaciones.- Según lo expuesto en el acápite "Construcción y drenaje" se deberá de hacer un análisis del costo unitario para las distintas máquinas que se usarán en la construcción del camino. Esto mismo deberá de hacerse con las máquinas usadas en la construcción del pavimento.

Se harán análisis de precios de las distintas etapas de la construcción del camino y del pavimento.

Conociendo los precios unitarios y teniéndose a la mano los metros respectivos, se formularán los Presupuestos para cada clase de obra, y se formulará también el presupuesto general del trabajo.



El alumno formulará un pliego de especificaciones para la construcción del camino suponiendo que se va a entregar el kilómetro a una empresa contratista. En dichas especificaciones centralizará ordenadamente y en detalle todas las operaciones que deberá de ejecutar la citada empresa al efectuar la construcción del camino y del pavimento.

#### MEMORIA Y JUEGO DE PLANOS

La memoria deberá de comenzarse con una copia de las presentes especificaciones, indicándose el número de orden que corresponda al alumno. Se hará una relación detallada de las curvas horizontales trazadas en el kilómetro, de las de transición, de las verticales y los cálculos de visibilidad que correspondan.

Contendrá la relación detallada de cada una de las obras a ejecutarse y la discusión y fundamentación de las soluciones adaptadas según lo expuesto en el párrafo 6o del acápite "Trazo Definitivo".

Para mejor ilustración de los alumnos se les aclara que el Plano del reconocimiento no corresponde a la misma zona del Plano del trazo y que el perfil dado para el Puente no corresponde a ningún punto de ubicación del cruce del río en los Planos al 2.000.

Además, tratándose de un estudio específico, no se aceptará Proyectos con copia de Normas, especificaciones o capítulos de textos existentes. El alumno debe de estudiar y analizar su problema particular.

Se presentarán como mínimo los siguientes planos:

- 1.- Plano general del reconocimiento de ruta a Escala 1:50.000
- 2.- Perfiles longitudinales comparativos de los reconocimientos efectuados a Escala horizontal 1:50.000 y vertical 1:5.000
- 3.- Plano del trazo definitivo a Escala 1:2.000
- 4.- Perfil longitudinal del eje proyectado entre los dos extremos del trazo. Sólo se calculará el kilómetro que le corresponda, según el acápite b) . Las escalas serán 1:2.000 horizontal y 1:200 vertical.
- 5.- Pliego de secciones transversales a Escala 1:50 según lo indicado en el acápite d) Pavimento.
- 6.- Pliego de secciones transversales del Kilómetro respectivo a Escala 1:200.
- 7.- Diseños de las obras y estructuras de drenaje (alcantarillas, drenaje, drenes, etc. tanto superficial como subterráneo).
- 8.- Los planos pedidos en el acápite e) Puente.

Lima, 20 de marzo de 1953.

Ing. Raúl Parraud

Ing. Juan Quiroga A.

CAPITULO I  
RECONOCIMIENTO DE RUTA

De acuerdo con las especificaciones adjuntas corresponde en este primer capítulo efectuar el reconocimiento de ruta entre los puntos E y F del plano No 3 ( Escala 1:50.000 ).

Sabemos que para efectuar un reconocimiento de ruta sobre un plano dado, se debe emplear, como se ha hecho en el presente proyecto, el método consiste en recorrer sobre las curvas de nivel una abertura de compás que este en función de la pendiente requerida y de la equidistancia que existe entre las curvas de nivel.

Observando el citado plano se nota la presencia de 2 zonas de marcadas características, estas son: la comprendida entre el punto E y una primera línea de cumbres, más o menos en el centro del plano y la otra zona la comprendida entre esta línea de cumbres y el punto F. En la primera zona la topografía se presenta un tanto suave y nos hace ver que podremos conseguir un trazo más o menos directo hasta llegar a una abra de paso en la línea de cumbres; y en la zona segunda podemos observar que la topografía se presenta variada y con muchas líneas de cumbres y por tanto diferentes puntos de paso, diferentes abras para pasar rutas hacia el punto F. Esto nos obligará a mayor y detenido estudio en la ruta situada en la segunda zona o sea hacia el lado del punto F.

El punto E se encuentra a una altura de 3800 m. sobre el nivel del mar y el punto F a 4200 m. de altura y entre ellos las líneas de cumbres varían desde los 4700 m. a 5000 m. o sea que nuestro problema consistirá en ascender desde el punto E hasta una de las abras de paso y luego de esta abra bajar hasta el punto F.

Para el reconocimiento trabajamos con las pendientes medias máximas dadas por las "NORMAS PERUANAS". Así, para alturas entre 3000 y 4000 m. se usará hasta 3.4% de pendiente y para alturas mayores de 4000 m. se usará hasta 3%.

Encontrándose el punto E a 3800 m. y la primera línea de cumbres por alcanzar a 4600 m., nos indica que entre la curva 3800 y la 4000 podemos usar hasta 3.4% de pendiente y en adelante sólo 3%. Habiendo he-

cho.de esta manera resulta inconveniente el usar estas pendientes diferentes ya que no se llega a punto estratégico para efectuar el paso de la línea de cumbres y es así como sólo he trabajado con pendiente uniforme de 3%, siendo esta una solución muy conveniente ya que se llega exactamente al abra situada a 4600 m. En el plano figura con la letra (A).

Debido a que este primer tramo se presenta sin mayor complicación como para obligarnos al estudio de variantes muy pronunciadas es que he decidido primeramente solucionar este primer tramo.

Practicamente la topografía del terreno nos obliga a seguir una determinada dirección y que es precisamente la que nos conduce hacia las abras del paso. Se ve que el paso sería más conveniente efectuarlo por el abra (A) ya que otras nos conducirían a zonas de topografía más difíciles, obligándonos a un trazo más complicado con una serie de vueltas y desarrollos; por lo tanto queda eliminada otra posibilidad de trazo en este tramo al señalar como punto de paso obligado el abra (A). En lo que se refiere a pendientes, he efectuado tanteo con 3.4% de pendiente hasta la curva de 4000 m y de ahí he continuado con 3% hasta la línea de cumbres; pero resulta que no conviene dado que nos conduce a puntos inapropiados para el paso. Luego se ha tanteado el uso de pendientes menores que tampoco nos conviene porque se pierde altura innecesariamente. De esta manera dejamos establecido que la solución propuesta para este primer tramo no admite variante y que el trazo conseguido es bastante bueno y cumple con las especificaciones dadas en las "NORMAS PERUANAS".

Veamos ahora el estudio de la ruta complementaria para llegar al punto F, tendremos que unir el punto (A) del abra que está a 4600 con el punto F que se encuentra a una altura de 4200 m.

Con el fin de obtener un trazo que nos sirva de base para unir estos 2 puntos he efectuado un trazo sin tener en cuenta mayores detalles que las especificaciones de pendiente. Obteniendo así el perfil (1) que se muestra en el gráfico No 1; trazo cuya longitud resulta de 112.600 km. A continuación he ido modificando el trazo buscando puntos de paso más propicios y que acorten un poco el trazo, y luego también

modificando las pendientes obtengo de esta manera los perfiles (2), (3), (4) y de cuya comparación se observa que el trazo más conveniente por su menor longitud sería el del gráfico (2) con 97.900 km., dedicando mayor atención en esta solución veamos si es posible mejorarla. Efectivamente, se hace posible un acortamiento de longitud en su última parte y así obtenemos la solución (5) que sería la definitiva, es decir siguiendo la zona superior del plano a partir del abra de paso (A). Teniendo esta solución 95.200 km. y que asciende a una altura máxima de 4725 m. utilizando como pendiente máxima 3%.

Buscaremos ahora una variante, en esta oportunidad por la zona inferior del plano, esto nos obliga a ascender a mayor altura pero todo hace preveer que habrá acortamiento de trazo ya que la topografía se presenta menos accidentada que la anterior y el trazo se puede sacar más o menos directo.

Después de efectuar algunos tanteos he llegado al perfil-solución mostrado en el gráfico N<sup>o</sup> 6; solución que sobrepasando expectativas resulta mucho menor en longitud que el anterior trazo, pues, cuenta con 78.600 km. y se asciende hasta los 4875 m. de altura sobre el nivel del mar y la pendiente máxima requerida es de 3%.

Para decidir entre una y otra solución hay que contemplar varios aspectos a parte de la diferencia de longitud existente, llamaremos solución (A) la de 95.200 km. y solución (B) la de 78.600 km.

Se consideran como aspectos constantes para ambas soluciones los siguientes:

- Importancia de las rutas
- La influencia en el futuro desarrollo de la región
- Población
- Establecimiento de grandes industrias
- Zona de haciendas importantes
- 6 Valor de expropiaciones

Se están considerando estos aspectos como constantes dado el desconocimiento que se tiene de la realidad y para que la comparación se pueda hacer bajo otros aspectos; así mismo se descartará la existencia de hielos sobre todo en la solución (B), en la que como hemos visto se

alcanza una latura de 4875 m, que es bastante considerable como para permitir la formación de hielos; descartaremos pues esta posibilidad. En caso de considerar la formación de hielos habría que intervenir en el estudio económico de cada una de las soluciones y la del costo de mantenimiento de la solución (B) para el despeje de hielos.

En cuanto a la zona de roca he de considerar que los volúmenes de este material son proporcionales a las longitudes de suerte que no forman parte preponderante en la decisión entre una u otra solución. Como se sabe este material es lo más costoso en trabajos de carreteras y su abundancia en una ruta puede obligar a tener que adoptar la determinación de abandonarla debido al alto costo de construcción que representa.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS SOLUCIONES (A) Y (B)

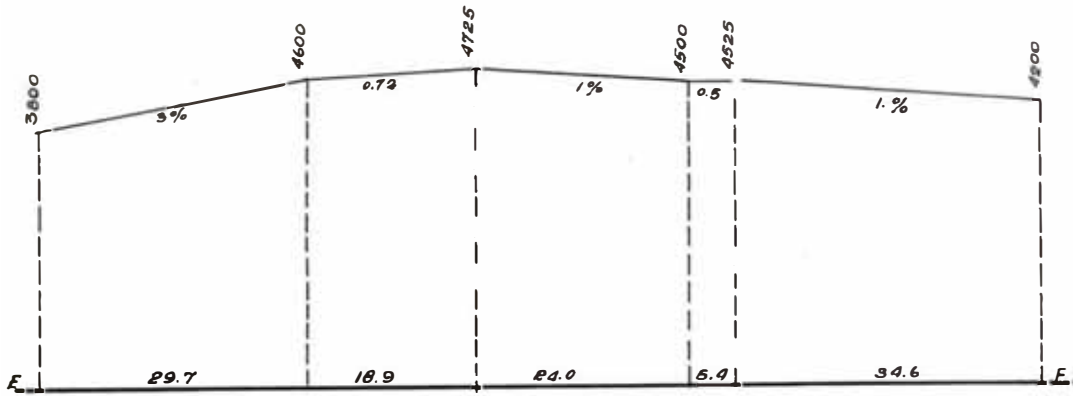
RUTA	LONGITUD	PENDIENTES MEDIAS.	MAYOR ALTURA ALCANZADA	PASOS DE CURSOS DE AGUA.	OBRAS ESPEC.
Solucion (A)	95.200 k	max - 3% min -0.54%	4,725 m	18	
Solución (B)	78.600 k	max 3% min 0.55%	4,875 m	13	

NOTA.- Las longitudes son totales no así el número de cruces de los cursos de agua que sólo se ha considerado de la parte variable ( Es decir no considerando la parte común de los trazos ).

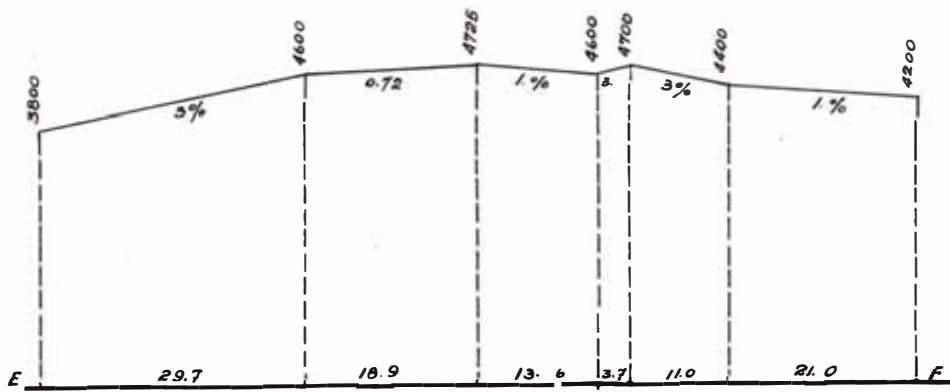
Con lo expuesto hasta aquí concluiremos en que la solución principal es la (B) por todas las ventajas que presenta según lo mostrado anteriormente; aun, cuando considero que la altura es factor que tiene gran importancia en el estudio de carreteras, ya que afecta tanto fisiológicamente al individuo como que atenta en el rendimiento del vehículo.

Dejando establecido la consideración del inconveniente debido a la altura propongo la solución (B) para unir los puntos E y F por tratarse de un trazo en terreno de condiciones bastante favorables.

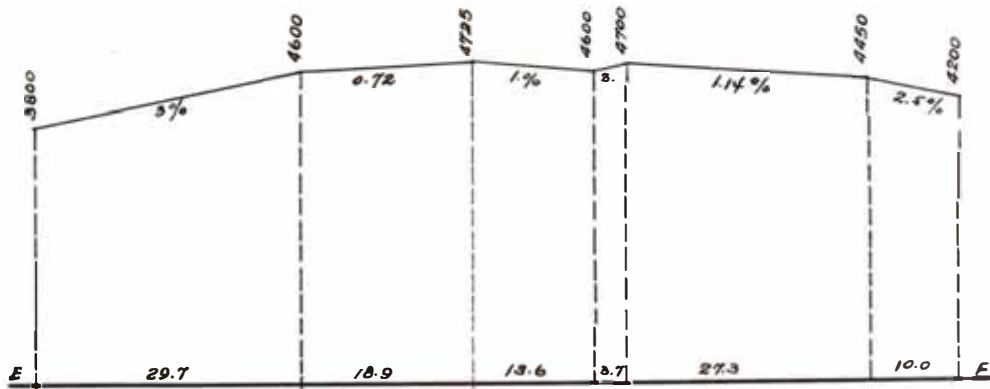
Perfil N°1



Perfil N°2



Perfil N°3

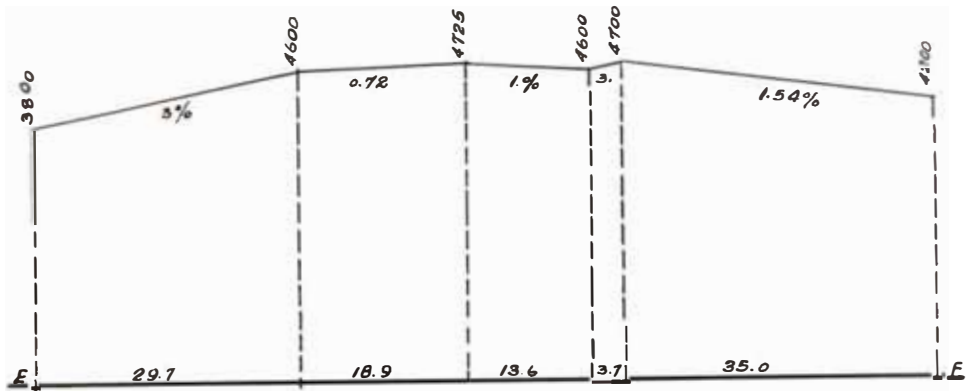


PERFILES LONGITUDINALES

Reconocimiento de Ruta



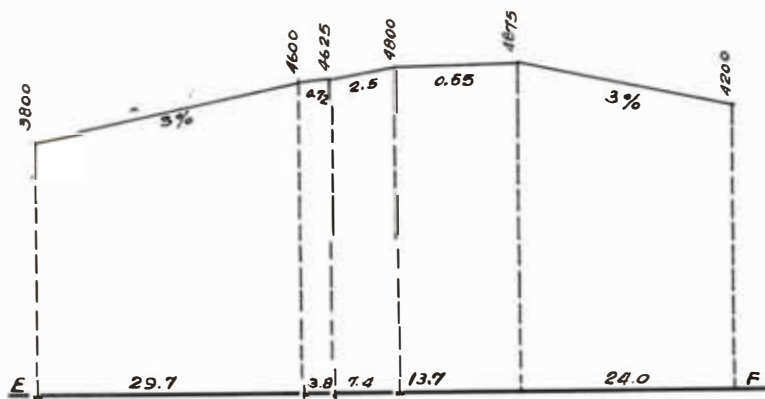
Perfil N°4



Perfil N°5



Perfil N°6



PERFILES LONGITUDINALES

Reconocimiento de Ruta.

## CAPITULO II

### TRAZO DEFINITIVO

1.- **GENERALIDADES SOBRE EL TRAZO.**- Según las especificaciones corresponde hacer el trazo definitivo entre los puntos: -26- iniciación del trazo y el punto -25- punto donde finaliza el trazo. En estos puntos y para los efectos de la ejecución del proyecto se supone la existencia en cada uno de ellos de una población o de un centro minero.

La manera de operar en el presente proyecto será la de ejecutar totalmente trabajo de gabinete sobre el plano dado a escala de 1:2000; para ello conocemos el método general, que consiste en llevar la línea de gradiente auxiliándose del compás y luego rectificarla convenientemente, enlazando las tangentes mediante curvas de radio apropiado, y sacar perfiles longitudinales y secciones transversales. Debemos hacer notar que en algunos casos existen discrepancias con la realidad en lo que respecta especialmente a secciones transversales; así muchas veces no son consideradas obras especiales como pequeños muros de contención en sitios en los que aparentemente no se necesitan, obras estas que ocupan el renglón de imprevistos del presupuesto general.

2.- **VISION GENERAL DEL PLANO.**- De la observación del plano se deduce que estamos en un terreno accidentado, contamos con la presencia de un río cuya cota sobre el plano tomado como referencia es de 920m en promedio. Notamos varias quebradas con cursos de agua permanente y que concurren hacia el río colaborando de esta manera al aumento de caudal en este.

En particular la zona en la cual corresponde trabajar es la comprendida entre los puntos -26- y el punto -25- situados en las orillas opuestas del río. El punto -26- a considerable distancia del río y con una cota de 1090 m. y el punto -25- ubicado en las proximidades de la ribera y con cota de 910 m.

El trazo pues ha de ser llevado de manera de salvar toda la diferencia de nivel hasta el río y de ahí atravesarlo mediante un puente y alcanzar el punto -25-.

Saliendo del punto -26- existen 2 posibilidades en cuanto a la orientación del trazo, bien se podría orientar este directamente con rumbo al punto -25- en cuyo caso habría que aprovechar al máximo las

pendientes límites admitidas por las "NORMAS PERUANAS", evitando así el tener que efectuar algunos desarrollos, dada la circunstancia de que debemos salvar la considerable diferencia de nivel de más o menos 190 m. La otra posibilidad existente es la de iniciar el trazo en sentido contrario al que señala la dirección 26-25; esto lo haríamos con el fin de ir descontando altura ya que estamos intentando un desarrollo. Esta posibilidad supone el cruce inmediato de un curso de agua y luego la determinación de una vuelta de lazo para poder dirigirnos hacia el punto de llegada y en consecuencia atravesar nuevamente el citado curso de agua. Todo esto trae consigo dificultades porque estamos aumentando dos obras de arte, entrando además innecesariamente en terreno accidentado; en vista de que tenemos mejores perspectivas con la primera solución, desechamos esta última por considerarla poco apropiada. En estas condiciones iniciamos el trazo de las líneas de pendiente.

3.- LINEAS DE PENDIENTE.- SOLUCIONES PRELIMINARES.- El primer paso ha sido llevar líneas de pendientes, utilizando pendientes medias máximas en lo posible, ya que en el momento de rectificar el trazo del eje han de ocurrir acortamientos de longitud con respecto de las líneas de gradiente. Llevamos la línea tomando longitudes  $E/i\%$  comprendidas entre dos curvas consecutivas; siendo E la equidistancia entre las curvas de nivel e i la pendiente deseada expresada en porcentaje.

Las mayores dificultades en estos tanteos preliminares se han presentado en la parte inicial ya que más o menos a una distancia comprendida entre los 200 y 350 primeros metros el terreno se presenta un tanto quebrado siendo necesario salvarlos mediante considerables movimientos de tierra. Seguidamente nos encontramos con una quebrada, en esta parte del trazo los alinamientos resultan formando ángulos bastante agudos, representando de este modo el accidente topográfico por salvar. En esta parte se ha sacrificado la solución técnica en beneficio de la solución económica que consiste en un menor movimiento de tierra. En el aspecto técnico se ha tenido que re-

ducir en lo posible el radio de la curva que ha de servir para salvar la quebrada, basándonos en recomendaciones que dan las "NORMAS PERUANAS", al puntualizar, que en caso necesario se puede reducir en 20% la velocidad mínima estipulada para casos como el nuestro, de carreteras de primera clase y en terreno accidentado. Apoyados en esto hemos podido trazar la curva con 35 ms. de radio, ganando con ello un menor movimiento de tierras. Continuamos bien el trazo después de haber salvado el obstáculo que nos ofrecía pasar la quebrada y tenemos un trazo de condiciones aceptables por espacio de unos 500 ms. hasta que se nos vuelve a presentar un problema igual al anterior, al tener frente a nosotros otra quebrada en la que optamos por dar la misma solución anterior. Avanzando no se presenta mayor obstáculo por espacio de 900ms. más o menos para en seguida encontrarnos con una quebrada de condiciones más favorables que las anteriores, ya que es menos profunda, optamos entonces ya que las circunstancias así lo permiten atravesar esta quebrada mediante un tramo recto.

Más adelante podemos continuar sin dificultad y siempre recorriendo la ladera en un tramo de aproximadamente de 700 ms.; en estas condiciones nos situamos ya a la altura del punto -25-, lo cual nos indica que debemos enrumbar hacia él. Viene entonces el problema de dar la vuelta en el punto donde nos hemos quedado al llevar la línea de gradiente, una solución si lo hubiera permitido la extensión del plano, hubiera sido, la de continuar bajando por la ladera hasta un tramo menos accidentado y situar allí una curva bastante amplia que permitiese luego poner dirección hacia el punto 25; dada la limitación que ofrece el plano ha obligado al problema<sup>de</sup> ubicar una vuelta de lazo, para lo cual se ha tomado menor pendiente, para así, obtener un trazo aceptable y pasar la curva con pendiente moderada. Hecho esto, entramos en la etapa final y que tiene la particularidad de tener que atravesar el río. El primer tanteo para el acceso hacia el puente fué el de entrar con una pendiente muy fuerte y en tramo recto y prolongado hasta llegar a él, atravesar el río con un puen-

ducir en lo posible el radio de la curva que ha de servir para salvar la quebrada, basándonos en recomendaciones que dan las "NORMAS PERUANAS", al puntualizar, que en caso necesario se puede reducir en 20% la velocidad mínima estipulada para casos como el nuestro, de carreteras de primera clase y en terreno accidentado. Apoyados en esto hemos podido trazar la curva con 35 ms. de radio, ganando con ello un menor movimiento de tierras. Continuamos bien el trazo después de haber salvado el obstáculo que nos ofrecía pasar la quebrada y tenemos un trazo de condiciones aceptables por espacio de unos 500 ms. hasta que se nos vuelve a presentar un problema igual al anterior, al tener frente a nosotros otra quebrada en la que optamos por dar la misma solución anterior. Avanzando no se presenta mayor obstáculo por espacio de 900ms. más o menos para en seguida encontrarnos con una quebrada de condiciones más favorables que las anteriores, ya que es menos profunda, optamos entonces ya que las circunstancias así lo permiten atravesar esta quebrada mediante un tramo recto.

Más adelante podemos continuar sin dificultad y siempre recorriendo la ladera en un tramo de aproximadamente de 700 ms.; en estas condiciones nos situamos ya a la altura del punto -25-, lo cual nos indica que debemos enrumbar hacia él. Viene entonces el problema de dar la vuelta en el punto donde nos hemos quedado al llevar la línea de gradiente, una solución si lo hubiera permitido la extensión del plano, hubiera sido, la de continuar bajando por la ladera hasta un tramo menos accidentado y situar allí una curva bastante amplia que permitiese luego poner dirección hacia el punto 25; dada la limitación que ofrece el plano ha obligado al problema<sup>de</sup> ubicar una vuelta de lazo, para lo cual se ha tomado menor pendiente, para así, obtener un trazo aceptable y pasar la curva con pendiente moderada. Hecho esto, entramos en la etapa final y que tiene la particularidad de tener que atravesar el río. El primer tanteo para el acceso hacia el puente fué el de entrar con una pendiente muy fuerte y en tramo recto y prolongado hasta llegar a él, atravesar el río con un puen-

te perpendicular a la corriente y luego en la otra orilla mediante una curva amplia alcanzar el punto \*25-, o sea que esta solución tenía por un lado la ventaja de entrar al puente con una tangente bastante grande; también la ventaja de hacer el puente perpendicular a la corriente acortando de esta manera la luz del puente; pero en su contra habría que usar la pendiente máxima a la entrada del puente y además teníamos una longitud en la orilla opuesta a partir de la ribera hasta el punto -25- de 230 ms. más o menos.

Otra solución fue la de desarrollar un poco hacia este lado del río y luego atravesar el río oblicuamente y de frente unir hacia el punto -25- en trazo recto; con esta solución la única desventaja estriba en el hecho de tener rellenos bastante considerables a favor de tener un magnífico acceso al puente en **ambos** sentidos, amplia visibilidad y pendiente por debajo de la límite. Finalmente he optado por esta solución que es la más acertada.

4.- UBICACION DE TANGENTES Y CURVAS.- La ubicación de las tangentes ha sido obtenido rectificando la línea de pendiente trazada, tratando en lo posible siempre de seguir lo más próximo a los puntos que constituyen la línea de pendiente. Luego de haber obtenido todos los trazos rectos y tener así mismo los puntos de intersección de las tangentes, he procedido a enlazar los alineamientos rectos mediante curvas.

Las "NORMAS PERUANAS" nos fijan un radio mínimo para las carreteras de primer orden y en topografía accidentada - que es nuestro caso - en 56 ms.; si bien en la mayor parte de las curvas se ha observado esta reglamentación no así en lo que respecta al paso de las quebradas comprendidas en el primer kilómetro una de ellas y la otra en el kilómetro 1 y 2, tampoco en la curva de la vuelta de lazo; estos pasajes se ha hecho con curvas de un radio que es el resultado de aplicar la recomendación que da las "NORMAS PERUANAS" al indicar que en casos extremos se podrá rebajar la velocidad directriz mínima en 20% de su valor, lo que da :

	velocidad directriz:	45 km.p. hora
20% de la	" "	9 "
	Velocidad aceptable:	36 km.p. hora



Lo que nos dá un valor para  $r \approx 35$  ms. ( según gráfico de N. P. )  
Es así pues que hemos empleado en curvas de 35 ms. de radio en las que  
bradas y en la curva de volteo ~~un~~ radio de 38 ms.

, A parte de estas eventualidades no hay otras que mencionar.

Otra característica importante de este trazo definitivo es lo  
que respecta al número de curvas que se han conseguido y son en total  
17 y en una distancia de 3845 ms.

El trazo en su desarrollo atraviesa en 3 oportunidades cursos  
de agua que poseen alcantarillas como obras de arte y además en una el  
río para el cual se requiere la construcción de un puente de 40 ms.

### CALCULO DE LAS CURVAS

CURVA	RADIO	α I	OBSERVAC.
N° 1	60 m/s	65°00'	
2	60	113°00'	
3	70	27°00'	
4	35	125°00'	
5	70	20°30'	
6	60	109°00'	
7	35	143°00'	
8	60	104°00'	
9	70	22°00'	
10	120	27°30'	
11	80	40°30'	
12	70	39°30'	
13	150	12°00'	
14	60	49°30'	
15	38	209°00'	
16	67	191°00'	
17	70	95°30'	

ESTACAS		OBSERVACIONES
KM 0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14	<u>C N°1 I</u>	$PI_1 = 18 + 05.00$
PC <sub>1</sub> 14+6.80	$I = 65^\circ$	$(-)$ 3 + 8.20
16	$R = 60m$	<hr/>
18	$T = 60 \cdot 0.63707 = 38.2$	$PC_1 = 14 + 06.80$
E <sub>1</sub> 18+0.80	$E = 60 \cdot 0.18569 = 11.12$	$(+)$ 3 + 4.00
20	$L = 60 \cdot 1.13446 = 68.$	<hr/>
PT <sub>1</sub> 21+4.80		$E_1 = 18 + 0.80$
22		$(-)$ 3 + 4.00
24		<hr/>
PC <sub>2</sub> 25+6.30	<u>C N°2</u>	$PI_2 = 34 + 07.00$
26	$I_2 = 113^\circ$	$(-)$ 9 + 00.70
28	$R_2 = 60m.$	<hr/>
30	$T_2 = 60 \cdot 1.51084 = 90.7$	$PC_2 = 25 + 6.30$
E <sub>2</sub> 31+5.45	$E_2 = 60 \cdot 0.81180 = 48.7$	$(+)$ 5 + 9.15
32	$L_2 = 60 \cdot 1.97222 = 118.90$	<hr/>
34		$E_2 = 31 + 5.45$
36		$(+)$ 5 + 9.15
PT <sub>2</sub> 37+4.60		<hr/>
38		$PT_2 = 37 + 4.60$
40		
42		

ESTACAS			OBSERVACIONES
	44		CN°3 D
PC <sub>3</sub>	44+1.00		PI <sub>3</sub> = 45+7.80
E <sub>3</sub>	45+7.50		(-) 1+6.80
	46		PC <sub>3</sub> = 44+1.00
PT <sub>3</sub>	47+4.00	I <sub>3</sub> = 27°	(+) 1+6.50
	48	R <sub>3</sub> = 70 m	E = 45+7.50
	50	T <sub>3</sub> = 70 × 0.24008 = 16.8	(-) 1+6.50
	52	E <sub>3</sub> = 70 × 0.02842 = 2.02	PI <sub>3</sub> = 47+4.00
	52	L <sub>3</sub> = 70 × 0.4724 = 33	
PC <sub>4</sub>	52+6.80		CN°4 D
	54		PI <sub>4</sub> = 59+4.00
	56	I <sub>4</sub> = 125°	(-) 6+7.20
	56	R <sub>4</sub> = 35 m	PC <sub>4</sub> = 52+6.80
E <sub>4</sub>	56+2.90	T <sub>4</sub> = 35 × 1.92098 = 67.2	(+) 3+6.10
	58	E <sub>4</sub> = 35 × 1.16568 = 40.8	E <sub>4</sub> = 56+2.90
PT <sub>4</sub>	59+9.00	L <sub>4</sub> = 35 × 2.180 = 77.2	(+) 3+6.10
	60		PI <sub>4</sub> = 59+9.00
	62		
	64		
	66		
	68		CN°5 I
	70	I <sub>5</sub> = 20°30'	PI <sub>5</sub> = 72+6.00
	70	R <sub>5</sub> = 70 m	(-) 1+2.50
	70	T <sub>5</sub> = 70 × 0.18083 = 12.6	PC <sub>5</sub> = 71+3.40
PC <sub>5</sub>	71+3.40	E <sub>5</sub> = 70 × 0.01622 = 1.135	(+) 1+2.50
	72	L <sub>5</sub> = 70 × 0.8 = 77.0 = 25	E <sub>5</sub> = 72+5.90
E <sub>5</sub>	72+5.90		(+) 1+2.50
PT <sub>5</sub>	73+8.40		PI <sub>5</sub> = 73+8.40
	74		
	76		
	78		
	80		
	82		
	84		
	86		
	88		
	90		
	92		
	94		CN°6 I
	95	I <sub>6</sub> = 109°	PI <sub>6</sub> = 103+5.80
	95	R <sub>6</sub> = 60	(-) 8+4.00
	95+1.80	T <sub>6</sub> = 60 × 1.40195 = 84.0	PC <sub>6</sub> = 95+1.80
	96	E <sub>6</sub> = 60 × 0.72206 = 43.3	(+) 5+7.00
	96	L <sub>6</sub> = 60 × 1.90241 = 114.0	E <sub>6</sub> = 100+8.80
	98		(+) 5+7.00
	98		PI <sub>6</sub> = 106+5.80
	KM. 1		

C N°7 D

$$I_7 = 143^\circ$$

$$R = 35 \text{ m}$$

$$T_7 = 2.98868 \times 35 = 104.6$$

$$E_7 = 2.15154 \times 35 = 75.3$$

$$L_7 = 2.5 \times 35 = 87.5$$

$$PI_7 \quad 21+6.00$$

$$- \quad 10+4.60$$


---


$$PC_7 \quad 11+1.40$$

$$+ \quad 4+3.75$$


---


$$E_7 \quad 15+5.15$$

$$+ \quad 4+3.75$$


---


$$PT_7 \quad 19+8.90$$

C N°8 I

$$I_8 = 104^\circ$$

$$R_8 = 60 \text{ m}$$

$$T_8 = 1.27994 \times 60 = 76.8$$

$$E_8 = 0.62427 \times 60 = 37.5$$

$$L_8 = 1.81514 \times 60 = 108$$

$$PI_8 \quad 36+0.00$$

$$- \quad 7+6.80$$


---


$$PC_8 \quad 28+3.20$$

$$+ \quad 5+4.00$$


---


$$E_8 \quad 33+7.20$$

$$+ \quad 5+4.00$$


---


$$PT_8 \quad 39+1.20$$

C N°9 D

$$I_9 = 22^\circ$$

$$R_9 = 70 \text{ m}$$

$$T_9 = 0.19438 \times 70 = 13.6$$

$$E_9 = 0.01872 \times 70 = 1.31$$

$$L_9 = 0.38397 \times 70 = 26.80$$

$$PI_9 \quad 45+5.00$$

$$- \quad 1+3.60$$


---


$$PC_9 \quad 44+1.40$$

$$+ \quad 1+3.40$$


---


$$E \quad 45+4.80$$

$$+ \quad 1+3.40$$


---


$$PT_9 \quad 46+8.20$$

C N°10 D

$$I_{10} = 27^\circ 30'$$

$$R_{10} = 120 \text{ m}$$

$$T = 0.24470 \times 120 = 29.4$$

$$E = 0.02950 \times 120 = 3.54$$

$$L = 0.47997 \times 120 = 57.5$$

$$PI_{10} \quad 74+8.00$$

$$- \quad 2+9.40$$


---


$$PC_{10} \quad 71+8.60$$

$$+ \quad 2+8.75$$


---


$$E \quad 74+7.35$$

$$+ \quad 2+8.75$$


---


$$PT_{10} \quad 77+6.10$$

C N°11 I

$$I_{11} = 40^\circ 30'$$

$$R_{11} = 80 \text{ m}$$

$$T = 0.36892 \times 80 = 29.5$$

$$E = 0.06588 \times 80 = 5.26$$

$$L = 0.70686 \times 80 = 56.6$$

$$PI_{11} \quad 97+1.00$$

$$- \quad 2+9.50$$


---


$$PC_{11} \quad 94+1.50$$

$$+ \quad 2+8.30$$


---


$$E_{11} \quad 96+9.80$$

$$+ \quad 2+8.30$$


---


$$PT_{11} \quad 99+8.10$$

C N°12 D

$$I_{12} = 39^\circ 30'$$

$$R = 70 \text{ m}$$

$$T = 0.35904 \times 70 = 25.1$$

$$E = 0.06250 \times 70 = 4.37$$

$$L = 0.68941 \times 70 = 48.2$$

$$PI_{12} \quad 22+4.00$$

$$- \quad 2+5.10$$


---


$$PC_{12} \quad 19+8.90$$

$$+ \quad 2+4.10$$


---


$$E_{12} \quad 22+3.00$$

$$+ \quad 2+4.10$$


---


$$PT_{12} \quad 24+7.10$$

C N°13 D

$$I_3 = 12^\circ$$

$$R_{13} = 150 \text{ m}$$

$$T_{13} = 0.10510 \times 150 = 15.80$$

$$E = 0.00551 \times 150 = 0.826$$

$$L = 0.20944 \times 150 = 31.4$$

$$PI_{13} \quad 32 + 3.00$$

$$\quad - \quad 1 + 5.80$$


---


$$PC_{13} \quad 30 + 7.20$$

$$\quad + \quad 1 + 5.70$$


---


$$E_{13} \quad 32 + 2.90$$

$$\quad + \quad 1 + 5.70$$


---


$$PT_{13} \quad 33 + 8.60$$

C N°14 I

$$I_4 = 49^\circ 30'$$

$$R_{14} = 60 \text{ m}$$

$$T_{14} = 0.06101 \times 60 = 27.60$$

$$E_{14} = 0.10115 \times 60 = 6.07$$

$$L_{14} = 0.86392 \times 60 = 51.8$$

$$PI_{14} \quad 55 + 6.00$$

$$\quad - \quad 2 + 7.60$$


---


$$PC_{14} \quad 52 + 8.40$$

$$\quad + \quad 2 + 5.90$$


---


$$E_{14} \quad 55 + 4.30$$

$$\quad + \quad 2 + 5.90$$


---


$$PT_{14} \quad 58 + 0.20$$

C N°15 D

$$I_{15} = 151^\circ$$

$$R = 38 \text{ m}$$

$$PC_{15} \quad 62 + 3.70$$

$$\quad + \quad 6 + 9.20$$


---


$$E \quad 69 + 2.90$$

$$\quad + \quad 6 + 9.20$$


---


$$PT_{15} \quad 76 + 2.10$$

C N°16 I

$$I = 191^\circ$$

$$R = 67 \text{ m}$$

$$PC_{16} \quad 13 + 7.00$$

$$\quad + \quad 11 + 1.50$$


---


$$E \quad 24 + 8.50$$

$$\quad + \quad 11 + 1.50$$


---


$$PT_{16} \quad 36 + 0.00$$

C N°17 D

$$I = 95^\circ 30'$$

$$R = 70 \text{ m}$$

$$T = 1.10091 \times 70 = 77$$

$$E = 0.48728 \times 70 = 35.10$$

$$L_{17} = 1.66679 \times 70 = 116.50$$

$$PI_{17} \quad 54 + 8.00$$

$$\quad - \quad 7 + 7.00$$


---


$$PC \quad 47 + 1.00$$

$$\quad + \quad 5 + 8.25$$


---


$$E \quad 52 + 9.25$$

$$\quad + \quad 5 + 8.25$$


---


$$PT_{17} \quad 58 + 7.50$$

## 5.- CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA VIA.-

a).- ~~VELOCIDAD DIRECTRIZ.~~- La velocidad directriz está supeditada a la clase de carretera y a la topografía de la zona que se atraviesa.

En nuestro caso las "NORMAS PERUANAS" nos señalan:

Carretera de Primera Clase	Velocidad directriz 45 km.p.h.
Topografía Accidentada	

Como caso excepcional en el trazo nos vemos obligados a reducir la velocidad para así poder dar menos radio a las curvas; es decir, menor que el radio mínimo fijado por las "NORMAS PERUANAS". La reducción de velocidad se hace de acuerdo con las normas que recomiendan que la velocidad se puede reducir en 20% de la velocidad mínima; o sea:

$$V_1 = 45 - 45 \times 0.20 = 45 - 9 = 36 \text{ km.p.hora.}$$

Luego usaremos:

En condiciones normales:  $V_{\min} = 45 \text{ km.p.h.}$

Excepcionalmente :  $V_1 = 36 \text{ km.p.h.}$

b) RADIO EN CURVAS HORIZONTALES.- Al igual que la velocidad los radios están de acuerdo a la clase de carretera y topografía del terreno. Las "NORMAS PERUANAS" dan:

Carretera de Primera Clase	Radio mínimo 56 m.
Topografía Accidentada	

Como hemos hecho reducción de velocidad, los radios se podrán reducir también de acuerdo a la fórmula:

$$R = \frac{v^2}{128 ( p \pm f )}$$

Donde:

V: velocidad en km.p.h.

p: peralte en centésimos

f: coeficiente de fricción: 1 : 1.4  $\sqrt[3]{v}$

Como podemos establecer velocidades hasta de 36 km.p.h. y peralte de la curva según las normas consideramos 8%; reemplazando en la fórmula anterior obtenemos:

$$R = 34 \text{ ms.}$$



Utilizando los abacos que aparecen en las "NORMAS PERUANAS" obtenemos:

$$R_{\min} = 33.5 \text{ ms.}$$

En condiciones normales:  $R_{\min} = 56 \text{ m.}$

Excepcionalmente:  $R = 34 \text{ m.}$

c).- **PERALTE.**- La determinación del peralte para una curva dada se puede hacer mediante la fórmula práctica:

$$p = \frac{v^2}{2.28 R}$$

Emplearemos para mayor facilidad el gráfico No 3 de las "NORMAS PERUANAS" el que nos da lo siguiente:

RADIO	VELOCIDAD	PERALTE
70	45	13%
60	45	>13%
36	35	>13%

Pero adoptaremos el peralte máximo aconsejado en las "NORMAS PERUANAS":

Conclusión: Peralte máximo: 8%

d).- **RAMPA DEL PERALTE.**- Para la rampa de peralte se adoptarán longitudes variables desde 50 veces el peralte hasta 100 veces el mismo.

Conclusión: Rampa 50 a 100 veces el peralte

e).- **VISIBILIDAD EN TANGENTES.**- La distancia de visibilidad en tangentes la obtenemos por aplicación de la fórmula:

$$d_v = \frac{v}{1.8} + 4 \sqrt{a \left( \frac{v^2}{3.6^2 g \mu_t} + \frac{a}{4} \right)}$$

donde:

V: velocidad en km.p.h.

a: medio ancho del camino

g: gravedad

$\mu_t$ : Coef. de rozamiento transversal entre el vehículo y el firme

Adoptamos la distancia de frenado dada en las "NORMAS PERUANAS" para velocidades directrices de 45 km.p.h.

Conclusión:  $D_f = 52 \text{ m.}$

f).- VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.- Analizaremos sólo la visibilidad en las curvas que corresponden al primer kilómetro en estudio y dentro de estas las de condiciones más desfavorables como son los números 1,2 y 6. El problema se reduce al cálculo de la banqueta de visibilidad, situada a una altura de 1.30 m.

CURVA No	RADIO	ANGULO	DISTANCIA $\overline{ab}$ A 1.30 DEL SUELO
1	60	65°	7.8
2	60	113°	7.3
6	60	109°	7.7

La determinación de la curva de despeje se ha efectuado por el método gráfico práctico y se muestra en la lámina adjunta ( pag. 19 )

g).- CURVAS DE TRANSICION.- La longitud de las curvas de transición hallaremos aplicando la fórmula:  $L = \frac{V^3}{cR}$

$$L_1 = \frac{45^3}{70 \times 60} = 21.7 \text{ m} \quad L_4 = \frac{45^3}{70 \times 35} = 37.2 \text{ m.}$$

$$L_2 = \frac{45^3}{70 \times 60} = 21.7 \text{ m.} \quad L_5 = \frac{45^3}{70 \times 70} = 18.6 \text{ m.}$$

$$L_3 = \frac{45^3}{70 \times 70} = 18.6 \text{ m.} \quad L_6 = \frac{45^3}{70 \times 60} = 21.7 \text{ m.}$$

Vemos que todos los valores de las longitudes son menores de 40 ms. y por lo tanto no es necesario intercalar curvas de transición.

h).- PENDIENTES.- Según las "NORMAS PERUANAS" tenemos:

Carreteras de Primera Clase:

De 000 á 1000 m. .... 6% máx.

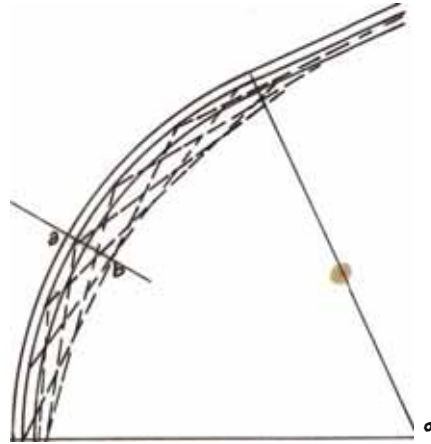
" 1000 á 2000 m....5.60% máx.

i).- CURVAS VERTICALES.- En el tramo correspondiente al kilómetro (1) no se presenta problema de colocar curvas verticales, ya que tenemos pendiente uniforme.

En el resto del trazo sólo se ha indicado la existencia de curvas verticales.

j).- ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA.- De acuerdo a las normas se ha adoptado 6 ms. de superficie de rodadura.

VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

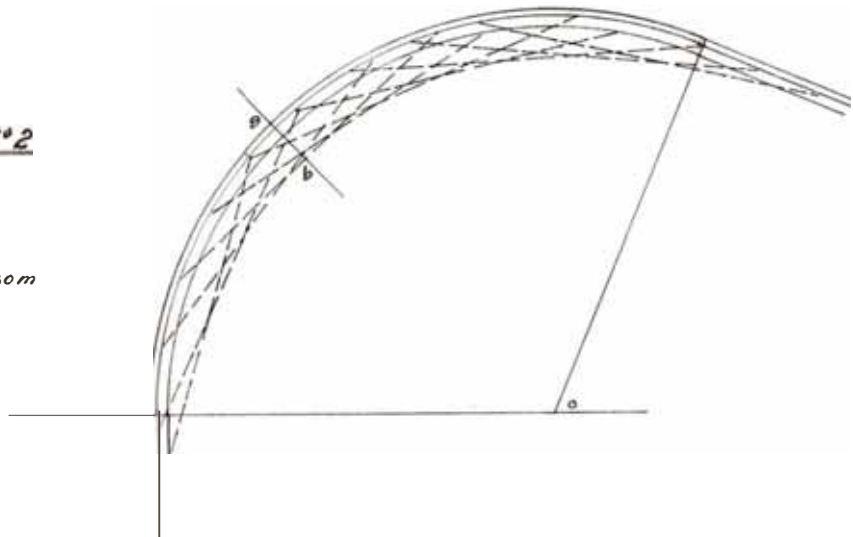


CURVA N°1

$R = 60 \text{ m}$   
 $\Delta^\circ = 65^\circ$   
 $d_v = 52 \text{ m}$   
 $ab = 7.80 \text{ m}$

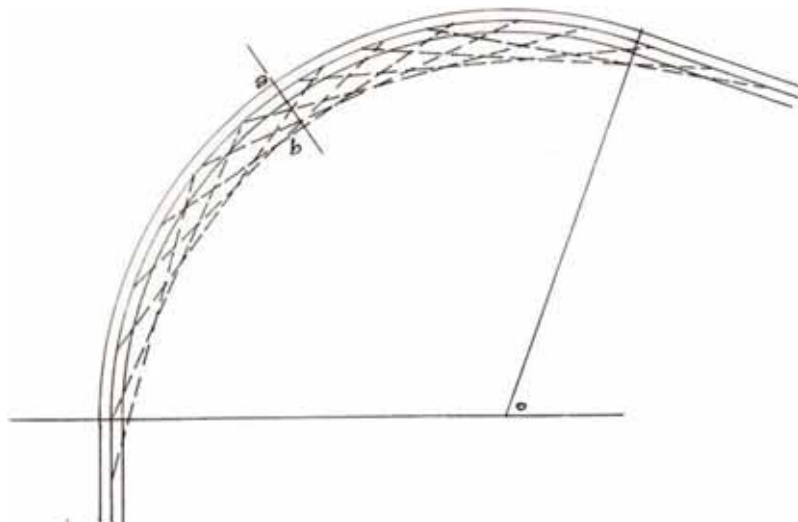
CURVA N°2

$R = 60 \text{ m}$   
 $\Delta^\circ = 113^\circ$   
 $d_v = 52 \text{ m}$   
 $ab = 7.30 \text{ m}$



CURVA N°6

$R = 60 \text{ m}$   
 $\Delta^\circ = 109^\circ$   
 $d_v = 52 \text{ m}$   
 $ab = 7.70 \text{ m}$



k).- DERECHO DE VIA.- Según la normas se tomará 20 m. o sea 10 ms. a cada lado del eje.

l).- BOMBEO DEL FIRME.- Bombeo único según las "NORMAS PERUANAS" 2%.

ll).- BERMAS.- Recomendada por las Normas diseñaremos con bermas de 0.50 m. ( Carretera de primera clase y topografía accidentada ).

m).- CUNETAS.- Se diseñarán cunetas de sección triangular

Zona de Sierra.- Profundidad ..... 0.30 m.

Ancho ..... 0.50 m.

n).- TALUDES.- De acuerdo a los materiales sueltos y roca que tenemos en el trazo, usaremos:

TERRENO	CORTE		RELLENO	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
Roca	10	1	1	1
Mat. Suelt.	1	1	1	1 1/2

o).- SOBREANCHO.- Los sobreanchos se calculan de acuerdo a la fórmula:

$$S = \left[ n ( R - \sqrt{R^2 - L^2} ) \right] \cdot \frac{V}{10 \sqrt{R}}$$

El gráfico No 4 de las "NORMAS PERUANAS" simplifican el tener que aplicar las fórmulas; así obtenemos los siguientes valores:

CURVA No	RADIO	VELOCIDAD	SOBREANCHO
1	60	45	1.20 m.
2	60	45	1.20 m.
3	70	45	1.10 m.
4	35	36	1.70 m.
5	70	45	1.20 m.
6	60	45	1.20 m.

COTAS DEL PERFIL LONGITUDINAL  
DEL PLANO OBTENEMOS LAS COTAS DEL TERRENO EN CADA ESTACA

Est. 2	Cota --- 1090.	KM 1 --- Cota --- 1037.0	KM 2 --- Cota --- 983.5	KM 3 --- Cota --- 930.0	
4	89.8	86.0	81.3	29.2	
6	88.4	85.0	76.0	30.0	
8	87.2	84.2	68.0	32.0	
10	86.0	84.2	79.0	32.0	
12	86.0	84.0	84.0	30.0	
14	84.4	29.0	83.0	30.0	
16	82.0	21.3	80.0	31.0	
18	81.0	28.0	77.0	31.0	
20	82.0	28.0	72.0	30.0	
22	81.0	26.0	69.0	30.0	
24	79.0	27.5	66.5	29.2	
26	76.8	25.4	70.0	28.0	
28	71.8	24.0	73.0	26.5	
30	69.6	21.3	70.0	24.0	
32	76.4	19.8	69.0	22.0	
34	76.0	23.0	65.4	20.0	
36	71.2	21.0	63.0	18.0	
38	69.4	17.5	61.0	19.0	
40	70.0	16.4	61.0	18.0	
42	68.8	15.7	59.5	18.0	
44	69.0	14.3	57.5	17.8	
46	68.0	09.0	56.0	16.2	
48	66.0	07.0	54.0	14.0	
50	64.8	13.0	53.0	13.8	
52	63.4	10.0	52.7	14.0	
54	62.0	09.0	52.7	14.0	
56	52.0	11.0	54.0	13.8	
58	56.0	09.0	53.0	12.4	
60	57.0	05.2	52.0	11.0	
62	57.2	03.0	53.0	10.0	
64	57.0	04.0	53.0	909.5	
66	57.8	03.0	53.0	09.0	
68	57.2	999.0	50.0	08.5	
70	56.6	997.0	46.0	08.0	
72	51.4	1002.0	43.0	06.2	
74	52.0	1004.0	39.5	03.7	
76	52.4	1002.3	35.7	02.4	
78	51.0	998.0	33.0	897.0	
80	50.0	997.3	33.0	R10	
82	47.0	98.0	32.0	897.0	
84	47.4	95.0	32.0	901.5	
86	49.0	94.0	33.0	908.0	
88	51.0	93.0	30.0	Est. 84 + 5 --- 910.0	
90	43.6	92.7	33.0		
92	36.5	90.0	35.5		
94	34.8	85.0	36.7		
96	35.0	83.0	36.0		
98	40.0	83.0	34.7		
			32.0		
KM 1 ---	--- 1037.0	KM 2 ---	--- 983.5	KM 3 ---	--- 930.0

TRAZADO COMPLETO DEL PRIMER KILOMETRO

Dadas ya las generalidades y habiéndose descrito el trazo definitivo completo que une los puntos (26) y (25), debemos ocuparnos ahora del estudio completo del primer kilómetro a partir de la iniciación del trazo en el punto (26). Se trazará primeramente el perfil longitudinal para lo que se tomará a cada 20 m del eje, la cota del terreno para llevar luego estos valores sobre las ordenadas del sistema de coordenadas y ubicar los puntos del perfil longitudinal.

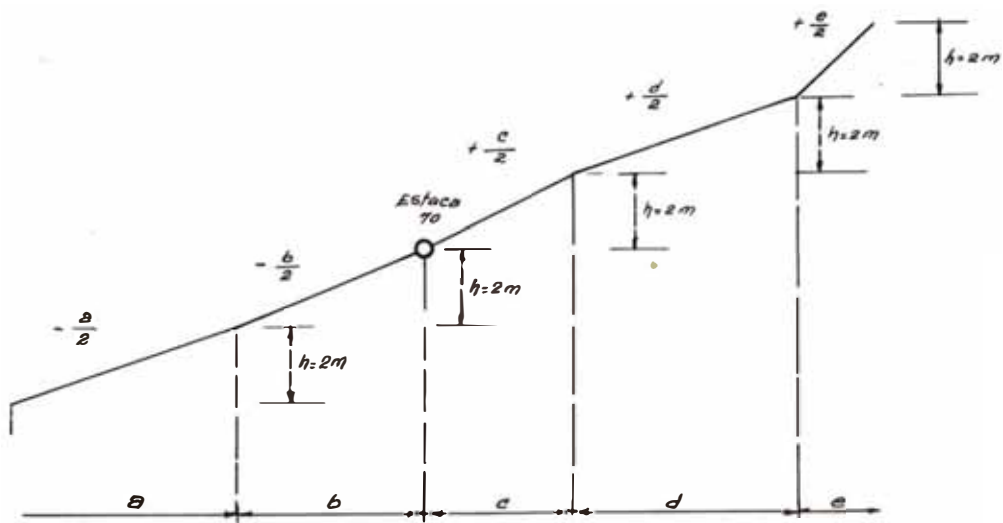
UBICACION DE LA RASANTE.- Obtenido el perfil longitudinal, debemos ubicar la rasante, para lo cual habrá que tener en cuenta la pendiente límite dada por las "NORMAS PERUANAS": que para una altura comprendida entre los 1090 ms. y 1037 ms. sobre el nivel del mar es de 5.6% como límite. Además, debemos observar que, tratándose de que estamos en media ladera es muy inconveniente tener demasiados rellenos es preferible siempre tener cortes moderados; en estas condiciones ha sido posible trazar una rasante evitando en lo posible los rellenos fuertes y la pendiente máxima admisible. Así, obtenemos la cota de la rasante en cada estaca, así como también por adición y diferencia la altura de relleno y de corte respectivamente.

A continuación sacamos secciones transversales para poder apreciar y rectificar en caso necesario la ubicación del eje después de haber colocado en la sección transversal la plataforma del camino y observando si es que guarda la relación conveniente con el perfil longitudinal, en lo que se refiere a la sección ideal o de diseño compensado.

El método seguido para la determinación de las secciones transversales es el siguiente:

Se ha anotado en una hoja de la libreta los valores de las distancias horizontales existente entre 2 puntos de una sección considerada. Luego se anota el valor de la diferencia de pendiente que existe entre ambos puntos considerando el signo negativo para indicar una bajada. Este método ofrece la ventaja de poder hacer la simplificación ya que conocemos la equidistancia entre curva y curva que es de 2 m. y luego bastará medir la distancia horizontal sobre la perpendicular al

ILUSTRACION PARA SACAR LAS  
SECCIONES TRANSVERSALES





COTAS DE LA RASANTE EN CADA ESTACA

PENDIENTE UNIFORME: 5.3%

Cota de la rasante en la estaca de partida (Punto 26)	-----	1090.00
menos diferencia de nivel		- 1.06
Cota de la rasante en la estaca 2		1088.94
menos diferencia de nivel		- 1.06
Cota de la rasante en la estaca 4		1087.88
		- 1.06
"	"	1086.82
		- 1.06
"	"	1085.76
		- 1.06
"	"	1084.70
		- 1.06
"	"	1083.64
		- 1.06
"	"	1082.58
		- 1.06
"	"	1081.52
		- 1.06
"	"	1080.46
		- 1.06
"	"	1079.40
		- 1.06
"	"	1078.34
		- 1.06
"	"	1077.28
		- 1.06
"	"	1076.22
		- 1.06
"	"	1075.16
		- 1.06
"	"	1074.10
		- 1.06
"	"	1073.04
		- 1.06
"	"	1071.98
		- 1.06
"	"	1070.92
		- 1.06
"	"	1069.86
		- 1.06
"	"	1068.80
		- 1.06
"	"	1067.74
		- 1.06
"	"	1066.68
		- 1.06
"	"	1065.62
		- 1.06
"	"	1064.56
		- 1.06
"	"	1063.50

<i>Cota de la rasante en la estaca</i>				
			50	1063.50 -1.06
			52	1062.44 -1.06
"	"		54	1061.38 -1.06
"	"		56	1060.32 -1.06
			58	1059.26 -1.06
			60	1058.20 -1.06
			62	1057.14 -1.06
				1056.08 -1.06
"	"	"	66	1055.02 -1.06
"	"		68	1053.96 -1.06
"		"	70	1052.90 -1.06
		"	72	1051.84 -1.06
"	"		74	1050.78 -1.06
"			76	1049.72 -1.06
		"	78	1048.66 -1.06
"	"	"	80	1047.60 -1.06
		"	82	1046.54 -1.06
"			84	1045.48 -1.06
"			86	1044.42 -1.06
"			88	1043.36 -1.06
"				1042.30 -1.06
"		"	92	1041.24 -1.06
"		"	94	1040.18 -1.06
"			96	1039.12 -1.06
"	"	"	98	1038.06 -1.06
"		"	K41	1037.00

FORMA DE LLEVAR LA LIBRETA PARA SECCIONES TRANSVERSALES

ESTACA	OBSERVAC.	Cota	
KM. 0		1090.0	$\frac{20}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{\sqrt{}}{2.0} + 0 - \frac{7}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{22}{2}$
2		1089.8	$\frac{26}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{2}{2} + 0 - \frac{4}{1.8}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{13}{2}$ $\frac{17}{2}$ $\frac{23}{2}$
4		88.4	$\frac{20}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{3}{1.6} + 0 - \frac{7}{2.4}$ $\frac{11}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{24}{2}$
6		87.2	$\frac{20}{2}$ $\frac{13}{2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{2}{0.8} + 0 - \frac{3}{1.2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{22}{2}$
8		86.0	$\frac{22}{2}$ $\frac{17}{2}$ $\frac{12}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{5}{1} + \frac{4}{2} + 0 - \frac{6}{2}$ $\frac{12}{2}$ $\frac{20}{2}$
10		86.0	$\frac{22}{2}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{2}{0.8} + \frac{4}{2} + 0 - \frac{6}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{26}{2}$
12		86.0	$\frac{21}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{6}{2} + 0 - \frac{5}{2.5}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{24}{2}$
14		84.6	$\frac{20}{2}$ $\frac{13}{2}$ $\frac{9}{2}$ $\frac{5}{1.6} + 0 - \frac{1}{2.4}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{24}{2}$
16		82.0	$\frac{20}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{6}{2} + 0 - \frac{6}{2}$ $\frac{11}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{23}{2}$
18		81.0	$\frac{26}{2}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{4}{1} + 0 - \frac{4}{1}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{20}{2}$
20		82.0	$\frac{18}{2}$ $\frac{8}{2} + 0 - \frac{7}{2}$ $\frac{11}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{20}{2}$
22		81.0	$\frac{26}{0}$ $\frac{14}{1} + 0 - \frac{14}{1}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{24}{2}$
24		72.0	$\frac{40}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{2}{1} + 0 - \frac{4}{1}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{32}{2}$
26		76.8	$\frac{40}{2}$ $\frac{12}{1.2} + 0 - \frac{18}{0.8}$ $\frac{24}{2}$
28		71.8	$\frac{20}{2}$ $\frac{4}{0.2} + 0 - \frac{20}{1.8}$
30		69.6	$\frac{26}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{2}{0.4} + 0 - \frac{4.6}{1.6}$ $\frac{20}{2}$
32		76.4	$\frac{24}{2}$ $\frac{12}{1.6} + 0 - \frac{5}{0.4}$ $\frac{25}{2}$
34		76.0	$\frac{6}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{7}{2} + 0 - \frac{6}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{25}{2}$
36		71.2	$\frac{17}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{7}{2}$ $\frac{2}{0.8} + 0 - \frac{4}{1.2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{11}{2}$ $\frac{13}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{20}{2}$
38		62.0	$\frac{15}{2}$ $\frac{12}{2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{5}{2}$ $\frac{2}{0.6} + 0 - \frac{4}{1.2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{19}{2}$
40		70.0	$\frac{20}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{12}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{4}{2} + 0 - \frac{4}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{18}{2}$
42		62.8	$\frac{16}{2}$ $\frac{13}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{3}{1.2} + 0 - \frac{1}{0.8}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{13}{2}$ $\frac{18}{2}$
44		62.0	$\frac{15}{2}$ $\frac{12}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{3}{1} + 0 - \frac{2}{1}$ $\frac{9}{2}$ $\frac{11}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{18}{2}$
46		68.0	$\frac{19}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{13}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{8}{2}$ $\frac{4}{2} + 0 - \frac{6}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{18}{2}$
48		66.0	$\frac{20}{2}$ $\frac{17}{2}$ $\frac{15}{2}$ $\frac{11}{2}$ $\frac{6}{2} + 0 - \frac{6}{2}$ $\frac{9}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{18}{2}$
50		64.8	$\frac{20}{2}$ $\frac{16}{2}$ $\frac{11}{2}$ $\frac{4}{1.2} + 0 - \frac{2}{0.8}$ $\frac{6}{2}$ $\frac{10}{2}$ $\frac{14}{2}$ $\frac{18}{2}$ $\frac{22}{2}$

ESKRA	OBSEKURK.	CO <sup>1</sup> / <sub>2</sub> .	
52		1063.4	$\frac{20}{2} \frac{16}{2} \frac{18}{2} \frac{1}{0.6} + 0 - \frac{4}{1.4} \frac{9}{2} \frac{12}{2} \frac{15}{2} \frac{19}{2}$
54		62.0	$\frac{26}{2} \frac{16}{2} \frac{16}{2} + 0 - \frac{3}{1.1} \frac{6}{2} \frac{10}{2} \frac{13}{2} \frac{15}{2} \frac{18}{2}$
56		52	$\frac{20}{2} \frac{14}{2} \frac{6}{2} + 0 - \frac{6}{1} \frac{12}{2} \frac{18}{2} \frac{26}{2}$
58		56	$\frac{20}{2} \frac{12}{2} \frac{18}{2} + 0 - \frac{5}{1} \frac{8}{2} \frac{15}{2} \frac{21}{2}$
60		57.	$\frac{22}{2} \frac{17}{2} \frac{12}{2} \frac{6}{2} \frac{10}{2} + 0 - \frac{4}{1} \frac{10}{2} \frac{16}{2} \frac{19}{2}$
62		57.2	$\frac{22}{2} \frac{18}{2} \frac{15}{2} \frac{6}{2} \frac{2}{0.8} + 0 - \frac{4}{1.2} \frac{10}{2} \frac{18}{2} \frac{21}{2}$
64		57.0	$\frac{16}{2} \frac{13}{2} \frac{10}{2} \frac{5}{2} \frac{2}{1} + 0 - \frac{2}{1} \frac{10}{2} \frac{19}{2}$
66		57.8	$\frac{19}{2} \frac{15}{2} \frac{12}{2} \frac{9}{2} \frac{4}{2.2} + 0 - \frac{5}{1.8} \frac{11}{2} \frac{20}{2}$
68		57.2	$\frac{16}{2} \frac{9}{2} \frac{4}{2} \frac{1}{0.8} + 0 - \frac{2}{1.2} \frac{10}{2} \frac{18}{2} \frac{20}{2}$
70		56.6	$\frac{27}{2} \frac{11}{2} \frac{6}{2} \frac{2}{1.4} + 0 - \frac{2}{0.6} \frac{6}{2} \frac{11}{2} \frac{15}{2} \frac{18}{2} \frac{22}{2}$
72		51.4	$\frac{14}{2} \frac{12}{2} \frac{9}{2} \frac{6}{2} \frac{4}{2} \frac{2}{0.6} + 0 - \frac{5}{1.4} \frac{8}{2} \frac{14}{2} \frac{30}{2}$
74		52.0	$\frac{18}{2} \frac{14}{2} \frac{12}{2} \frac{7}{2} + 0 - \frac{4}{2} \frac{7}{2} \frac{10}{2} \frac{16}{2} \frac{22}{2}$
76		52.4	$\frac{23}{2} \frac{19}{2} \frac{15}{2} \frac{8}{1.6} + 0 - \frac{2}{0.4} \frac{6}{2} \frac{10}{2} \frac{13}{2} \frac{15}{2} \frac{19}{2}$
78		51.0	$\frac{23}{2} \frac{18}{2} \frac{12}{2} \frac{2}{1} + 0 - \frac{3}{1} \frac{7}{2} \frac{10}{2} \frac{13}{2} \frac{15}{2} \frac{18}{2}$
80		52.0	$\frac{22}{2} \frac{18}{2} \frac{14}{2} \frac{6}{2} + 0 - \frac{3}{2} \frac{6}{2} \frac{10}{2} \frac{13}{2} \frac{17}{2}$
82		47.0	$\frac{19}{2} \frac{13}{2} \frac{9}{2} \frac{6}{2} \frac{2}{1} + 0 - \frac{2}{1} \frac{8}{2} \frac{14}{2} \frac{18}{2} \frac{22}{2}$
84		47.4	$\frac{18}{2} \frac{15}{2} \frac{8}{2} \frac{5}{2.6} + 0 - \frac{4}{1.4} \frac{8}{2} \frac{15}{2} \frac{20}{2}$
86		49.0	$\frac{20}{2} \frac{14}{2} \frac{10}{2} \frac{6}{2} \frac{2}{1} + 0 - \frac{1.0}{1.0} \frac{5}{2} \frac{9}{2} \frac{18}{2} \frac{21}{2}$
88		51.0	Horiz. $\frac{-14}{0.5} + \frac{6}{0.5} \frac{2}{1} + 0 - \frac{3}{1} \frac{6}{2} \frac{12}{2} \frac{17}{2} \frac{24}{2}$
90		43.6	$+ \frac{25}{2} \frac{14}{0.4} + 0 - \frac{20}{1.6}$
92		36.5	$\frac{12}{2} \frac{18}{2} \frac{11}{1.5} + 0 - \frac{20}{0.5}$
94		34.8	$\frac{20}{2} \frac{16}{2} \frac{8}{2} \frac{3}{1.2} + 0 - \frac{1}{0.8} \frac{4}{2} \frac{20}{2}$
96		35.0	$\frac{17}{2} \frac{12}{2} \frac{7}{2} \frac{3}{2} \frac{1}{1} + 0 - \frac{1}{1} \frac{3}{2} \frac{6}{2} \frac{12}{2} \frac{23}{2}$
98		40.0	$\frac{22}{2} \frac{9}{2} \frac{5}{2} + 0 - \frac{2}{2} \frac{5}{2} \frac{11}{2} \frac{14}{2} \frac{20}{2}$
K.M.1		37.0	$\frac{25}{2} \frac{17}{2} \frac{12}{2} \frac{1}{1} + 0 - \frac{2}{1} \frac{16}{2} \frac{22}{2}$

eje en la estaca considerada, de la parte comprendida entre dos curvas de nivel consecutivas. Se da la figura como ilustración (pag. 23).

#### CALCULO DE LAS AREAS.-

Para el cálculo de las áreas tanto de corte como de relleno en cada estaca, se utiliza el método de la descomposición del área total en áreas parciales que correspondan a figuras conocidas, como lo son triángulos o trapecios. De esta manera se anota en cada estaca y en la hoja correspondiente el área de corte y de relleno, para mediante ellas poder calcular los volúmenes de corte y de relleno para las distancias de veinte en veinte metros.

#### CALCULO DE LOS VOLUMENES.-

Teniendo las hojas en las que se indica el área de corte y de relleno en cada estaca, procederemos a calcular los volúmenes de corte y de relleno correspondientes a tramos de veinte metros; es decir para tramos comprendidos de estaca a estaca. Para esto aplicamos el método práctico que consiste en lo siguiente: emplear la fórmula del área media en casos de que se pase de corte a corte o de relleno a relleno, y en casos de paso de corte a relleno o viceversa se toma la mitad de la distancia por la mitad del área respectiva; esto es:

$$\text{De corte a corte} \quad V = \frac{S + S'}{2} \times D$$

Para  $D = 20$  mts.

$$V = S + S' \times 10$$

$$V = S + S' \times 10$$

De relleno a relleno

$$V = \frac{S + S'}{2} \times D$$

De corte a relleno  
y

$$V = \frac{D}{2} \times \frac{S + S'}{2}$$

de relleno a corte

Pasamos luego al pliego de cubicación.

HOJA DE METRADO N°1

Estad.	Dist.	AREAS m <sup>2</sup>		VOLUMENES en m <sup>3</sup>						
		Relleno	Corte	Total		CLASIFICADO				
				Relleno	Corte	Relleno propio	Relleno Prestamo	Mat. Sueltos	Roca blanda	Roca Dura
K40		4.00	7.20							
2	20	2.80	16.00	68.00	282.00	68.00		232.00		
4	20	2.40	12.30	52.00	283.00	52.00		283.00		
6	20	3.60	9.20	60.00	215.00	60.00		215.00		
8	20	4.00	9.20	76.00	184.00	76.00		184.00		
10	20		21.60	20.00	308.00	20.00		308.00		
12	20		22.40		540.00			540.00		
14	20		20.00		524.00			524.00		
16	20	2.80	9.60	1400	296.00	1400		296.00		
18	20	2.60	9.20	54.00	188.00	54.00		188.00		
20	20		34.00	13.00	432.00	13.00		432.00		
22	20		27.60		616.00			616.00		
24	20		27.60		552.00			552.00		✓
26	20		9.60		372.00			372.00		
28	20	42.80		214.00	48.00	48.00	166.00	48.00		
30	20	74.20		1170.00			1170.00			
32	20		31.20	371.00	156.00	156.00	215.00		156.00	
34	20		34.80		660.00				660.00	
36	20	2.80	5.60	14.00	404.00	14.00			404.00	
38	20	7.60	3.20	104.00	88.00	88.00	16.00		88.00	
40	20	2.40	11.60	100.00	148.00	100.00			148.00	
42	20	2.40	12.40	48.00	240.00	48.00			240.00	
44	20		18.40	12.00	308.00	12.00			308.00	
46	20		22.40		408.00				408.00	
48	20		11.60		340.00				340.00	
50	20		11.20		228.00				228.00	

HOJA DE METRADO N° 2

ESTACA	Dist.	AREAS m <sup>2</sup>		Volumenes en m <sup>3</sup>							
		Relleno	Corte	Total		CLASIFICADO					
				Relleno	Corte	Relleno prop.	Relleno presf.	Mat. Soltos	Roca blanda	Roca dura	
52	20	1.60	10.80	8.00	220.00	8.00				230.00	
54	20	7.60	7.20	92.00	180.00	92.00				180.00	
56	20	149.60		1572.00	36.00	26.00	1536.00			36.00	
58	20	50.00		1996.00			1996.00				
60	20	13.20		632.00			632.00				
62	20	3.20	4.0	164.00	20.00	20.00	144.00			10.00	10.00
64	20	1.60	8.40	48.00	124.00	48.00				62.00	62.00
66	20		26.00	8.00	324.00	8.00				162.00	162.00
68	20		28.00		520.00					260.00	260.00
70	20		36.00		640.00					320.00	320.00
72	20	6.00	5.20	30.00	412.00	30.00				206.00	206.00
74	20	1.60	10.80	76.00	160.00	76.00				80.00	80.00
76	20		22.40	8.00	382.00	8.00				166.00	166.00
78	20		19.60		420.00					210.00	210.00
80	20		17.60		372.00					186.00	186.00
82	20	1.60	8.00	8.00	256.00	8.00				128.00	128.00
84	20		17.60	8.00	256.00	8.00				128.00	128.00
86	20		40.00		576.00					288.00	288.00
88	20		48.40		884.00					442.00	442.00
90	20		10.40		588.00					294.00	294.00
92	20	54.80		278.00	52.00	52.00	222.00			26.00	26.00
94	20	84.80		1206.00			1396.00				
96	20	72.60		1644.00			1644.00				
98	20	1.20	14.80	802.00	74.00	74.00	735.00			37.00	37.00
KM1	20	2.40	1.20	37.00	160.00	37.00				80.00	80.00
							7070.00	4306.0	6501.0	3025.0	



TIPO DE VEHICULO.- Según el tipo de vehículo especificado:

Carga tipo H15 - S12

Longitud total 15 m.

Ancho total 2.4 m.

Altura total 4.2 m.

Corresponde al semiremolque y el tipo de vehículo que existe en el comercio y que más se adopta a las características dadas es el camión Ford F-8 con semitrailer.

De acuerdo al catálogo adjunto y que corresponde al renglón completo de camiones para transporte, sacamos las especificaciones de la serie F-8:

Clasificación: Máx. P.B.V 22,000 lbs.

Máx. P.B.C 48,000 "

Características Principales:

Capacidad del eje delantero..7,000 lbs.

Capacidad del eje trasero...17,000 "

Longitud total .... 12 m.

CAPACIDAD DE ASCENSO.- Es el tanto por ciento de pendiente que puede ascender un vehículo en una carretera con una carga determinada. Su valor es:

$$\text{Pendiente} = \frac{C_T - R_T}{10}$$

$C_T$ : coeficiente de rendimiento

$R$  : resist. a la rodadura del pavimento por c/1000 lbs. de peso bruto. Para Asf.= 12.

Primeramente hallaremos el valor de  $C_T$  cuya fórmula es:

$$C_T = \frac{E_t \times 1000}{P_b}$$

siendo:  $E_t = 0.00119 \times T \times E \times R \times M$

$T$ : valor del par de fuerzas en lbs.-pie

$E$ : eficiencia en la línea de propulsión: 0.9 en directa

$R$ : desmultiplicación de engranajes.

$M$ : número de revoluciones del neumático por milla.

Tenemos los valores:

T: 284 lbs.-pie                      Desmultiplicación 7.17 a 1  
 E: 0.9                                    A la velocidad directriz de 45 km.p.h.  
 R: 7.17                                  o sea 28 millas/ hora, obtenemos 535  
 M: 535                                    revoluciones por milla.

Aplicando la fórmula:

$$E_t = 0.00119 \times 284 \times 0.9 \times 7.17 \times 535 = 1160 \text{ lbs.}$$

Veamos que resistencia ofrece el aire:

$$R_a = 0.0025 \times 104 \times 28^2 = 204 \text{ lbs.}$$

Luego el esfuerzo disponible será:  $1160 - 204 = 956 \text{ lbs.}$

Aplicando a:

$$C_r = \frac{956 \times 1000}{22000} = 43.5 \text{ lbs. por 1000 lbs. del vehí-} \\ \text{culo.}$$

$$\text{Pendientes: } \frac{43.5}{10} = 4.35\% \text{ ( A nivel del mar ).}$$

#### CALCULO DE LA CARGA POR EJE DE UN CAMION TRACTOR CON SEMI-REMOLQUE.-

10).- Calculo de las cargas en el semi-remolque.-

Peso vacío en el eje del semi-remolque: 7,650 lbs.

Distancias:    A    90"  
                   B    110"  
                   C    200"

Carga útil: 26,000 lbs.

La carga útil sobre el eje del semi-remolque será:

$$A/C \times 26,000 = 90/200 \times 26,000 = 11,700 \text{ lbs.}$$

El peso total en este eje será:  $11700 + 7650 = 19350 \text{ lbs.}$

La carga útil sobre el punto de apoyo será:

$$B/C \times 26,000 = 110/200 \times 26,000 = 14,300 \text{ lbs.}$$

20).- Calculo de las cargas en el camión tractor.-

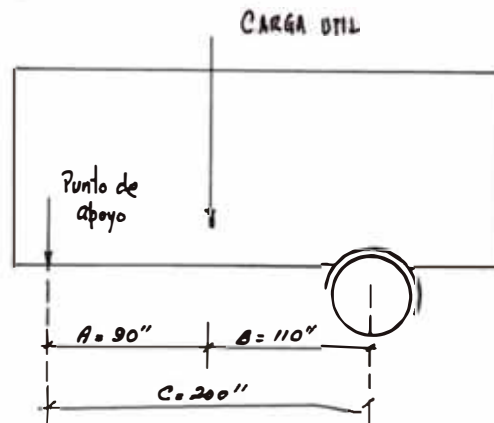
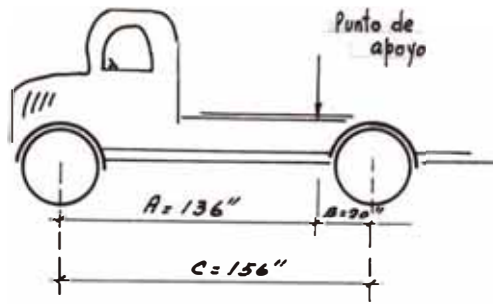
Peso vacío: En el eje delantero .... 5,000 lbs.

                  En el eje posterior .... 9,350 "

                  Carga útil calculada ... 14,300 "

Distancias:    A    136"  
                   B    20"  
                   C    156"

La carga útil sobre el eje posterior será:  $A/C \times 14,300$



CAMION TRACTOR  
CALCULO DE DISTRIBUCION  
DE CARGA POR EJE

Carga útil sobre el eje posterior:

$$136/156 \times 14,300 = 12,500 \text{ lbs.}$$

más 9,350 del peso vacío dan: 21,850 lbs. sobre el eje posterior del camión tractor.

La carga útil sobre el eje delantero:

$$B/C \times 14,300 \quad 20/156 \times 14,300 = 1,800 \text{ lbs.}$$

más 5,000 lbs. de peso vacío dan: 6,800 lbs. de peso total sobre el eje delantero del camión tractor.

- - - -

### CAPITULO III

#### CONSTRUCCION Y DRENAJE DEL CAMINO

Para la construcción del camino se hará primeramente un planeamiento en lo que respecta al movimiento de tierras que ha de originarse al hacerse las explanaciones. Estudiaremos pues detenidamente los volúmenes de tierra a moverse, la debida compensación, o mejor dicho posible, y a base de todo esto las distancias de transporte que ha de decidir el equipo a usarse. Lo más indicado para efectuarse es hacerlo mediante el DIAGRAMA DE BRUCKNER o CURVA DELAS MASAS.

##### - DIAGRAMA DE BRUCKNER.-

Siguiendo el método general para el trazado del Diagrama de Masas, se ha dibujado la Curva confeccionando previamente el cuadro adjunto, que nos dá las ordenadas para la Curva; partiendo de los volúmenes de corte y relleno sacados del pliego de cubicaciones, aplicando los coeficientes de conversión respectivos y luego obtener la diferencia de volúmenes y finalmente la suma algebraíca de los volúmenes que constituyen los valores de las ordenadas.

Una vez obtenido el Diagrama de Masas, lo estudiaremos detenidamente a base de las propiedades que posee.

El diagrama se mantiene siempre por encima de la línea de base, lo cual nos indica que no hay tramos compensados en esta situación y que por lo tanto habrá que trazar líneas de balance. En consecuencia el diagrama nos dá exceso de corte al terminar este por sobre la línea de los ceros.

##### - ELECCION DE LAS LINEAS DE BALANCE.-

Para conseguir una línea de balance aceptable se aplica lo siguiente: " la recta de gasto mínimo, ha de hacer mínima la suma de montes y valles "; esto se consigue aplicando: " La horizontal de gasto mínimo es aquella para la cual la suma de las cuerdas subtendidas en los montes es igual a la suma de las cuerdas subtendidas en los valles" Atendiendo a lo anterior he trazado 2 líneas de balance con la cual se han obtenido 5 tramos compensados quedando 2 tramos cuya curva es ascendente lo que indica que en ellos hay exceso de corte.

## CALCULO DE LAS DISTANCIAS DE TRANSPORTE.-

La distancia media de transporte está dada por el cuociente que se obtiene de dividir el área de un segmento cerrado entre la respectiva ordenada máxima. Procedemos a calcular para cada uno de los segmentos determinados, la distancia media de transporte:

Segmento	Momento de transp. m <sup>4</sup>	Ordenada Máx. m <sup>3</sup>	Distancia Media. m
I	6,480	340	19.00
II	78,220	1,680	46.60
III	258,000	2,760	93.60
IV	114,980	1,520	75.70
V	342,400	3,960	86.20
Bote (A)		5,100	20.00
Bote (B)		3,280	20.00
	800,080	18,640	
		800,080	43.00 m.
		18,640	

## ELECCION DEL EQUIPO MECANICO.-

De acuerdo a la distancia media de transporte se usará con rendimiento favorable el Tractor, ya que son recomendados para distancias de transporte hasta de 90 metros. El tipo de tractor será el D-6 con empujador angular No. 6a; se ha elegido este tractor porque debido a su tamaño se adapta perfectamente a las condiciones del terreno, además nos será posible adquirir 2 tractores por razones económicas. Planearemos luego la coordinación del trabajo para obtener un buen rendimiento en las explanaciones.

## CALCULO DEL RENDIMIENTO.-

Tractor D-6 con empujador angular No. 6A. El rendimiento lo calculamos por la fórmula:

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

R: Rendimiento en m<sup>3</sup>

E: Eficiencia

Q: Capacidad

C<sub>m</sub>: Tiempo total

A continuación aplicamos para cada tramo:

Estaca	Dist.	VOLUMENES TOTALES		VOLUMENES CORREG.		DIF. DE VOLUMENES	Suma Alge b. de VOLUMENES
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO		
KNO							
2	20	232.0	68.0	290.0	98.0	+195	+195
4	20	283.0	52.0	384.0	72.0	+282	+477
6	20	215.0	60.0	270.0	83.0	+187	+664
8	20	184.0	76.0	230.0	106.0	+124	+778
10	20	308.0	20.0	386.0	28.0	+358	+1146
12	20	540.0	-	676.0	-	+676	+1822
14	20	524.0	-	656.0	-	+656	+2478
16	20	296.0	14.0	371.0	20.0	+351	+2829
18	20	188.0	54.0	235.0	75.0	+160	+2989
20	20	432.0	13.0	540.0	18.0	+522	+3511
22	20	616.0	-	770.0	-	+770	+4281
24	20	552.0	-	692.0	-	+692	+4973
26	20	372.0	-	466.0	-	+466	+5439
28	20	48.0	214.0	60.0	297.0	-237	+5202
30	20	-	1170.0	-	1624.0	-1624	+3578
32	20	156.0	371.0	234.0	371.0	-137	+3441
34	20	660.0	-	990.0	-	+990	+4431
36	20	404.0	14.0	606.0	14.0	+592	+5023
38	20	88.0	104.0	132.0	104.0	+28	+5051
40	20	148.0	100.0	222.0	100.0	+122	+5173
42	20	240.0	48.0	360.0	48.0	+312	+5485
44	20	308.0	12.0	462.0	12.0	+460	+5935
46	20	408.0	-	612.0	-	+612	+6547
48	20	340.0	-	510.0	-	+510	+7057
50	20	228.0	-	342.0	-	+342	+7399



Estaco	Dist.	VOLUMENES TOTALES		VOLUMENES CORREG.		DIF. DE VOLUMENES	Suma Alq. b. de VOLUMENES
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO		
52	20	220.0	8.0	330.0	8.0	+ 322	+ 7721
54	20	180.0	92.0	270.0	92.0	+ 178	+ 7899
56	20	36.0	1572.0	54.0	1572.0	-1518	+ 6381
58	20	-	1996.0	-	1996.0	-1996	+ 4285
60	20	-	632.0	-	632.0	-632	+ 3753
62	20	20.0	164.0	30.0	164.0	-134	+ 3619
64	20	124.0	48.0	186.0	48.0	+128	+ 3757
66	20	324.0	8.0	486.0	8.0	+ 478	+ 4235
68	20	520.0	-	780.0	-	+780	+ 5015
70	20	640.0	-	960.0	-	+ 960	+5975
72	20	212.0	30.0	618.0	30.0	+588	+6562
74	20	160.0	76.0	240.0	76.0	+ 264	+6827
76	20	332.0	8.0	498.0	8.0	+ 490	+7317
78	20	420.0	-	620.0	-	+ 630	+7947
80	20	372.0	-	558.0	-	+558	+8505
82	20	256.0	8.0	385.0	8.0	+ 377	+8882
84	20	256.0	8.0	385.0	8.0	+ 377	+9259
86	20	576.0	-	864.0	-	+864	+10123
88	20	884.0	-	1230.0	-	+1230	+11453
90	20	588.0	-	880.0	-	+ 880	+12383
92	20	52.0	274.0	78.0	274.0	-126.	+12137
94	20	-	1396.0	-	1396.0	-1396	+10.741
96	20	-	1644.0	-	1644.0	-1644	+ 9.097
98	20	74.0	809.0	111.0	809.0	- 698	+ 8.399
KM.1	20	160.0	37.0	240.0	37.0	+203	+ 8.602

	VALOR $\varphi$ m <sup>3</sup>	VALOR $\beta$	VALOR $\epsilon$	T I E M P O			T. TOTAL minutos	FORMULA $R = \frac{0.15 \times 60 \times 0.6}{Cm}$	RENDIMIENTO m <sup>3</sup> /hora
				F. JO Seg.	IDA	REGRESO			
TRAMO I	2.0	Mat. Sueltas 1.25	0.6	$\frac{19 \times 60}{1000 \times 2.2} = 0.52$	$\frac{19 \times 60}{1000 \times 7} = 0.16$	1.01	$\frac{2 \times 1.25 \times 60 \times 0.6}{1.01} =$	89.0	
TRAMO II	2.0	Roca 1.5	0.6	$\frac{46.6 \times 60}{1000 \times 2.2} = 1.26$	$\frac{46.6 \times 60}{1000 \times 7} = 0.395$	1.99	$\frac{2 \times 1.5 \times 60 \times 0.6}{1.99} =$	54.2	
TRAMO III	2.0	Roca 1.5	0.6	$\frac{93.6 \times 60}{1000 \times 2.2} = 2.55$	$\frac{93.6 \times 60}{1000 \times 7} = 0.8$	3.68	$\frac{2 \times 1.5 \times 60 \times 0.6}{3.68} =$	29.4	
TRAMO IV	2.0	Roca 1.5	0.6	$\frac{75.7 \times 60}{1000 \times 2.2} = 2.06$	$\frac{75.7 \times 60}{1000 \times 7} = 0.65$	3.04	$\frac{2 \times 1.5 \times 60 \times 0.6}{3.04} =$	35.5	
TRAMO V	2.0	Roca. 1.5	0.6	$\frac{86.2 \times 60}{1000 \times 2.2} = 2.36$	$\frac{86.2 \times 60}{1000 \times 7} = 0.74$	3.43	$\frac{2 \times 1.5 \times 60 \times 0.6}{3.43} =$	31.5	
BOTE (A)	2.0	Mat. Sueltas 1.25	0.6	$\frac{20 \times 60}{1000 \times 2.2} = 0.546$	$\frac{20 \times 60}{1000 \times 6.3} = 0.19$	1.066	$\frac{2 \times 1.25 \times 60 \times 0.6}{1.066} =$	84.0	
BOTE (B)	2.0	Roca. 1.5	0.6	$\frac{20 \times 60}{1000 \times 2.2} = 0.546$	$\frac{20 \times 60}{1000 \times 6.3} = 0.19$	1.066	$\frac{2 \times 1.5 \times 60 \times 0.6}{1.066} =$	101.0	

Conociendo el rendimiento del tractor D-6 con empujador angular podremos calcular el tiempo necesario para ejecutar el trabajo de movimiento de tierras relacionándolo con el volumen de tierra que hay que mover.

Aplicando:

Tramo	Tiempo		Volumen		= horas	
	Rendimiento	Dist. Media	Volumen	Tiempo	Horas	Minutos
	m <sup>3</sup> /h.	m	m <sup>3</sup>	hs.		
I	89.0	19.0	340	3.82	3	49
II	54.2	46.6	1,680	31.0	31	00
III	29.4	93.6	2,760	94.1	94	06
IV	35.5	75.7	1,520	42.8	42	48
V	31.5	86.2	3,960	126.0	126	00
Bote (A)	84.0	20.0	5,100	60.8	60	48
Bote (B)	101.0	20.0	3,280	32.5	32	30
<u>Tiempo total:</u>					391 h.	01 min.

#### PLANEAMIENTO DE LA CONSTRUCCION.-

Se emplearán 2 tractores D-6 con empujador angular No. 6A.  
 Tractor 1).- Efectuará el bote del tramo (A), luego trabajará en el tramo I, II y III para lo cual empleará: 189 hs. 43 min. En el mismo tiempo de 189 hs. 43 min. el tractor (2) ha trabajado en el tramo V, el bote del tramo (B), faltándole 11 hs. 35 min. para poder terminar el tramo IV; tiempo que puede ser distribuido entre ambos tractores. Considerando que el tractor (1) que ya terminó colabora con el tractor (2) en concluir el trabajo, con lo cual queda completado un tiempo de:  $189.72 + 5.79 = 195.51$  practicamente 196 horas, lo que representa en días de 8 horas de trabajo:

$$\text{No. días} = \frac{196}{8} = 24 \frac{1}{2} \text{ días}$$

Teniendo en cuenta los días domingos tendremos en total:

Dos tractores D-6 con empujador angular No.6A, realizarán el movimiento de tierras en 30 días de 8 horas de trabajo.

**EXPLOSIVOS.-**

En la zona comprendida entre la estaca 30 y la estaca del kilómetro (1) encontramos roca en 2 calidades, roca dura y roca blanda, por lo tanto vamos en este acápite a calcular la cantidad de explosivos necesaria y el planeamiento de la carga y la ejecución de los tiros.

Del pliego de cubicaciones sacamos cuál es la cantidad de roca que hay que mover. Así obtenemos:

Roca blanda ..... 6501.00 m<sup>3</sup>  
 Roca dura ..... 3085.00 m<sup>3</sup>

Los manuales de Ingeniería Civil, o en manuales de explosivos, encontramos datos que nos han de servir para determinar la cantidad de explosivo necesaria. Del manual:

ROCA	CANTIDAD DE DINAMITA POR m <sup>3</sup> de MATERIAL (ROCA)
Blanda	0.15 kg.
Dura	0.30 kg.

Luego la cantidad total de dinamita será:

6501 x 0.15 ..... 985.00  
 3085 x 0.30 ..... 924.00  
 TOTAL: ..... 1909.00 kilos.

Considerando cajones de 50 lbs. de peso podremos determinar el número de cajones que se ha de precisar:

$$\text{No. de cajones} = \frac{1909}{22.68} = 85 \text{ cjs.}$$

Se podrá considerar algo más de dinamita para gasto imprevisto:

No. de cajones: 90 cjs. de 50 libras

En lo que se refiere a la manera de hacer explotar los explosivos puede usarse el circuito eléctrico y la mecha detonante. En el primer caso se usará como accesorio de voladura la espoleta eléctrica y en el segundo caso se usará los fulminantes.

Resulta muy interesante una solución hecha por circuitos eléctricos ya que dá lugar a problemas de instalación, conexión, abastecimiento de la energía eléctrica, etc. y todo esto de acuerdo a la zona en que se disponga el trabajo y también de los circuitos disponibles, ya

en serie, en paralelo o en serie-paralelo. Considero que una solución de este tipo se justifica cuando la magnitud del trabajo es grande y se haría muy moroso ejecutarlo por la otra solución. En consecuencia para el presente proyecto no se usará solución de circuitos eléctricos.

Vamos a clasificar y calcular la cantidad de mecha detonante, considerando que la velocidad en la mecha sea de 1 cm. por segundo y si adoptamos como tiempo prudencial 100 segundos, la longitud resultará de 1 metro de mecha por tiro.

El número de tiros lo obtenemos:

$$\text{No. } \frac{1909000}{3 \times 100} = 6400 \text{ tiros}$$

si es que consideramos 100 grs. de peso para cada cartucho de dinamita.

Luego precisaremos de 6400 ms. de mecha detonante. La mecha detonante viene en rollos de 100 pies, entonces habrá que adquirir 220 rollos de 100 pies de longitud de mecha cada uno que hacen un total de:  $220 \times 100 = 22000$  pies y que corresponde a 6700 ms. Resultándonos un exceso que siempre es necesario considerar por imprevistos.

El número de detonadores que habremos de necesitar será igual al número de tiros correspondientes, por lo tanto será de 6700 detonadores.

Como ya se ha expuesto anteriormente usamos mecha detonante de preferencia en lugar de detonadores eléctricos para el disparo; porque este medio evita las conexiones complicadas y circuitos de alta resistencia, con el consiguiente riesgo de fallas en la explosión.

En casi todas las formas de voladura, es necesario perforar barrenos en la mejor forma posible y según las circunstancias en que tiene efectuarse la voladura habrá que considerar al principio el diámetro y profundidad más adecuado para el taladro.

El aire comprimido es la forma más común de fuerza utilizada en la perforación para voladuras. Para trabajos pequeños e intermitentes existen disponibles una variedad de compresoras portátiles con motores a gasolina. Cuando las operaciones son continuas es necesario las instalaciones de aire comprimido con la proporción adecuada de tuberías.

La marca de compresora y tipo que se recomienda es JAEGER modelo 125 que proporciona 125 pies cúbicos por minuto a 100 libras de pres

sión. Podrán conectarse 2 perforadores de roca. Utilizaremos barrenos de 1 pulgada.

Recomendada la clase de equipo a usarse en la perforación, estimaremos el rendimiento valiéndonos en esta oportunidad de datos proporcionados por manuales o catálogos de los fabricantes. Así tenemos el siguiente cuadro de rendimiento:

En roca dura ..... 24 mts lineales de perforación de 1"

En roca blanda ..... 50 mts lineales de perforación de 1"

Todo esto en un día de 8 horas de trabajo y solamente ~~un~~ operador. De acuerdo a estos rendimientos calcularemos en el capítulo correspondiente el valor del movimiento de roca por metro cúbico.

Respecto de los tipos de roca que se encuentran, diremos que pueden ser: basalto, granito, pizarra, marmol, piedra arenisca, piedra caliza, pizarra metamórfica, carbón, yeso etc.

La facilidad con que puede volarse cualquier roca en particular en gran parte del espesor de las capas, de la amplitud en que estén desarrolladas las juntas, de la presencia de planos de exfoliación etc. Al aplicar cualquier método de voladura, naturalmente con estos se consigue sacar la mayor ventaja posible, aprovechando los caracteres naturales de las rocas que ya se han citado.

#### PLANEAMIENTO Y EJECUCION DE LOS TIROS.-

Primeramente lo que tendremos que hacer es señalar la ubicación que ha de corresponder a cada tiro, e indicaremos la profundidad de cada taladro de acuerdo a los perfiles transversales correspondientes. Tratando siempre que el efecto del disparo se produzca de preferencia un poco más bajo que el nivel requerido, esto se consigue bajando la perforación hasta un poco más bajo que el nivel precisado, no es conveniente que quede material sin desagregar por encima del nivel porque esto obligaría a gastos adicionales en desprender estas salientes. Así mismo señalaremos la dirección que deben seguir los taladros, teniendo en cuenta los factores convenientes para un mejor rendimiento del tiro.



A continuación procedemos a cargar los taladros, esta operación consiste en preparar los cartuchos con sus respectivas mechas y fulminantes, colocándolos en el interior del taladro. Como vamos a utilizar fulminantes y mecha, colocaremos el fulminante debidamente en el interior del cartucho de dinamita, para luego colocarlo ya listo dentro del taladro, colocando además los cartuchos que sean necesarios de acuerdo a la profundidad que tenga la perforación. Ya que los cartuchos no cubren completamente la longitud del taladro, procedemos a efectuar el atacado con un material de bastante cohesión; este atacado se realiza con el fin de que los gases que se producen en la explosión no escapen fácilmente, evitando de esta manera poca eficiencia. Estamos ya en condiciones de hacer el disparo y para ello dejamos al descubierto la pólvora del extremo libre de la mecha, para facilitar de esta manera el encendido. Ya anteriormente hemos indicado una longitud prudencial de la mecha para permitir el encendido de varios tiros al mismo tiempo. Con el encendido se produce la explosión y queda concluida la operación de voladura. Luego se procederá al movimiento de material desagregado.

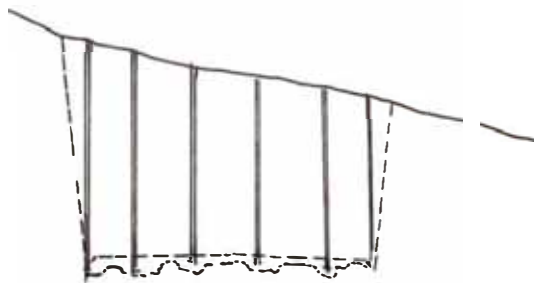
En la siguiente página se dá la indicación del trazado de taladros en las secciones que en este proyecto se presentan más desfavorables: corte cerrado y corte en media ladera.

#### - CONSTRUCCION DE RELLENOS.-

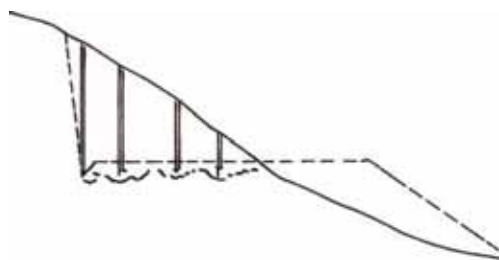
Dado que los rellenos forman parte importante de las explanaciones de un camino debemos dedicar especial atención a su construcción para que no sucedan asentamientos u otra clase de desperfectos.

Primeramente estudiaremos el cimiento o sea la base sobre la cual van a ejecutarse los rellenos y este estudio se efectua mediante el levantamiento de un perfil de suelos, se hace la construcción de estos perfiles utilizando métodos que permiten determinar la constitución de las diferentes capas del subsuelo a lo largo del eje del trazo, realizados a distancias que se fijan de acuerdo a la naturaleza del terreno, debiendo hacerse más cercanos los muestreos cuanto mayor sea el desconocimiento y mayor duda se tenga respecto a la





CORTE CERRADO



CORTE ABIERTO.

la constitución del suelo.

Los métodos de exploración de suelos se determinan de acuerdo al tipo de perfil de suelo que se encuentre en la zona en que se va a construir la obra.

Perfil de un suelo indica una sección vertical del subsuelo que muestra los espesores y la secuencia de los estratos individuales. Denominando estrato a la capa de suelo relativamente bien definida y que se encuentra en contacto con otras capas de carácter claramente diferentes. De acuerdo a la regularidad o irregularidad de los estratos los suelos se denominan; simples y erráticos según el caso respectivo.

Existen diversos métodos de exploración de suelos y ellos se aplican de acuerdo al deseo que se tenga de obtener muestras no alteradas o también muestras disturbadas. El método que se usa para muestras no alteradas nos proporciona material conveniente para una investigación de las propiedades del suelo por medio de experimentos de laboratorio y en cambio por los métodos para muestras disturbadas obtenemos información directa de los detalles concernientes al perfil de un suelo y de las propiedades del suelo en el sitio.

Los métodos para exploración se pueden clasificar en:

- 1) Sondajes
- 2) Perforaciones
- 3) Pozos de prueba
- 4) Métodos Geofísicos
- 5) Métodos varios.

En el presente proyecto indicaré 2 de los métodos para la determinación del perfil de un suelo. El primer de ellos consiste en usar un equipo de perforación; en este caso un equipo ACKER SET que está constituido por una serie de tubos de acero de dos y medio pies que se van entoscando unos a continuación de los otros de acuerdo a la profundidad de la perforación, además está provisto de diversas piezas que se acoplan en el extremo del tubo que irá abajo. Se utilizará la pieza que ha de ser necesaria para la clase de material que se va encontrando, de tal manera que se colocan las piezas que sean más adecuadas en determinado material.

Este equipo es operado por uno o dos hombres accionándolo por medio de una barreta colocada horizontalmente en la parte superior. Se hace girar y entonces el equipo va penetrando en el terreno y sacando constantemente material que se va identificando y anotando al mismo tiempo para luego hacer la construcción del perfil del suelo. En este tipo de exploración se hace necesario contar con el equipo especial anteriormente descrito y entonces esto será posible cuando la magnitud de la obra y la calidad del material del subsuelo hagan posibles el empleo de este. Veamos ahora un método en el cual no se requiere equipo especial; este método es el de los pozos de prueba, llamados también TEST PIT y aún se les dá el nombre de calambucos cuando son de sección circular y requieren el uso de explosivo. En este tipo de exploración basta dos hombres equipados con pico y lampa, y además contar con elementos auxiliares para extraer el material cuando la profundidad de la exploración es considerable. Los TEST PIT se pueden hacer con dimensiones de 4 x 4 pies y cuando son circulares con 4 ó 5 pies de diámetro. Este método resulta muy eficaz cuando el material es bastante compacto de manera que las paredes del pozo no sufran derrumbes, en caso contrario habría que colocar un entibado ya sea metálico o de madera para evitar desmoronamientos y es en este caso cuando se torna un poco caro por el gasto que hay que hacer en el entibado.

Bien, supuesta la exploración en el presente proyecto concluiremos en que nos ha dado como resultado un record de penetración como el que se muestra en la hoja respectiva que es llevada por el encargado de controlar las perforaciones.

Se ha encontrado que todas las exploraciones hechas nos dan aspectos similares en el record de penetración por lo cual obtenemos un perfil de suelo simple o regular.

Del estudio hecho hemos llegado a deducir que el material sobre el cual se ha de cimentar es de buena calidad, además observamos que no existe agua en el subsuelo.

Habiendo estudiado el cimiento entramos ya en la construcción del relleno en si.

- GENERALIDADES.-



Generalidades.- En el kilómetro que me corresponde hacer el estudio se presenta la situación de efectuar la construcción de 2 clases de rellenos: a) rellenos de materiales sueltos y b) rellenos de roca.

a) Rellenos con materiales sueltos.- Debido a que en los primeros 300 ms. del kilómetro en estudio se presentan materiales sueltos debemos efectuar en lo posible rellenos de este material para su mejor aprovechamiento.

De la observación del pliego de secciones transversales vemos que las zonas en las que hay que construir rellenos es pequeña, pues en la mayor parte son secciones compensadas y hay varias secciones que solamente son de corte y finalmente se presenta por espacio de 30 ms. más o menos rellenos un poco grandes y cuyas alturas varían entre 3 y 4 ms.

b) Rellenos de Roca.- En los 700 ms. finales encontramos roca blanda y roca dura, por lo tanto este material deberá ser empleado en parte en la construcción de los rellenos en esta zona; decimos que se empleará en parte debido a que es inconveniente usar solamente roca en un relleno ya que existe la formación de vacíos en el conjunto y en el futuro este relleno se torna inestable, es así que para construcciones de rellenos de roca lo haremos adicionándole material fino para que de esta manera no se formen grandes vacíos. Las diferentes secciones se presentan con muy poco relleno, sólo tenemos un tramo de más o menos de 30 ms. de fuertes rellenos con alturas variables hasta de 8 ms. como máximo.

A continuación se hará la descripción de un relleno de materiales sueltos. El material que disponemos para efectuar el relleno lo hemos analizado en el laboratorio y se le ha clasificado primeramente como: arcilla - margá - limosa.

Luego determinamos el contenido de humedad en el laboratorio para diferentes estados de la muestra y también determinaremos las densidades para esos mismos estados de humedad de la muestra. Como es una cosa supuesta sólo he considerado 3 estados, o sea que he de obtener 3 puntos para la construcción de la curva Humedad - Densidad.

## CONTENIDO DE HUMEDAD:

	Muestra No.		
Frasquito $\pm$ suelo húmedo .....	29.79 gr.	29.55 gr.	28.65 gr.
Frasquito $\pm$ suelo seco .....	28.47 "	27.80 "	26.95 "
Peso del agua contenida .....	1.32 "	1.75 "	1.70 "
Frasquito $\pm$ suelo seco .....	28.47 "	27.80 "	26.95 "
Peso frasquito .....	17.47 "	15.31 "	16.52 "
Peso del suelo seco .....	11.00 "	12.49 "	10.43 "
Contenido de humedad: % .....	12.00	14.00	16.50

## COMPACTACION:

( peso en libras, volumen en pies cúbicos )

Peso: Suelo húmedo $\pm$ molde .....	3.700 lbs.	3.820 lb.	3.810 lb.
Peso: Molde .....	1.920 "	1.920 "	1.920 "
Peso: Suelo húmedo .....	1.780 "	1.900 "	1.890 "
Volumen molde .....	1/30 pie <sup>3</sup>	1/30 pie <sup>3</sup>	1/30 pie <sup>3</sup>
Peso unitario: Suelo húmedo .....	117.73	125.57	124.9
Contenido de humedad .....	12.00 %	14.00 %	16.50 %
Peso: Suelo seco .....	3.50 lbs.	3.670 lb.	3.570 lb.
Peso unitario: Suelo seco .....	105.00	110.1	107.1

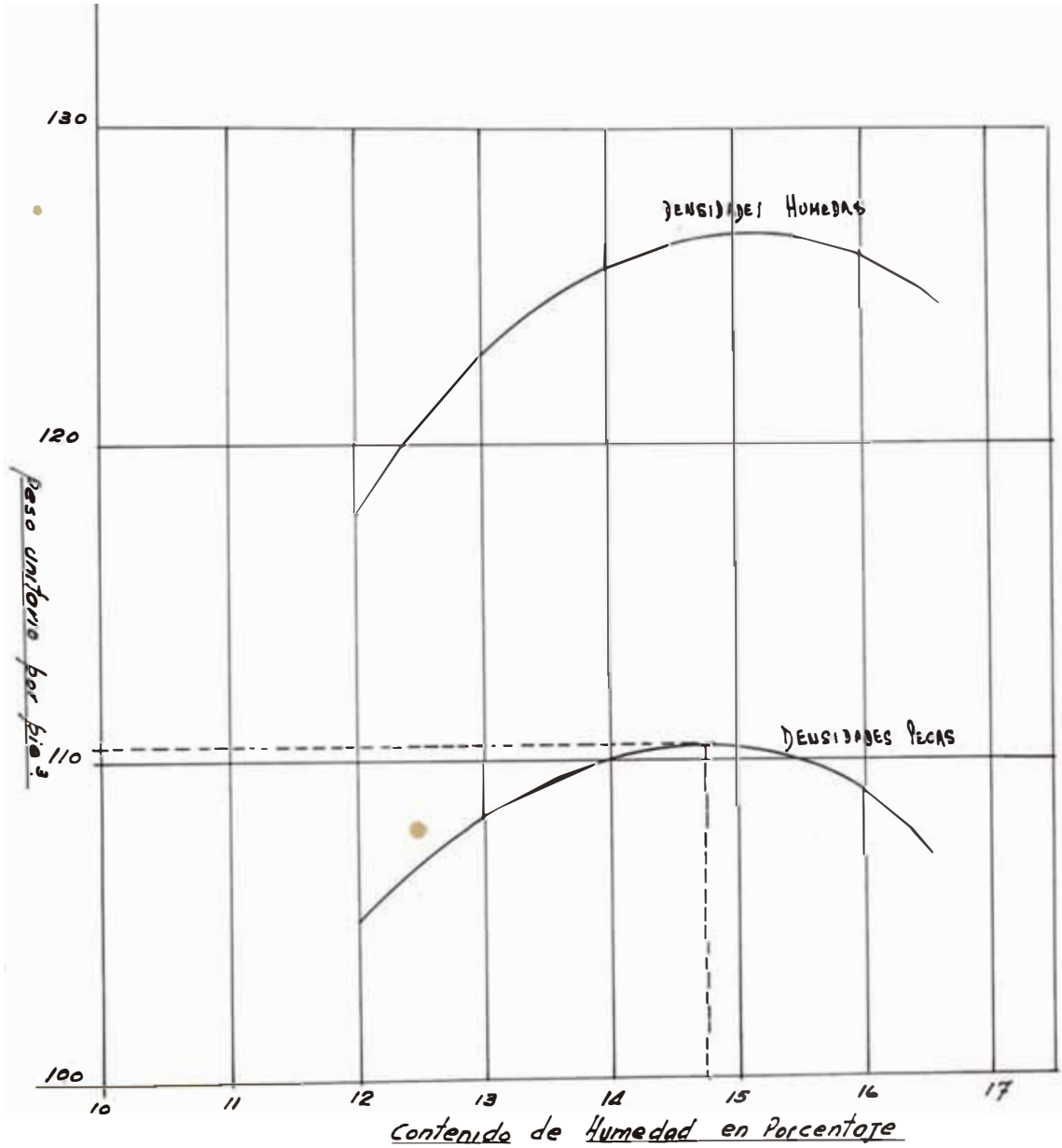
## METODO DE PROCTOR.-

Tiene por objeto determinar la relación existente entre el contenido de humedad de un suelo y las densidades que pueda alcanzar este.

## Implementos.-

a) MOLDE.- Un molde cilindrico de metal que tiene una capacidad de 1/30 de pie cúbico con un diámetro interno de 4" y una altura aproximada de 4.6". Además de este molde se usa un collar metálico separable del molde que tiene el mismo diámetro interno que este y cuya altura es de 2 1/2 pulg. lo cual permite preparar muestras compactadas de mezclas de agua y suelo, las cuales tendrán 4" de diametro 4.6" de altura y un volumen de 1/30 de pie cúbico. El molde y el cuello metálico se pueden fijar a una base metálica separable.

PRUEBA DE COMPACTACION



LABORATORIO DE MECANICA  
DE SUELOS  
OPTIMO CONTENIDO DE  
HUMEDAD.



b) PISON.- Un pisón metálico que tiene una superficie circular de 2" de diametro y que pesa 5.5 lbs. con un dispositivo apropiado como para controlar la altura desde la cual se le deja caer.

c) PISTON METALICO.- Un pistón cilindrico con un diametro un poco menor de 4" o cualquier dispositivo similar que permita sacar del molde la muestra compactada por medio de la presión ejercida, con una gata por ejemplo.

d) BALANZAS.- Una balanza de 25 lbs. de capacidad y de una sensibilidad de 0.01 lbs. y otra de una capacidad de 100 grs. y sensibilidad de 0.01 grs.

e) HORNO SECADOR.- Un horno secador de temperatura constante para mantener esta a 110 grados centígrados.

f) ESCANTILLON.- Un escantillón de acero de unas 12" de largo.

MUESTRA.-

Se toma una muestra de suelo de unas 6 lbs. de peso escogida de la parte del material que pase por la malla del tamiz No. 4 la que se secará al aire.

PROCEDIMIENTO.-

Se toma una muestra de suelo de la ya obtenida y se le mezcla cuidadosamente, compactandosele en 3 capas sucesivas dentro del cilindro metálico al que se le fija también el cuello metálico, recibiendo cada capa 25 golpes de pistón, el cual se le deja caer de una altura de 12" sobre la superficie de cada capa por compactar. Durante la compactación el molde debe descansar sobre una base uniforme y rígida que pese unas 200 lbs. Los golpes se deben distribuir uniformemente sobre la superficie que se está compactando y luego de apisonar las 3 capas sucesivas se saca el collar metálico y se nivela cuidadosamente la superficie del suelo compactado, utilizando el escantillón metálico, con el objeto de que este ocupe el volumen exacto de 1/30 de pie cúbico que tiene el cilindro metálico, luego se pesa todo el conjunto.

Restando al peso del conjunto obtenido el peso del cilindro metálico y multiplicando esta diferencia por 30 se obtiene el peso en lbs. por pie cúbico de la masa de suelo compactada.

Se saca el material del cilindro y se le corta verticalmente por el centro sacando de su interior unos 100 grs. de suelo los cuales se pesarán inmediatamente para después secarlo al horno a 110 grados centígrados durante 24 hs. y poder determinar así el contenido de humedad de la masa de suelo.

El material que queda se vuelve a desmenuzar haciéndolo pasar de nuevo por el tamiz No. 4 y se agrega agua en cantidad suficiente como para aumentar el contenido de humedad en 1% aproximadamente repitiéndose el procedimiento anterior. Se deben continuar esta serie de determinaciones de densidades hasta que el suelo se humedezca tanto que se observe que la densidad comienza a disminuir a medida que se agrega más agua. Para cada caso se halla el contenido de humedad.

#### RELACIONES DE HUMEDAD-DENSIDAD.-

Los cálculos hechos con los resultados de las pruebas de laboratorio determinan el contenido de humedad y el correspondiente peso por pie cúbico de suelo seco compactado para cada una de las pruebas hechas. Con estos resultados se dibuja un gráfico tomando en el eje de las abscisas los contenidos de humedad y en el eje de las ordenadas los pesos por pie cúbico de la masa de suelo.

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.- Cuando se ha ubicado los puntos correspondientes a los resultados de las pruebas hechas se observa que uniendo dichos puntos con una curva suave se obtiene una curva de forma parabólica. El contenido de humedad que corresponde al pico más alto se llama el óptimo contenido de humedad del suelo bajo las condiciones de compactación ya indicadas.

● Al peso en lbs. por pie cúbico del suelo seco compactado que tiene el óptimo contenido de humedad se le llama: **Máxima Densidad.**

Del gráfico obtenemos: Optimo contenido de humedad: 14.8 %.

#### DESCRIPCION DE LA CONSTRUCCION DEL RELLENO.-

La sección típica adoptada para la construcción del relleno es la mostrada en la figura, sección en la que no consideramos sub-base, ya que no es necesario en la suposición hecha de que el material con el que construiremos la sub-rasante es de buena calidad y reúne las

condiciones necesarias. Además no colocamos sub-base debido a que no existe ascenso de humedad capilar hacia el afirmado.

#### PREPARACION DE LA SUB-RASANTE.-

Procedemos a preparar la sub-rasante antes de colocar sobre ella la grava o cualquier otro material que constituirá el firme.

Los materiales que han sido seleccionados para la construcción del relleno se extienden en capas de 23 cms. más o menos, se les riega convenientemente y se les va compactando con rodillos "Pata de cabra".

A continuación calcularemos el rendimiento de equipo de compactación.

#### CANTIDAD DE MATERIAL COMPACTADO POR HORA:

$$m^3 \text{ de mat. suelto} = \frac{E \times 60 \times S \times W \times D}{N}$$

E: 0.6

S: 75 m/min.

W: 3 m.

D: 0.20 m. (espesor)

N: 3 (número de pasadas)

$$\frac{m^3 \times 0.6 \times 60 \times 75 \times 3 \times 0.2}{3} = 540 \text{ m}^3/\text{h.}$$

En material compactado será:

$$540 \times 0.72 = 390 \text{ m}^3$$

Sabemos perfectamente que el diseño de la base y el espesor de un pavimento se basan en la resistencia de la sub-rasante compactada y del sub-suelo. Antes de la construcción se han dibujado las curvas de compactación; pero también precisa dibujarlas durante la construcción del relleno.

De esta manera el peso máximo unitario o máxima densidad determinado por las curvas de compactación, nos servirá para comparar con la densidad que se tiene en el campo durante la construcción y entonces veremos si se está de acuerdo a lo especificado por el laboratorio en lo que se refiere a la relación Humedad-Densidad.

#### PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DURANTE LA CONSTRUCCION.-

Durante la construcción estas pruebas se obtienen aumentando o disminuyendo la humedad contenida en el suelo. En esto del control de la humedad juega papel importante la experiencia, conocimiento y habilidad del ingeniero y el capataz, para poder apreciar la humedad del suelo.

El control de la construcción de los rellenos se hace con el objeto de determinar qué porcentaje de la máxima humedad específica se ha obtenido durante la construcción.

Así conocida la humedad que se precisa para la máxima densidad el control del campo se asegura conservando esa humedad, dentro de ciertos límites, durante todas las operaciones de rodillado o apisonado. Como un control del grado de compactación que se va obteniendo en el relleno puede hacerse pruebas de densidad a determinados intervalos de tiempo.

#### PRUEBA DE DENSIDAD EN EL CAMPO.-

Primeramente, el equipo que se necesita para hacer la prueba de densidad en el campo es el siguiente:

- 1.- Una bandeja de fierro galvanizado de 45 x 45 x 7.5 cms. con un hueco en el centro de 15 cms. de diámetro.
- 2.- Una pala, de mango corto, de punta cuadrada.
- 3.- Un barreno.
- 4.- Una lata grande.
- 5.- Una balanza que pese hasta 25 kilos y sensible al gramo.
- 6.- Vasijas de Fe. galvanizado, calibradas en columnen de un galón.
- 7.- Vasijas de Fe. galvanizado más pequeñas para arena.
- 8.- Un botellón de vidrio de un galón con tapa de rosca, llave y trípode.
- 9.- Una regla de acero de 30 cms.
- 10.- Un badilejo de jardinero.
- 11.- Pomos con tapa para muestras húmedas.
- 12.- Una lona de 1.20 x 1.20 ms.
- 13.- Formas para determinar la densidad.

Además para hacer las pruebas de humedad y tamizar la arena que se usará en las pruebas se utiliza lo siguiente:

- 14.- Balanza que pese hasta 2,000 grs. y sensible al 0.1 gr.
- 15.- Bandejas de 10 á 12 cms. de diámetro y 2 cm. de alto.
- 16.- Cocina a kerosene o eléctrica.
- 17.- Estufa portátil con 2 hornillas.
- 18.- Malla de 1/4".

19.- Termómetro.

20.- Formas para contenido de humedad.

21.- Un juego de mallas para la arena ( No. 10 y No. 20 )

#### PROCEDIMIENTO.-

1.- La sección del relleno compactado que se elige para hacer la prueba se limpia de todo material suelto en una extensión de más o menos 60 x 60 y se nivela con la pala o la regla metálica.

2.- Se cava en el relleno un hueco, colocando la bandeja especial, que tenga un diámetro de 15 á 20 cms. y una profundidad también de 20 cms., para esto se utiliza el barreno o el badilejo y, todo el material que se saca del hueco se recoge en la bandeja y se pesa. La lona se coloca cerca del hueco y debajo de la bandeja para recoger las partículas que puedan desparramarse.

Al cavar el hueco debe tenerse cuidado para que las paredes no se desmoronen. A fin de evitar pérdidas de humedad por evaporación del suelo que se extrae del hueco debe pesarse tan pronto como sea posible.

3.- En seguida el hueco se llena hasta el tope con arena limpia ( que pasa la No.10 y es retenida en la No.20 ) cuya densidad se conoce. Al llenar el hueco debe procurarse que la arena caiga en forma regular y de una altura aproximada a los 15 cm. para lo que vá provisto el botellón de un trípode. Se alisa al ras de la superficie con la regla metálica, sin producir vibración ni compactación.

4.- El volumen del hueco se halla dividiendo el peso de la arena que lo hallenado por la densidad de la misma. El peso de la arena que ha llenado al hueco se determina pesando el botellón que contenía la arena antes y después de llenar el hueco.

5.- La densidad del suelo húmedo del relleno compactado se determina en el campo dividiendo el peso del suelo húmedo que se ha extraído del hueco por el volumen del hueco.

6.- La arena se saca del hueco con unapequeña tapa, o algo similar, con todo cuidado para evitar que se mezcle con el suelo. La arena debe volverse a calibrar tantas veces como sea necesario y debe volverse a zarandear cuandose le ve sucia o con partículas extrañas.

7.- Debe tomarse una muestra de suelo para determinar la humedad contenida, esta muestra puede tomarse de las paredes del hueco, después de sacar la arena, o del material que se sacó al principio.

Dicha muestra debe colocarse en un pomo bien tapado y se llevará al laboratorio de campo a donde se hará la determinación del contenido de humedad secando un peso conocido de suelo por un periodo de 2 horas ( Hasta que esté seco ) y a una temperatura no mayor de 110 grados centígrados. La humedad será:

$$H_m = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

8.- La densidad seca del suelo es igual a la densidad húmeda dividida por uno más el contenido de humedad expresado como una relación.

9.- La densidad seca del suelo dividida por la máxima densidad ( obtenida en laboratorio ) es igual a porcentaje de compactación.

10.- Todos los datos de este procedimiento, con suelos que no contienen partículas mayores de 1/4".

Vamos a suponer que la densidad seca obtenida con muestra tomada de los rellenos sea:  $110 \text{ lbs/pe}^3$

Luego el porcentaje de compactación que estamos obteniendo es:

$$\frac{\text{Densidad seca ( campo )}}{\text{Máx, densidad ( labort. )}} - \% \text{ de compactación}$$

#### DRENAJE.-

Aspecto por demás importante en el diseño de caminos es la solución del problema de drenaje. En el presente proyecto y para el kilómetro que nos ocupa no consideraremos la presencia de napa de agua, debido a que se ha supuesto que los records de sondeo nos dá un perfil de sub-suelo en el que no se advierte presencia de mesa de agua.

Hemos pues de estudiar el caso de drenaje superficial y además el desalojo del agua proveniente de filtraciones proximas al eje del camino.

DRENAJE SUPERFICIAL.- Lo primero que hay que hacer para el control del agua superficial, es, dar al firme cierto bombeo de manera que el agua precipitada corra según un plano trnasversal al eje del camino. Ya anteriormente ha quedado indicado cual ha de ser el bombeo a dar-



se al firme: 2%.

Ahora, el agua que va del eje del camino hacia los laterales debe ser encausada mediante obras especiales que en este caso la constituyen las cunetas cuyas dimensiones ya se ha dado al señalar las características de la vía, y están diseñadas de acuerdo a las recomendaciones de las "NORMAS PERUANAS".

Las figuras adjuntas nos muestran un esquema de drenaje superficial de acuerdo a los diferentes casos que se pueden presentar según la disposición de secciones transversales. Las cunetas descargan su caudal hacia alcantarillas que estarán ubicados a distancias convenientes, de manera que en ningún momento estas se vean colmadas en su capacidad. Se proyectan cunetas de guarda o coronación en caso de que la cantidad de agua precipitada sea considerable. Las cunetas de coronación tendrán un diseño como se muestra en la figura de la lámina correspondiente.

Veamos ahora el drenaje subterráneo o sub-drenaje: ya hemos dicho anteriormente y lo hemos visto al hacer el perfil del sub-suelo que la napa de agua no compromete al camino ya que se encuentra a bastante profundidad, luego entonces sólo nos ocuparemos de drenar el agua que se filtra a través de las capas del subsuelo.

Para ello colocaremos un dren interceptor para cortar el flujo de la corriente originada por el agua que se ha filtrado y encontrar una capa de material impermeable. Estos drenes los colocamos bajo la cuneta para impedir de esta manera que el agua llegue al terraplen.

En lo que respecta a la defensa de terraplenes para que la base no sea afectada por el agua y así mismo para que el relleno no se asiente o pueda correrse, haremos unas zanjas longitudinales que rellenaremos con materiales granulares de manera que puedan interceptar las corrientes de agua filtradas, habiendo atraído el agua por medio de zanjas de material granuloso, se evacuará de la zona de la base mediante drenes transversales.

Otra manera de cortar las corrientes de agua filtrada en caso de cortes sería la mostrada en la figura, que como se vé tienden a evitar que el agua comprometa el camino, así como también evitar posibles for-



mación de planos de deslizamiento que ocasionarían derrumbes en caso de materiales sueltos.

Para el drenaje y sub-drenaje de la sub-base afirmado y pavimento se ha indicado anteriormente que no habrá necesidad de la construcción de una sub-base por razón de que los materiales que constituyen el relleno son de buena calidad e impermeables no dejando así ascender el agua, y también dado que se han consolidado mediante el método de Proctor, las explanaciones ofrecen gran seguridad.

El control de erosión lo haremos mediante el sembrío de plantas apropiadas, como son el " Kudzu ". Forma parte de este control de erosión la construcción de cunetas de coronación.

#### CALCULO DE UNA ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO.-

Calcularemos la alcantarilla de un metro de luz, tipo marco, por ser la que más se adapta a la realización del presente proyecto, ya que deberá soportar grandes rellenos, y como sabemos, la alcantarilla tipo losa no es conveniente usarla en estos casos.

La altura de relleno es ..... 4.00 ms.

La sección libre ..... 1 x 1 m.

Peso del relleno ..... 1,600 kg/m<sup>3</sup>

Angulo de reposo de las tierras 35 grados ( C = 0.27 )

$f_c = 70 \text{ kg/cm}^2$ ; y  $f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$

No consideraremos impacto, dada la altura del relleno.

Sobre carga ..... H-15 S-12

Suponemos espesor uniforme en paredes y losa de 20 cms. Seguidamente haremos el método de las cargas que están actuando sobre la losa y paredes de la alcantarilla.

Cargas que actúan sobre A-B:

Relleno de tierra: 4 x 1,600 ..... 6,400 kg.

Sobre carga: 0.5 x 1,600 ..... 800 "

Peso de la losa: 0.5 x 2,400 ..... 360 "

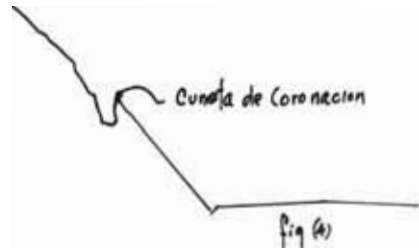
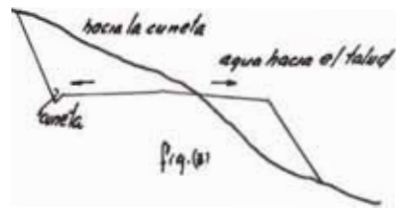
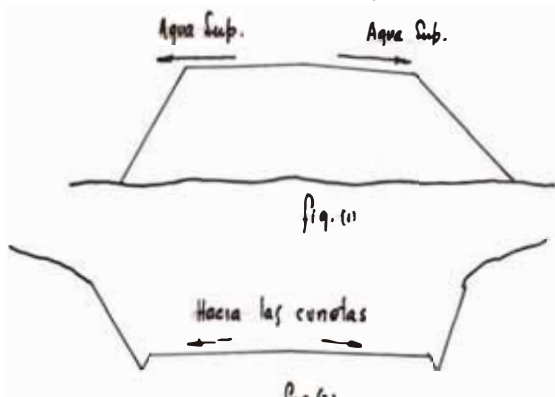
Total ..... 7,560 kg. por m.l.

Cargas que actúan sobre D-C:

Las cargas sobre A-B: ..... 7,560

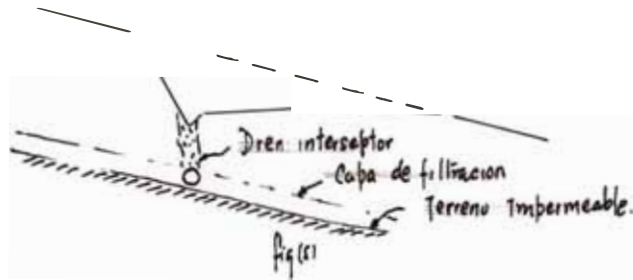
DRENATE SUPERFICIAL

- Bombeo del firme
- Talud
- Cunetas

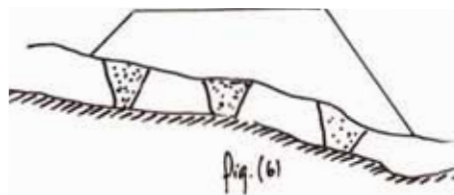


CUNETAS DE CORONACION

SUB-DRENATE



DRENATE DE LOS RELLENOS



Capa Impermeable.



DISPOSICIONES PARA DRENATE

Peso de paredes y losa inf.  $\frac{2(0.15 \times 2400)}{1.4} + 0.15 \times 2400 = 870 \text{ kg.}$

Carga total:..... 8,430 kg. por m. l.

Cargas sobre las paredes: A-C y B-D .-

Presion en A: 1,600 ( 4.1 ± 0.5 ) x 0.27 ..... 1,990

Presión en C: 1,600 ( 5.3 ± 0.5 ) x 0.27 ..... 2,500

CALCULO DE LOS MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO:

$$M_{A-B} = 1/12 \times 7,560 \times 1.15^2 = 890 \text{ kg-m.}$$

en losas:

$$M_{D-C} = 1/12 \times 8,430 \times 1.15^2 = 930 \text{ kg-m.}$$

Por carga uniformemente repartida:

$$1/12 \times 1,990 \times 1.15^2 = 220 \text{ kg-m.}$$

en paredes:

$$\text{Por carga tirangular: } QL/15 = \frac{295 \times 1.15}{15} = 23 \text{ kg-m.}$$

$$M_{B-D} = 220 + 23 = 243 \text{ kg-m.}$$

$$\text{siendo: } Q = \frac{510 \times 1.15}{2} = 295 \text{ kg.}$$

Momento para carga uniformemente repartida: 220 kg-m.

$$\text{Por carga triangular: } QL/10 = \frac{295 \times 1.15}{10} = 34 \text{ "}$$

$$M_{D-B} = 220 + 34 = 254 \text{ kg-m.}$$

CALCULO DE LAS RIGIDECESES.-

$$K_{A-B} = \frac{15^3}{115} = 29.4$$

$$K_{A-C} = \frac{15^3}{115} = 29.4$$

CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCION.-

$$D_{A-B} = \frac{29.4}{29.4 + 29.4} = -0.5$$

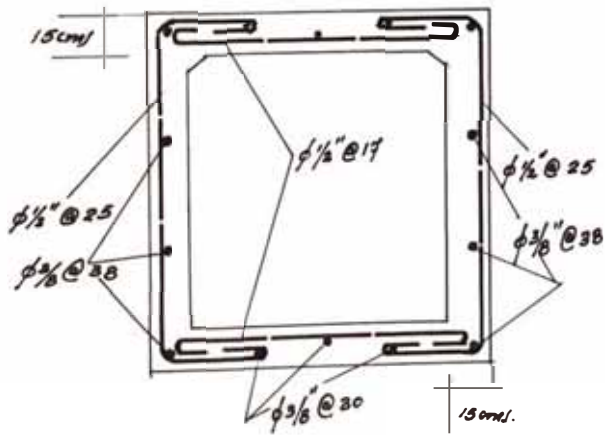
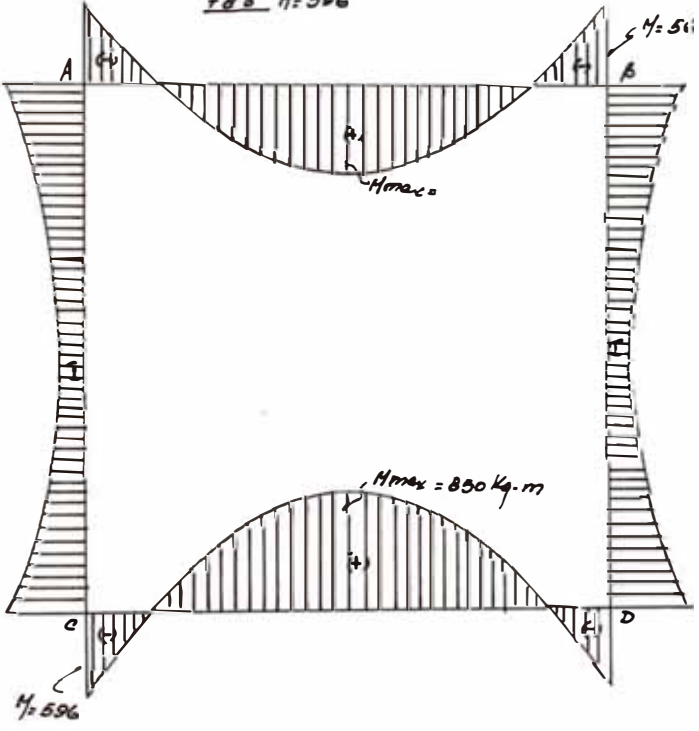
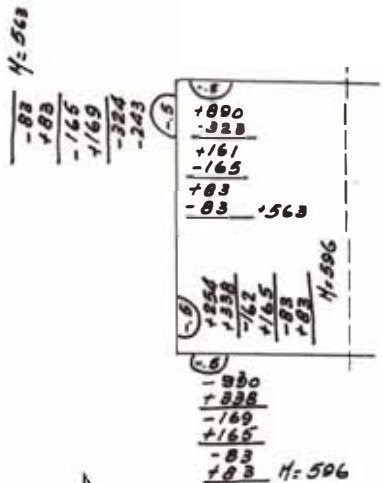
$$D_{A-C} = \frac{29.4}{29.4 + 29.4} = -0.5$$

COEFICIENTES DE COMPENSACION.- 0.5

CALCULO DE LOS MOMENTOS ORIGINADOS.-

El cálculo se ha efectuado por el método de H. CROSS y se muestra en el diagrama adjunto ( pag. 60 ).

Según H. Cross los momentos originados ( negativos ) en las



ALCANTARILLA  
TIPO MARCO SIMPLE

esquinas del marco son los sgts:

$$\begin{array}{ll} M_{AB} 563 \text{ Kg-m} & M_{CD} 596 \text{ Kg-m} \\ M_{BA} 563 & M_{DC} 596 \\ M_{AC} 563 & M_{CA} 596 \\ M_{BD} 563 & M_{DB} 596 \end{array}$$

CALCULO DE LOS MOMENTOS ISOSTATICOS.-

$$M_{AB} = 1/8 p l^2 = 1/8 \times 7560 \times 1.15^2 = 1250 \text{ Kg.m}$$

$$M_{CD} = 1/8 \times 8430 \times 1.15^2 = 1400 \text{ Kg.m}$$

MAXIMOS MOMENTOS EN LAS PAREDES.-

$$\text{Carga uniforme: } M_{BD} = 1/8 \times 1990 \times 1.15^2 = 340 \text{ Kg-m (en el centro)}$$

$$\text{Carga triangular: } M = P x / 6 (1 - x^2 / l) = \frac{510 \times 0.693}{6} (1.15 - \frac{0.693^2}{1.15}) = 46 \text{ Kg-m}$$

$$\text{siendo: } x = \frac{l \sqrt{3}}{3} = 0.693 \text{ a partir de B}$$

$$M_{BD_{\max}} = 46 \text{ Kg-m a } 0.693 \text{ de B}$$

AREA DE ACERO.-

$$A = \frac{850}{1400} \times 0.89 \times 9.5 = 7.2 \text{ cm}^2 \quad 1/2" @ 17 \text{ cms.}$$

$$A = \frac{563}{1400} \times 0.89 \times 9.5 = 5.1 \text{ cm}^2 \quad 1/2" @ 25 \text{ cms.}$$

$$\text{Acero de temperatura: } 0.002 \times 100 \times 9.5 = 1.9 \text{ cm}^2 \quad 3/8" @ 30 \text{ cms.}$$

## CAPITULO IV

PAVIMENTOS Y OBRAS ACCESORIAS

## GENERALIDADES.-

Los objetos primordiales que se consiguen con la pavimentación son: varios; así tenemos que se precisan para soportar las cargas producidas por el tráfico, proteger las explanaciones contra el agua; disminuir las pérdidas de los materiales de rodamiento; obtener una textura superficial adecuada; conseguir adaptación a las fallas de las capas inferiores y conseguir una resistencia al intemperismo.

Es problema fundamental para los diseñadores de carreteras determinar el tipo de pavimento que deberá usarse en el proyecto.

Sabemos que los tipos principales de pavimentos superiores son el pavimento bituminoso y el de concreto de cemento Portland. Conocidos también con la denominación de pavimento blando o flexible y rígido respectivamente. Denominándose pavimento flexible a la estructura de pavimentación que consiste en capas superpuestas de materiales previamente seleccionados y tratados convenientemente a fin de desempeñar la función de distribuir las cargas concentradas en la sub-rasante de apoyo de tal manera que las presiones reducidas que se han de transmitir no excedan la capacidad de resistencia de dicha sub-rasante.

El pavimento rígido, en cambio, es una placa estructural apoyada en una sub-rasante semi-elástica sujeta a cargas concentradas que se sostienen por acción de viga o flexión.

Ambos tipos de pavimentos requiere buen apoyo de la sub-rasante ya que es de vital importancia.

Dado que en el presente proyecto se debe diseñar un pavimento de tipo superior, trataremos de conseguir una acertada elección entre el pavimento rígido y blando, poniendo antes de manifiesto características fundamentales de ambos para de esta manera al final poder justificar nuestra elección.

## CONDICIONES DE DISEÑO Y COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS.-

En pavimentos rígidos, la resistencia ofrecida por la sub-rasante a cualquier deflexión determinada interviene como factor de control

en el diseño de estos. Esto trae como consecuencia inmediata, el especial cuidado que se debe tener en cuanto a la rigidez relativa de la losa, consideración esencial en el diseño. Lo ideal constituiría una sub-rasante que tenga las características de rigidez o de flexión más similares a las de la placa.

En lo que respecta al comportamiento diremos que se aceptan las fisuras producidas en el concreto, constituyendo esto una necesidad ya que nos daría una mayor flexibilidad para movilizar el incrementado apoyo que ofrece la sub-rasante. El control de grietas ha constituido y constituye un problema en el diseño de pavimentos rígidos. Otro de los problemas en la construcción y mantenimiento de los pavimentos de hormigón es el bombeado que afecta considerablemente el rendimiento de las vías.

En lo que respecta a los pavimentos bituminosos debemos decir que en los últimos años se han constituido en serios competidores de los pavimentos de hormigón y aún más son preferidos en muchos lugares debido a que se ha alcanzado gran progreso debida a la intensa investigación desplegada.

El concepto fundamental de la flexibilidad es factor de gran ventaja y se convierte en el principio de control del diseño. La función de la flexibilidad es movilizar todo el apoyo disponible en la sub-rasante. El diseño de este tipo de superficies de rodadura está basado en ensayos realizados, ya sea para valorar la expansión del terreno de la sub-rasante y la cohesión de la superficie para resistir la expansión de la sub-rasante. Se han construido curvas que dan capacidad de la sub-rasante en términos de los esfuerzos de cizallamiento. Una variable de control en el procedimiento de diseño lo constituye la carga a la que están sujetas los pavimentos, incluyendo tanto la magnitud de la carga sobre la rueda como el volumen de tráfico. Cada curva que se da para el diseño se relaciona con cierta carga aplicada y de acuerdo al volumen del tránsito. Algo que no se puede controlar de manera completa en este diseño es el efecto del medio ambiente. Pero de alguna manera se toman en cuenta en cada método, y en consecuencia los pavi-



mentos se diseñan para trabajar bajo cierto ambiente.

Hasta aquí hemos visto algo referente a condiciones de diseño de ambos tipos de pavimentos y observamos que cada uno posee sus características esenciales pero concurren ambos a un buen diseño de la base que desempeña gran papel en la vida de cualquier tipo de pavimento.

Veamos ahora el aspecto económico que va a ser fundamental en la elección, pues nos dará la idea de costo de cada una de las superficies de rodadura, y en nosotros debe primar el criterio de que se requiere superficies de rodadura en que el costo de construcción y el de conservación sean mínimos y además que esté diseñada para soportar determinadas cargas o intensidad de tráfico.

La experiencia ha demostrado y demuestra la ventaja económica que ofrece el pavimento bituminoso; a continuación daremos como índice la diferencia en porcentaje que existe entre los costos por unidad de cada uno de los pavimentos en estudio, habiendo elegido precios estimados en los EE.UU. de N. A lugar en el que tanto el asfalto como el cemento son elementos que se explotan en el país y así haremos una buena comparación económica, haciendo intervenir materiales que se producen en el país y no habrá necesidad de importarlos, importación que siempre dá lugar a encarecimiento de una obra. De esta manera se ha encontrado que la diferencia existente entre precios unitarios es de 10% a favor del pavimento de asfalto, o sea que en igualdad de condiciones el pavimento bituminoso resulta más económico. Debiendo aclarar que en cuanto a costos de conservación el pavimento bituminoso requiere mayor gasto, pero cuando la obra es de magnitud considerable se prefiere el bituminoso, resultando cara la construcción del pavimento de concreto.

Veamos en lo que concierne a nuestro país; que en su favor tiene el hecho de ser país explotador de la industria del petróleo y derivados; teniendo al mismo tiempo el inconveniente de que la producción del cemento Portland no es muy intensa, habiendo gran demanda de este material y no abastecer la producción nacional, hay encarecimiento con el consiguiente alto costo de este material. En consecuencia la diferencia de costo unitario entre el pavimento bituminoso y el de con-

creto ha de ser mucho más a favor del bituminoso, por lo cual en nuestro medio podremos decir que se impone el diseño de superficies bituminosas al resultar estas más económicas. Caso opuesto citaremos Chile, país que produce cemento en gran escala, no así productos derivados del petróleo, los cuales los tiene que importar en gran cantidad, en estas condiciones Chile está obligado por razones económicas a utilizar en sus carreteras pavimentos de concreto.

Por lo dicho anteriormente, vamos a concluir recomendando en el presente proyecto el uso de superficie de rodadura de asfalto, el cual pasaremos seguidamente a diseñar.

#### DISEÑO DE LA SUPERFICIE DE ASFALTO.-

Determinación del espesor del pavimento.- Entrando al gráfico que sirve para determinar el espesor del afirmado más el pavimento; confeccionado por el ingeniero Reagel, encontramos que nos da un espesor de 6", del cual tomaremos 2" para la superficie asfáltica quedando el resto como espesor de la base o afirmado que estará constituido de agregados de piedra triturada y material ligante.

El diseño de la base no ofrece mayor problema ya que se adoptará una granulometría aceptable, cuyo análisis de mallas del agregado cumpla con las especificaciones de la construcción de afirmados; así supondremos que al efectuar el análisis de los materiales que han de constituir la base nos dá los siguientes valores:

Malla No.	% que pasa
2"	100
1 1/2"	85
1"	70
3/4"	65
3/8"	55
No. 4	45
No. 10	35
No. 40	20
No. 200	10

El estudio de la base trae consigo el estudio de la Mecánica de Suelos,

combinaciones de agregados, mezclas, compactación, tratamiento etc. La base es una capa de espesor sustancial que se coloca bajo el revestimiento con el fin de distribuir las cargas concentradas en la superficie sobre una área mayor. También son usadas las bases para ayudar en el drenaje, resistencia a las heladas etc.

La Mecánica de Suelos determina el tipo de material requerido para el afirmado, estudiando su compactación y resistencia a la penetración. Basándose la elección del tipo de material en su granulometría.

En lo que se refiere al pavimento usaremos la mezcla en frío empleando asfalto RC-2.

Elección de los Agregados.- Generalmente con una apropiada granulometría se obtiene buena estabilidad mecánica de la mezcla bituminosa y la vida del pavimento está en relación íntima con la cantidad de asfalto. En muchos casos las diferentes clases de agregados se combinan para obtener una granulometría que tenga buenas características para determinado uso. Los agregados constituyen un elemento costoso en los pavimentos de construcción de carreteras a causa de la gran cantidad necesaria, siendo el transporte el factor más importante del costo. En nuestro caso ya la ubicación de la cantera de donde se ha de sacar material para el afirmado así como para el pavimento está dada, por lo cual el problema se simplifica al no tener que entrar en detalles con un estudio comparativo para encontrar la solución más económica.

Los agregados se clasifican generalmente teniendo en cuenta su granulometría, pero tiene gran importancia en su estabilidad la forma y dureza de sus partículas. Son deseables las partículas duras y angulosas.

Existen innumerables tendencias en relación con la graduación de los agregados. Basados en estudios de granulometría muy prácticos, basados en la experiencia con (canteras) carreteras ya construidas, las entidades competentes han confeccionado especificaciones referentes a graduaciones que pueden usarse.

A continuación indicaremos un agregado mineral de graduación recomendada:

ANALISI DE MALLAS		% QUE PASA	PASA LA MALLA	% RETENIDO EN MALLA	
No. 1		100	No. 1	No. 3	28.7
	3	71.3		10	38.5
	10	32.8		20	9.5
	20	23.3		40	5.4
	40	17.9		80	4.9
	80	13.0		200	5.6
	200	7.4		200	7.4

**MATERIAL ASFALTICO.-** El ligante es el segundo elemento básico en las superficies bituminosas. El ligante es usado para unir las partículas del agregado; protegerla de la humedad, por sus propiedades de elasticidad y en ciertos casos para impermeabilizar la superficie de la carretera. Siendo los únicos materiales bituminosos que se emplean en pavimentación los alquitranes y los asfaltos.

**Materiales bituminosos.-** Son hidrocarburos de color, dureza y volatilidad variables, que se encuentran a veces asociados con materiales minerales. Las materias no minerales y no carbonosas son muy solubles en bisulfuro de carbono. Diremos unas palabras referente a los asfaltos:

**ASFALTOS.-** Son el resultado directo de la destilación del petróleo crudo, ya sea realizada esta mecánica o naturalmente.

**Asfalto Natural.-** Se forma cuando el crudo de petróleo sube a la superficie terrestre a través de grietas. La acción del sol y el viento separa los aceites ligeros y los gases, dejando un residuo negro y plástico que es lo que denominamos asfalto.

**Asfaltos de Petróleo.-** Se obtienen del crudo por destilación y son los más corrientemente usados. La destilación puede ser por vapor o por aire. La primera produce un asfalto de pavimentación excelente, mientras que la segunda dá un producto de poco uso en la pavimentación.

Los asfaltos de petróleo pueden tener base parafínica o base asfáltica. Los asfaltos de base asfáltica son los mejores para la construcción de carreteras, porque poseen buenas características ligan-

tes y de resistencia al medio ambiente. Los asfaltos de base parafínica se oxidan lentamente al exponerse al aire, dejando un producto polvoso sin valor ligante.

Clasificación de los asfaltos de pavimentación.-

Se dividen en cinco grupos:

- 1.- Road Oils o asfaltos líquidos de curado lento ( S-C )
- 2.- Asfaltos disueltos:
  - Asfaltos disueltos, de curado rápido ( R-C ) ( Cut-back )
  - Asfaltos disueltos, de curado medio ( M - C )
- 3.- Cementos Asfálticos.
- 4.- Emulsiones Asfálticas
- 5.- Asfaltos en polvo.

En nuestro diseño utilizaremos: Asfaltos disueltos de curado rápido ( R-C ) para la mezcla y para el riego de imprimación el asfalto disuelto de curado medio ( MC-0 ). Los asfaltos disueltos de curado rápido, se obtienen fluxando el cemento asfáltico con gasolina, por evaporarse estos destilados mucho más rápidamente que la kerosina, se llama a este tipo Cut-back, de curado rápido.

En la página 69 damos las especificaciones que deben cumplir estos asfaltos disueltos:

CALCULO DE LA PROPORCION DE ASFALTO QUE NECESITAN LOS AGREGADOS. LA DETERMINACION SE HA EFECTUADO POR EL METODO DE LAS AREAS SUPERFICIALES.-

En este método primero se determina el área superficial por medio del análisis de mallas ( nos referimos al área superficial de los agregados ) y entonces la cantidad necesaria de asfalto no es sino una relación del área superficial o capacidad de superficie de los áridos. Dependiendo la capacidad superficial de varios factores.

Como ya tenemos hecho el análisis granulométrico del agregado procedemos a continuación a calcular el total del equivalente de área superficial; esto se hace de la manera siguiente: teniendo el porcentaje retenido en cada malla y conociendo que para cada tamaño hay una

## ESPECIFICACIONES PARA MATERIAL ASFALTICO

OBJETO	IMPRIMACION	MEZCLA
DESIGNACION	MC-0	RC-2
NECESIDAD GENERAL	El material debe estar libre de agua.	
PUNTO DE INFLAMACION (Vaso abierto) <sup>°F</sup>	100 ±	80 ±
Viscosidad Furol á 77 <sup>°F</sup> , segundos	75 - 150	-
" " á 122 , "	- -	-
" " á 140 , "	- -	100 - 200
" " á 180 , "	- - -	
DESTILACION.-		
Destilado ( % del total destilado á 680 <sup>°F</sup> )		
á 374 <sup>°F</sup>	-	-
á 437	25	40 ±
á 500	40 - 70	65 ±
á 600	75 - 93	87 ±
RESIDUO DE LA DESTILACION A 680 <sup>°F</sup>		
Porcentaje en volumen por diferencia.	50 ±	67 ±
ENSAYOS EN EL RESIDUO DE DESTILACION		
Penetración, 77 <sup>°F</sup> , 100 gr. x 5 seg.	120 - 300	80 - 120
Ductibilidad 77 <sup>°F</sup> , cms.	100 ±	100 ±
Solubilidad en tetracloruro de carbono, porcentaje.	99.5	99.5 ±
TEMPERATURA DE ESPARCIDO <sup>°F</sup>	50 - 120	100 - 175
TEMPERATURA DE MEZCLA <sup>°F</sup>	50 - 120	80 - 150

constante que representa el área superficial en pies cuadrados por libra para dicho tamaño, se multiplican entonces la constante por el porcentaje de cada tamaño de partículas ( porcentaje en peso ) y se divide entre 100; se obtiene de esta manera el área superficial de la fracción del agregado que se está examinando.

Las constantes se encuentran tabuladas en equivalentes de area superficial.

1.- Análisis de las mallas del agregado:-

Malla No.	% que pasa	Pasa la malla No.	% retenido en la malla
1	100	1	28.7
3	71.3	3	38.5
10	32.8	10	9.5
20	23.3	20	5.4
40	17.9	40	4.9
80	13.0	80	5.6
200	7.4	200	7.4

2.- Area superficial por libra.-

Pasa la malla No.	Ret. en malla No.	Porcentaje	Cantidad de área Superf.
1	3	28.7	x 3 86.1:100 0.861
3	10	38.5	x 5 192.5:100 1.925
10	20	9.5	x 11 104.5:100 1.045
20	40	5.4	x 20 108.0:100 1.080
40	80	4.9	x 50 245.0:100 2.450
80	200	5.6	x 115 656.0:100 6.560
200		7.4	x 250 1880.0:100 18.800
			Total..... <u>32.721</u>

- Hemos usado la tabla No. 3 debido a que tenemos 7 mallas.

Area superficial por libra 32.721 ó sea 33 por pie cuadrado.

3.- El tercer paso consiste en hallar el INDICE ASFALTICO, que es un factor que indica la cantidad de asfalto en libras que se necesita para cubrir un pie cuadrado de área superficial. Para esta determinación existen curvas que se han dibujado de acuerdo a los diferen-



tes estados del agregado y sus cualidades características.

En las ordenadas del gráfico nos dá: libras de asfalto por pie cuadrado y en las abscisas el área superficial en pies cuadrados por libra con peso específico de 2.65; De esta manera llevamos el valor 33 hasta encontrar la curva correspondiente, luego leemos sobre la horizontal el valor del INDICE ASFALTICO que resulta:  $I_{\text{asf.}} = 0.00126$

El valor será:  $0.00126 \times 33 = 0.0416$

Es decir que para cada libra de agregado se necesita 0.0416 lbs. de asfalto, lo que es lo mismo que: 4.16%.

Concluimos así con el diseño del pavimento, quedando ahora por tratar el procedimiento de construcción y equipo por usarse.

#### CONSTRUCCION DEL AFIRMADO Y DE LA SUPERFICIE DE RODADURA.-

Preparada la sub-rasante podemos indicar un orden en la construcción como sigue:

**BASE:** Procedemos a tender el material agregado y el material obtenido de las fuentes de suministro, o sea el material ligante y cuyas características serán:

Índice Plástico de la fracción que pasa la malla No. 10 ...	3
Límite Líquido " " " " " " " " No. 40 ...	19

Luego mezclamos el material con la motoniveladora. Cuando se ha terminado de mezclar, se esparce el material con la cuchilla niveladora en una capa de sección transversal uniforme y espesor igual al especificado. Seguidamente rodillaremos la superficie utilizando con este objeto rodillos neumáticos, hasta obtener la densidad deseada. Se controlará la densidad haciendo las pruebas correspondientes.

Durante las operaciones de nivelación se dará una inclinación apropiada a los bordes hacia las bermas para evitar que el agua posteriormente se acumule en los bordes de la superficie asfaltada. Se deberá dejar secar la superficie por un espacio mínimo de 24 horas.

**BARRIDO.-** Cuando ya la base ha secado se efectúa cuidadosamente el barrido ya sea con escobas mecánicas o a mano, antes de aplicar el riego de imprimación. El barrido se hace hasta eliminar todo el polvo, basura, materiales sueltos, etc.

RIEGO DE IMPRIMACION.- Los riegos de imprimación se realizan con un material bituminoso ligero aplicado a la base de una superficie bituminosa, con el fin de servir de agente de unión y sellar la junta entre la base y el nuevo pavimento. De esta manera la subida de la humedad hacia la superficie por capilaridad es retardada y de igual manera evita el paso de la humedad superficial a la base. Indudablemente el barrido no elimina todo el polvo suelto, entonces si esto quedase así no habría adhesión y el polvo que aún queda suelto actúa como lubricante entre la base y la superficie, y es debido a ello que el riego de imprimación es de gran importancia. Los materiales de imprimación son más fluidos que los de adherencia, para que una pequeña cantidad pueda penetrar en la base y ayude a aplacar el polvo.

El material bituminoso recomendable a usar en la imprimación es el MC-0 y en la cantidad de 1.7 litros por metro cuadrado, aplicado con distribuidor.

PREPARACION DE LA MEZCLA ASFALTICA EN PLANTAS.- El empleo de los métodos de plantas fijas se ha convertido actualmente en la solución más conveniente para la construcción de superficies bituminosas de alta calidad y bajo costo, debido a que no tiene el inconveniente de la mezcla en el camino, cuya gran capacidad puede perderse al encontrar dificultades meteorológicas. Las plantas fijas pueden instalarse en estaciones de mezcla cercanas al trabajo, su costo nos permite utilizar las facilidades y ventajas del terminadomecánico. Además permite emplear los tipos de ligantes generalmente considerados preferibles.

Las plantas fijas poseen la gran ventaja de que pueden operar con agregados baratos, de manera más fácil de lo que puede hacerse con la mezcla sobre el camino. Además la planta fija tiene normalmente mayor producción por temporada que la móvil de capacidad semejante, aunque en condiciones ideales la móvil tiene mayor producción horaria.

Emplearemos la planta Barber-Greene cuyos catálogos se adjuntan y que funcionan según lo indica el diagrama respectivo. Estas plantas producen las llamadas mezclas bituminosas de alta calidad. Las

cribas y tolvas para regular la graduación se ponen entre el secador y la mezcladora, dependiendo el grado de control del número de subdivisiones en que se prepara el agregado. El propósito de controlar la graduación del agregado es el de regular más exactamente las variaciones de graduación de los materiales procedentes del apilado.

Así mismo la planta portátil de trabajo volumétrico " Master Mixer " ~~marca~~ "Cedarapids" fabricada por la Iowa Manufacturing Company, empleada para la mezcla asfáltica da muy buenos resultados y es muy recomendable; pero en nuestro proyecto se ha preferido el uso de la Barber-Greene debido a que se ha de usar una terminadora marca Barber-Greene obteniendo con ello marcas uniformes en nuestro equipo de pavimentación.

DISTRIBUCION DE LA MEZCLA.- Efectuaremos una distribución y acabado mecánico. En este tipo de acabado la mezcla se vuelca por medio de volquetes en una tolva situada en la parte delantera de la esparcidora terminadora, para su inmediata colocación en el camino. Las esparcidoras mecánicas de auto propulsión que se emplean actualmente tienden mejores superficies a un costo reducido.

Entre las numerosas ventajas que presentan las máquinas terminadoras sobre las hojas esparcidoras se encuentra la gran capacidad que poseen y el terminado que deja una superficie de rodadura suave. Mientras que las hojas necesitan mezclas fácilmente trabajables para prevenir un fraguado prematuro, las esparcidoras terminadoras mecánicas no necesitan la presencia de materiales volátiles en la mezcla, pues esta puede extenderse tan pronto como llega de la planta, no necesitando más trabajo adicional que el apisonado. Algunas máquinas tienen control ajustable de bombeo, con lo que puede fácilmente pavimentarse todo el camino con la sección transversal deseada.

Habiendo 2 clases de distribución: la "Distribución Suelta" y la "Distribución Compactada", emplearemos esta última por las ventajas que representan; ya que la distribución suelta presenta el inconveniente de que al tender la mezcla sobre una base irregular se produce un espesor variable del pavimento y como toda la compactación tiene lugar

después del tendido, esta compactación no puede ser la misma cuando el espesor cambia, entonces las irregularidades de la base aparecen en la superficie al apisonar. Otro inconveniente lo constituye la imperfección que se obtiene en la junta.

El principio de la distribución compactada ha dado lugar a la concepción en la industria de pavimentación bituminosa a la terminadora. La aplicación de la terminadora deja muy poco que hacer después que la superficie ha sido tendida. El tendido se realiza con un golpeador que compacta la mezcla y la deja con el espesor deseado. Así la compresión adicional que ha de ejercer la apisonadora es muy poca; por lo tanto se necesita menos apisonado y las irregularidades de la base no se reflejan en forma apreciable en la superficie. En este procedimiento el problema de la junta se simplifica, ya que se puede estimar con certeza la compactación que ha de ejercer la apisonadora. Este tipo de distribución permite emplear un principio de nivelación más perfecto. La nivelación se realiza por medio de una maestra que apoya en la superficie compactada inmediatamente detrás de la línea de descarga, esta maestra está guiada por largos brazos que perciben los cambios de la rasante, por delante del tendido, sin reflejar la menor irregularidad de la superficie compactada.

Aplicaremos rodillos de 3 ruedas, neumáticos y los rodillos "Tamden" de 2 ejes. El apisonado se comienza longitudinalmente de los lados hacia el centro de tal manera que cada pasada cubra la anterior más o menos la mitad del ancho de una de las ruedas posteriores. Se recomienda que el apisonado continúe hasta que las marcas que dejan las ruedas desaparezcan y que la mezcla esté satisfactoriamente apisonada. Se tomará una muestra de la mezcla para las pruebas de laboratorio.

**SELLADO.**- Terminada la compactación de la mezcla asfáltica se le aplica una capa de sello, que es un tratamiento bituminoso de muy poco espesor y se le usa con el objeto de: evitar la entrada de humedad, reducir la circulación dentro de la capa que se sella reduciendo por consiguiente su oxidación, para darle más resistencia y mejorarle el asfalto y por último para darle más visibilidad.

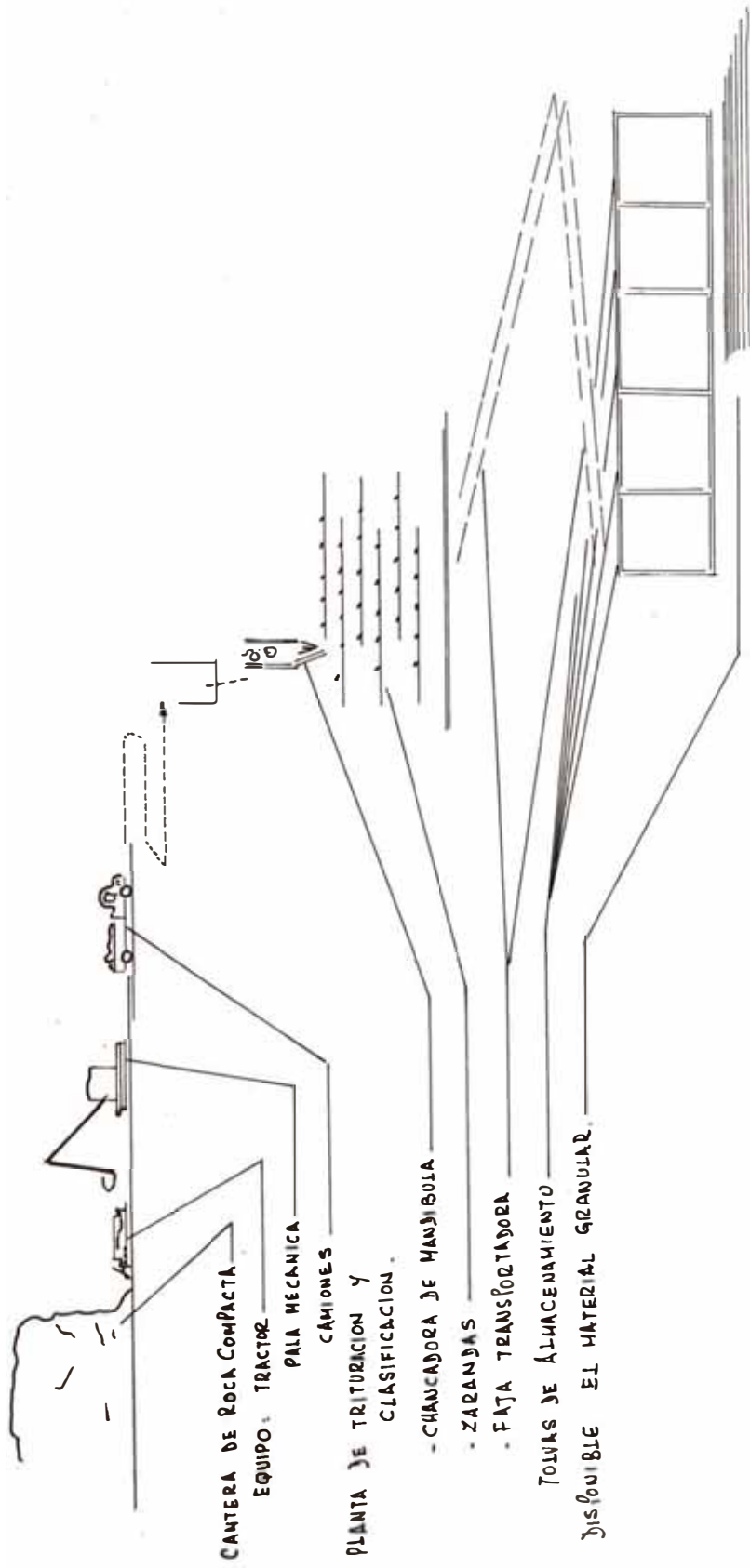
Para la aplicación del sello se requiere que la superficie de asfalto esté seca y bien barrida, luego se aplica asfalto RC-2 en cantidad de un litro por metro cuadrado a 70°C y en forma uniforme; cuando aún está caliente el asfalto se cubre con la arena especificada en proporción de 10 litros por metro cuadrado. La distribución de la arena se hace por medio de rastrillos. A continuación procedemos al apisonado por medio de rodillos de cilindros de 8 toneladas, hasta que la arena haya sido fijado por el asfalto, efectuando finalmente un barrido para quitar la arena que queda aún suelta.

Recomendaremos una graduación para la arena a usarse en el sellado:

Pasa la malla

1/4" .....	100 %
No. 4 .....	90 %
10 .....	30 %
40 .....	3 %
100 .....	0

EXPLOTACION DE LA CANTERA.- Para la explotación de la cantera procedemos de la manera siguiente: Primeramente como la cantera es de roca compacta haremos uso de explosivos para obtener material de tamaño adecuado; en consecuencia ejecutaremos los taladros convenientes, haremos la carga con dinamita y luego se efectuarán los disparos. Obtenemos de esta manera material apropiado y lo sacaremos de la zona por medio de una pala mecánica la que a su vez cargará los camiones para que el material sea llevado hacia la planta de trituración, en la planta el material es depositado en grandes tolvas que descargan en una chancadora de mandíbulas, esta chancadora nos proporciona material de tamaño reducido que es apropiado para someterlo a una clasificación granulométrica en un juego de zarandas. Es así que el material al salir de la chancadora cae en zarandas especialmente graduadas según los tamaños que se desee obtener. Los agregados que resultan aún de mayor tamaño que los requeridos son separados al no poder pasar y nuevamente serán sometidos a la trituración. El material una vez zarandeado



ESQUEMA INDICANDO  
EXOTACION CANTERA



es depositado en fajas transportadoras situadas debajo de las zarandas y que las transportan hacia las tolvas que sirven de almacenamiento para estos materiales.

El equipo usado en la explotación de canteras es: Pala mecánica, tractor con empujador, equipo completo de chancadora y clasificadora ( juego de zarandas y fajas transportadoras ) además debemos disponer de volquetes hidráulicos para el transporte.

En la siguiente página se muestra el esquema gráfico de la explotación de cantera.

#### PROYECTO DE SEÑALIZACION Y DEMAS OBRAS ACCESORIAS DEL CAMINO.-

Como los caminos se deben diseñar para obtener el máximo de seguridad en el tráfico, se hace necesario adoptar un sistema de señalización para indicar las diferentes condiciones en que se debe recorrer la carretera; controlando de esta manera las operaciones de los vehículos.

El objeto principal de la señalización es la de informar al conductor del vehículo acerca de las condiciones que se deben observar al recorrer el camino, así como rutas, direcciones, obstáculos, puntos de interés, etc.

Los reglamentos de señalización están basados en manuales sobre dispositivos uniformes para el control de tránsito en los EE. UU., país donde ha alcanzado gran desarrollo el diseño de carreteras en general, estas normas tienen a su vez respaldo de la American Association of State Hiway Officials, el Institute of Traffic Engineers, etc.

En el Perú contamos con el manual de señalización de carreteras confeccionado por la Dirección de Caminos del Ministerio de Fomento - Departamento de Conservación -. A base de este manual diseñaremos la señalización.

Las señales se clasifican en:

- a) Restrictivas
- b) Preventivas
- c) De dirección

Entre las señales restrictivas usaremos:



1.- Velocidad máxima.- Colocaremos esta señal para recordar a los conductores el valor de la velocidad reglamentaria. La señal tendrá forma rectangular de color blanco con letras, número y marcos negros. Dimensiones: 0.60 x 0.75 ms.<sup>2</sup>. Se ubicará a la derecha en el sentido del tránsito, formando ángulo recto con el eje del camino. La distancia lateral será: 1.80 m. del eje de la señal al borde del camino. Su altura será: 0.75 m. entre el borde inferior de la señal y la superficie de rodadura del camino.

2.- No pase a otro vehículo.- Esta señal usaremos al iniciar la curva No. 1, ya que ahí comienza la zona de restricciones de visibilidad debido a que las curvas se encuentran muy seguidas. El resto de la zona estará complementado por señales en el pavimento conforme se indica más adelante.

Será de forma rectangular, de color blanco, con letras y marcos negro. Tendrá como dimensiones: 0.60 x 0.75 m. Su ubicación será como para la señal de velocidad máxima.

Entre las señales preventivas usaremos:

3.- Curva cerrada.- Como tenemos 1 curva con radio menor de 40 ms. debemos colocar esta señal antes de la curva No. 4 y también antes de las curvas Nos. 1, 2, y 6 ya que son curvas que tienen radios entre 40 m. y 80 m. y su ángulo en el centro excede de 45°. Entre las curvas 1 y 2 la tangente es muy pequeña y por lo tanto no es posible cumplir con la condición de distancia mínima antes del obstáculo, por ello la colocamos de todas maneras al finalizar la curva 1 para indicar la proximidad de la curva cerrada No.2.

La forma será de un rombo con 0.60 m. de lado, de color amarillo caminero con símbolos y marcos negro.

En cada caso usaremos junto con la de "velocidad recomendable", conforme se indica en el esquema confeccionado.

4.- Camino sinuoso.- Debemos usar esta indicación ya que tenemos tramos en que se presentan 2 curvas del mismo sentido y una contracurva separadas por tangentes menores de 140 ms. Emplearemos un rombo de 0.60 m de lado de color amarillo caminero con símbolos y marcos negro. Completaremos esta señal con la indicación de "velocidad recomendable".

Lineas y marcas en los pavimentos y obstáculos.-

Línea Central.- La usaremos a todo lo largo del camino, ya que se trata de una carretera principal. Consistirá de una línea interrumpida, cuyos segmentos serán de 4.50 m. de longitud, espaciados a 7.5 m. y la línea será de color blanco y de un ancho de 10 cm.

Lineas continuas paralelas.- Usaremos en las zonas donde prohibimos el paso a otro vehículo. O sea en el tramo comprendido entre la iniciación de la curva No. 1 y la terminación de la curva No. 2 y luego en la zona de la curva No. 6. Consistirá de 2 líneas uniformes y paralelas distanciadas 10 cm.

----

## CAPITULO V

### ESTUDIO ECONOMICO, ANALISIS DE PRECIOS Y PRESUPUESTOS

#### ESTUDIO ECONOMICO.-

##### 1).- RECONOCIMIENTO.-

	S/.	
1 Ing. Jefe .....	80.00	
1 Ing. Ayudante .....	60.00	
2 Cadeneros .....	30.00	
40 % Leyes Sociales .....	68.00	
10 % Depreciación Inst....	<u>17.00</u>	
Total:	255.00	

Suponiendo que se emplea medio día para el reconocimiento del Km. su costo será:

$$A = 1/2 \ 255 = 127.50$$

##### 2).- COSTO DEL TRAZO.-

	S/.	
1 Ing. Jefe .....	80.00	
1 Ing. Ayudante .....	60.00	
1 Topógrafo .....	50.00	
2 Cadeneros .....	30.00	
1 Estaquero .....	15.00	
1 Porta Instrumento .....	15.00	
40 % Leyes Sociales .....	100.00	
10 % Depreciación de Inst.	<u>25.00</u>	
Total:	375.00	

Utilizando un día para el trazo del km. el costo será:

$$B = 375.00$$

## EXPLANACIONES.-

## 3).- CORTE EN ROCA BLANDA.-

a).- Costo por hora de la compresora "Jaeger" mdelo 125 que acciona 2 martillos neumáticos.-

## - COSTO FIJO.-

Valor de la compresora .....	S/.	70,000.00
Valor recuperable 20% .....		<u>14,000.00</u>
Total:		56,000.00

## - COSTO FIJO POR AÑO.-

Amortización 20% (Debe pagarse en 5 años) ...		11,200.00
Interés del capital invertido 8%		4,480.00
Mantenimiento, reparaciones, pintura ( 20% )		11,200.00
Almacenaje, guardianias, seguro y tiempo perdido para ir de un trabajo a otro 3% .....		<u>1,680.00</u>
Total 51%		28,560.00

## -COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{28,560.00}{2,000} = 14.28 \text{ soles por hora.}$$

## - COSTO VARIABLE POR HORA.-

Combustible .....	S/.	1.40
Aceite, grasas .....		3.00
Kerosene, waipe .....		1.00
Pequeños repuestos .....		<u>1.60</u>
Total :		7.00

## - COSTO TOTAL DE LA COMPRESORA POR HORA.-

$$14.28 + 7 = 21.28 \text{ soles por hora.}$$

b) Costo por hora de un martillo perforador neumático marca "Thor" modelo 35, de 35 lbs. de peso.

## - COSTO FIJO.-

Valor del martillo .....	S/.	6,300.00
Mangera 50' de longitud .....		1,150.00
Aceitera .....		350.00
Valor recuperable 20% .....		1,560.00

Total S/. 6,240.00

Vida probable de los martillos ( 3 años o sea 6,000. horas )

- COSTO FIJO AL AÑO.-

	S/.	
Amortización 33.3 % .....		2,080.00
Interés .....		500.00
Mantenimiento 20 % .....		2,080.00
Almacenaje 3 % .....		<u>188.00</u>
	Total	4,848.00

- COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{4,848}{2000} = 2.424 \text{ soles por hora}$$

- COSTO VARIABLE POR HORA.-

Lubricante, waipe ..... S/. 0.70

- COSTO TOTAL DEL MARTILLO PERFORADOR.-

$$2.424 + 0.70 = 3.124 \text{ soles por hora.}$$

- JORNALES POR HORA.-

	S/.	
Maquinista ( 32 ) .....		4.00
2 Taladradores ( 28 ) .....		7.00
40 % Leyes Sociales .....		4.40
Capataces, planilleros ( 10 % )		1.10

Total: 16.50 por hora

CONCLUSION.-

El costo total de la unidad de perforación por hora, compuesta de la compresora y 2 martillos perforadores será:

	S/.	
Compresora .....		20.28
2 Martillos a 3.124 .....		6.25
Jornales .....		<u>16.50</u>

Total: 43.03 soles por hora

Costo por metro cúbico de desagregación de roca blanda.-

He considerado que en este tipo de roca el rendimiento de la perforación es de 50 m.l de barreno por jornada de 8 horas y con los cuales se desagrega en promedio 70 m<sup>3</sup> de roca por martillo y por jornada de 8 horas. Para 2 martillos será el doble:

La desagregación por hora será:  $\frac{140}{8} = 17.5 \text{ m}^3/\text{hora}$

En consecuencia el costo por  $\text{m}^3$  será:  $\frac{43.03}{17.50} = \text{S}/. 2.46$  por  $\text{m}^3$  de roca blanda.

- Materiales.- Se considera que una broca puede perforar 50 m.l. sin ser aguzada y que puede recibir 8 aguzadas, pudiéndose taladrar en total:

$$8 \times 50 = 400 \text{ m.l.}$$

El costo de cada broca es de S/. 360.00, lo que dá un costo de:

$\frac{360.00}{400} = 0.9$  soles m.l de barrenos o sea 0.71 soles por  $\text{m}^3$  de roca desagregada.

#### RESUMEN.-

Maquinaria y jornales ...	43.03/hora y 140 $\text{m}^3/\text{h}$ .	S/. 2.46
Brocas 360 soles .....		0.71
Dinamita 0.15 kg./ $\text{m}^3$ a S/. 11.00 .....		1.65
Mecha .....		0.30
3 Fulminantes .....		1.50
	Total:	6.62

Para roca dura:

Maquinaria y jornales .....	S/.	5.75
Brocas .....		1.50
Dinamita .....		3.30
Mecha .....		0.30
3 Fulminantes .....		1.50
	Total:	12.35

Roca blanda: S/. 6.62

Roca dura : 12.35

## 4).- EXCAVACION Y TRANSPORTE.-

Con empujador angular 6-A y tractor D-6.

Valor de la maquina .....	S/.	308,000.00
Valor recuperable 20 % .....		<u>61,600.00</u>
		246,400.00

Se asume como vida probable: 5 años ( 10,000 horas )

## - COSTO FIJO AL AÑO.-

Amortización

Interés

Mantenimiento

Almacenaje etc... 51 % ..... S/. 125,424.00

## - COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{125,424}{2,000} \quad \text{S/. } 62.71$$

## - COSTO VARIABLE POR HORA.-

Combustible .....	S/.	4.50
Aceite, grasas .....		12.00
Repuestos, waípe .....		5.00
- Maquinista .....		4.00
Ayudante .....		2.50
40 % Leyes Soaciales .....		<u>2.60</u>
	S/.	30.60 por hora.

## - COSTO TOTAL POR HORA.-

$$62.71 + 30.60 = 93.31 \text{ soles por hora.}$$

- Costo del acarreo por m<sup>3</sup> ( materiales sueltos ) a 19 m. con tractor D-6 para los 300 m. iniciales.

300 ms.	Materiales sueltos ( 19 m. )	$\frac{93.31}{89} = \text{S/. } 1.05 \text{ m}^3$
	Botar materiales sueltos	$\frac{93.31}{84} \quad \text{" } 1.10 \text{ m}^3$
700 ms.	II Rocas ( á 46.6 )	$\frac{93.31}{54.2} \quad \text{S/. } 1.72 \text{ m}^3$
	III Rocas ( á 93.6 )	$\frac{93.31}{29.4} \quad \text{S/. } 3.19 \text{ m}^3$



$$\text{IV Rocas ( á 75.7 )} \quad \frac{93.31}{35,5} = \text{S/. 2.64 por m}^3$$

$$\text{V Roca ( á 86.2 )} \quad \frac{93.31}{31.5} = \text{S/. 2.97 por m}^3$$

$$\text{Roca ( bote a 20 m)} \quad \frac{93.31}{101.0} = \text{S/. 0.93 por m}^3$$

- 5).- COMPACTACION DE RELLENOS.-

a).- Rodillos " PATA DE CABRA " Bross modelo M2-7

Valor ..... S/. 35,000.00

Valor recuperable 20% 7,000.00

Tota l 28,000.00

Vida económica 5 años.

- COSTO FIJO AL AÑO.-

$$0.51 \times 28,000 = 14,300.00$$

- COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{14,300}{2,000} = 7.15 \text{ soles por hora.}$$

- COSTO VARIABLE POR HORA.-

Maquinista ..... S/. 4.00

Ayudante ..... 2.50

40% Leyes Sociales 2.60

9.10

Petroleo ..... 4.50

Aceite, grasas .... 12.00

Waipe, gasolina ... 3.00

Repuestos ..... 1.50

21.00 soles por hora

- COSTO TOTAL POR HORA.-

$$7.15 + 9.10 + 21.00 = 37.25 \text{ soles}$$

Considerando rendimiento del rodillo: 540 m<sup>3</sup>/ hora.

El costo por metro cuadrado será:  $\frac{37.25}{540} = 0.07 \text{ soles e}$

b).- Rodillo de tres ruedas " AUSTIN WESTERN " de 10 Tn.

	S/.
Valor de la máquina .....	170,000.00
Valor recuperable 20% .....	<u>34,000.00</u>
Total	136,000.00

## - COSTO FIJO AL AÑO.-

$$0.51 \times 136,000 = 69,000.00 \text{ soles}$$

## - COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{69,000}{2,000} = 34.50 \text{ soles por hora.}$$

## - COSTO VARIABLE POR HORA.-

	S/.
Maquinista .....	4.00
Ayudante .....	2.50
40% Leyes Sociales .. ..	<u>2.60</u>
	9.10
Petroleo .....	4.50
Aceite, grasas .....	12.00
Waipe, gasolina .....	3.00
Repuestos .....	<u>1.50</u>
	21.00

## - COSTO TOTAL POR HORA.-

$$34.50 + 9.10 + 21.00 = 64.60 \text{ soles}$$

Considerando el rendimiento del rodillo de tres ruedas: 450 m<sup>3</sup>/ hora de material compactado, el costo por m<sup>3</sup> será:

$$\frac{64.60}{450} = 0.15 \text{ soles}$$

## c).- Rodillos neumáticos " BROSS " de 13 ruedas

	S/.
Valor de la máquina .....	47,000.00
Valor recuperable 20% .....	<u>9,400.00</u>
Total	37,600.00

Vida económica 5 años.

## - COSTO FIJO AL AÑO.-

$$0.51 \times 37,600 = 19,200.00 \text{ soles.}$$

## - COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{19,200}{2,000} = 9.60 \text{ soles por hora.}$$

## - COSTO VARIABLE POR HORA.-

Jornales .....	S/.	9.10
Combustibles .....		<u>21.00</u>
Total		30.10

## - COSTO TOTAL POR HORA.-

$$9.60 + 30.10 = 39.70 \text{ soles por hora.}$$

Siendo el rendimiento promedio de un rodillo neumático  $380 \text{ m}^3/\text{hora}$  el costo por  $\text{m}^3$  será:

$$\frac{39.70}{380} = 0.104$$

## d).- Riego por tanque regador.-

Valor .....	S/.	120,000.00
Valor recuperable 20%		<u>24,000.00</u>
Total		96,000.00

Vida económica 5 años.

## - COSTO FIJO AL AÑO.-

$$0.51 \times 96,000 = 49,000.00 \text{ soles}$$

## - COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{49,000}{2,000} = 24.50 \text{ soles por hora.}$$

## - COSTO VARIABLE POR HORA.-

Chofer .....	S/.	4.00
Ayudante .....		2.50
40% Leyes Sociales ..		<u>2.60</u>
		9.10
Combustible .....		4.50
Aceite ....		0.70
Varios .....		<u>0.70</u>
		5.90

## - COSTO TOTAL POR HORA.-

$$24.50 + 9.10 + 5.90 = 39.50 \text{ soles}$$

Considerando un rendimiento de  $800 \text{ m}^2/\text{hora}$ , el costo por riego de un metro cuadrado de explanación será:  $\frac{39.50}{800} = 0.05 \text{ soles por m}^2$ , si consideramos espesor de 15 cm., el  $\text{m}^3$  será:  $0.05 / 15 = 0.33 \text{ soles}$ .

## 6).- PAVIMENTOS.-

a).- Nivelación con motoniveladora " CATERPILLAR No. 12 " ( Diesel ).

Valor de la máquina .....	S/.	371,705.00
Valor recuperable 20% .....		<u>74,341.00</u>
		297,364.00

Vida económica 5 años.

- COSTO FIJO POR AÑO.-

$$0.51 \times 297,364 = 152,000.00 \text{ soles por año.}$$

- COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{152,000}{2,000} = 76 \text{ soles por hora.}$$

- COSTO VARIABLE POR HORA.-

Jornales .....	S/.	9.10
Combustible .....		<u>21.00</u>
		30.10

- COSTO TOTAL POR HORA.-

$$76.00 + 30.10 = 106.10 \text{ soles por hora.}$$

Considerando rendimiento de la motoniveladora 1,480 m<sup>2</sup>/ hora, el costo será:

$$\frac{106.10}{1,480} = 0.07 \text{ soles}$$

- b).- Riego con camión tanque.- ( ya estudiado )

$$\text{Costo por m}^2 \text{ 0.05 soles.}$$

- c).- Rodillado.- Se compactará con rodillos de tres ruedas.

$$\text{Costo de operación ..... S/. 64.60}$$

Siendo su rendimiento: 3,000 m<sup>2</sup>/ hora, el costo por metro cuadrado se-

$$\text{rá: } \frac{64.60}{3000} = 0.02 \text{ soles.}$$

- COSTO TOTAL DEL AFIRMADO.-

1) Material ( estimado ) .....	S/.	1.30	por	m <sup>2</sup>
2) Nivelación .....	"	0.07	"	"
3) Rodillado .....	"	0.02	"	"
4) Riego .....	"	0.05	"	"

## - PAVIMENTOS.-

## a).- BARRIDO PRELIMINAR.-

Se estima en ..... S/. 0.10 por m<sup>2</sup>

## b).- RIEGO DE IMPRIMACION.- Con tanque distribuidor:

Valor de la máquina ... S/. 170,000.00

Valor recuperable 20% .           34,000.00

Total                   136,000.00

Vida económica 5 años

## - COSTO FIJO AL AÑO.-

0.51 x 136,000 = S/. 69,200.00

## - COSTO FIJO POR HORA.-

$\frac{69,200}{2,000} = \text{S/} . 34.60$  por hora.

## - COSTO VARIABLE POR HORA.-

Chofer ..... S/. 4.00

Ayudante ..... 2.50

40% Leyes Sociales ..... 2.60

9.10

Combustible ..... 4.50

Aceite ..... 0.70

Varios ..... 0.70

5.90

## - COSTO TOTAL POR HORA.-

34.60 + 9.10 + 5.90 = 49.60 soles por hora.

Considerando un rendimiento para el tanque distribuidor de 800 lts./h. y como en el diseño hemos establecido: 1.7 lts./ m<sup>2</sup> el costo será:

$\frac{49.6 \times 1.7}{800} \text{ S/} . 0.106$  aprox. 0.11 por m<sup>2</sup>

El costo del asfalto MC-0 es: 0.35 soles el litro:

Asfalto : 0.35 x 1.7 .... S/. 0.60

Arena: 0.01 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> a 20     " 0.20

0.80

Total: 0.80 + 0.11 = 0.91 soles por m<sup>2</sup>.

## c).- PREPARADO DE LA MEZCLA.-

Valor de la Planta .....	S/. 1'000,000.00
Valor recuperable 20%.....	<u>200,000.00</u>
	800,000.00

Vida económica 4 años.

## - COSTO FIJO AL AÑO.-

$$0.56 \times 800,000. = S/. 448,000.00$$

## - COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{448,000}{2,000} = S/. 224.00 \text{ por hora.}$$

## - COSTO VARIABLE POR HORA.-

Jefe de la Planta .....	S/. 8.75
2 Maquinistas ( 7.50 ) .....	15.00
10 Ayudantes .....	25.00
40% Leyes Sociales .....	19.50
	68.25
Combustible .....	7.00
Aceite, grasa .....	20.00
Pequeños accesorios .....	7.00
	34.00

## - COSTO TOTAL POR HORA.-

$$224.00 + 68.25 + 34.00 = 326.25 \text{ soles por h.}$$

Rendimiento de la Planta: Consideramos 40 m<sup>3</sup>/ hora, en material compactado será: 40 x 0.80 = 32 m<sup>3</sup>/ hora. En un metro cúbico habrá 20 m<sup>2</sup>; luego el costo de la mezcla será:

$$\frac{326.25}{32 \times 20} = 0.51 \text{ soles por m}^2$$

Consideramos que la planta está situada a una distancia de 300 m. de la cantera, y que el costo del agregado puesto en la planta es de: S/. 1.5 por m<sup>2</sup> ( espesor 5 cm. ).

$$\text{Asfalto } 4.16\% \text{ equivale á } 3.25 \text{ lts./ m}^2, \text{ o sea: } 3.25 \times 0.35 = 1.09 \text{ soles.}$$

## - COSTO TOTAL .-

Costo de Operación .....	S/. 0.51 por m <sup>2</sup>
Agregados .....	" 1.50 " "
Asfalto .....	" 1.09 " "

d).- TRANSPORTE DE LA MEZCLA.-

Estimamos que se paga el mismo precio de 1 km. a 4 km.:

Precio por m<sup>3</sup> : S/. 6.00 ( estimado )

El costo por m<sup>2</sup> será:  $6/20 = 0.30$  soles por m<sup>2</sup>

e).- EXTENDIDO DE LA MEZCLA.-

Valor de la esparcidora ..... S/. 400,000.00

Valor recuperable 20% ..... 80,000.00

Total 320,000.00

Vida económica 4 años.

- COSTO FIJO POR AÑO.-

$$0.56 \times 320,000 = \text{S}/. 180,000.00$$

- COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{180,000}{2,000} = \text{S}/. 90.00 \text{ por hora.}$$

- COSTO VARIABLE POR HORA.-

Estimado ..... S/. 30.00 por hora

- COSTO TOTAL POR HORA.-

$$90.00 \pm 30.00 = \text{S}/. 120.00 \text{ por hora.}$$

Considerando un rendimiento de: 640 m<sup>2</sup>/ hora, el costo será:

$$\frac{120}{640} = 0.19 \text{ soles por m}^2$$

f).- RODILLADO.-

Se hará el rodillado con rodillos de tres ruedas, neumáticos y Tandem.

- Rodillos Tandem.-

Valor ..... S/. 160,000.00

Valor recuperable 20% ..... 32,000.00

128,000.00

Vida económica 5 años.

- COSTO FIJO POR AÑO.-

$$0.51 \times 128,000. = \text{S}/. 65,200.00$$

- COSTO FIJO POR HORA.-

$$\frac{65,200}{2,000} = \text{S}/. 32.60$$

- COSTO VARIABLE POR HORA.-

Estimado ..... S/. 30.00



## - COSTO TOTAL POR HORA.-

$$32.60 + 30.00 = \text{S/} 62.60 \text{ por hora.}$$

Consideramos un rendimiento de 3,000 m<sup>2</sup>/ hora.

Costo:  $\frac{62.60}{3,000}$  S/. 0.02 por m<sup>2</sup>

## g).- SELLADO.-

1 Ltr. de asfalto por m <sup>2</sup> .....	S/. 0.35 por m <sup>2</sup>
Riego .....	0.10 " "
Arena 0.01.m <sup>3</sup> .x.20.....1.....	0.20 " "
Extendido y rodillado .....	0.30 " "

- Jornales: Considerando rendimiento de 3,000 m<sup>2</sup>/h

1 Sobrestante 30/3,000 .....	0.01
8 obreros 15 x 8/ 3,000 .....	0.04
Leyes Sociales .....	<u>0.02</u>

Total: S/. 1.02 por m<sup>2</sup>.

## h).- BARRIDO.-

Se estima en: S/. 0.10 por m<sup>2</sup>.

## - COSTO TOTAL DEL ASFALTADO.-

Barrido .....	S/. 0.10 por m <sup>2</sup>
Riego de Imprimac.	0.91 " "
Producción de Asf.	3.10 " "
Transporte .....	0.30 " "
Extendido .....	0.19 " "
Rodillado .....	0.27 " "
Sellado .....	1.02 " "
Barrido .....	<u>0.10</u> " "

Total: S/. 5.99 aprox. S/. 6.00 por m<sup>2</sup>.

## 7.- BERMAS.-

Consideramos los precios del afirmado:

a) Extracción, carga y transporte del material ....	S/. 1.30 m <sup>2</sup> .
b) Nivelación, riego y rodillado .....	<u>0.18 "</u>

Total: S/. 1.48 "

8.- DRENAJE.- Estimamos en total para el km.: S/. 40,000.00

9.- SEÑALIZACION.- Valor estimado en total : S/. 20,000.00.

## RELACION DE PRECIOS UNITARIOS.-

1.-Reconocimiento y trazo.....S/.	502.50 Km.
2.-Corte enroca blanda....."	6.62 m <sup>3</sup>
3.-Corte en roda dura....."	12.35 "
4.-Mov. de tierras-Mat. sueltos-....."	1.05 "
5.-Botar materiales sueltos....."	1.10 "
6.-Mov. de tierras-II Roca-....."	1.72 "
7.- " " " III Roca....."	3.19 "
8.- " " " IV Roca....."	2.64 "
9.- " " " V Roca....."	2.97 "
10.-Botar material rocoso....."	0.93 "
11.-Compactación de materiales sueltos:	
-Rodillo "pata de cabra"	
-Rodillo neumático.	
-Riego....."	0.83 "
12.-Rellenos en Roca:	
-Rodillado.	
-Riego....."	0.48 "
13.-Material p.Afirmado(extrac,cargay transp.).."	1.30 M <sup>2</sup>
14.-Nivelación....."	0.07 "
15.-Compactación:	
-Rodillado y riego....."	0.07 "
16.-Asfaltado (incluye todo)....."	6.00 "
17.-Bermas....."	1.48 "
18.-Drenaje (estimado)....."	40.000.00 Km.
19.-Señalización (estimado)....."	20.000.00 Km.

**-VALORIZACION PARA LOS TRABAJOS DE EXPLANACION.-**

Se hará la valorización de los trabajos de explanación suponiendo que en todo el kilómetro se tiene un avance del 50% en el movimiento de tierras, con el fin de poder hacer un pago parcial a la empresa que tiene a cargo los trabajos.

Carretera.....

Valorización No. ....

Contratista..... Del Km...0...al Km...1.....

Corte en:

Roca blanda.....3,250.5 m<sup>3</sup> a S/6.62 m<sup>3</sup>.....S/.21,500.00

Corte en:

Roca dura.....1,542.5 m<sup>3</sup> 12.35 19,000.00

Movimiento de tierras:

Tramo I..... 210.0 1.05 220.00

Tramo II..... 654.0 1.72 1,120.00

Tramo III..... 1054.0 3.19 3,350.00

Tramo IV ..... 494.0 0.64 1,300.00

Tramo V ..... 1423.0 2.97 4,240.00

Bote a) ..... 1942.00 1.10 2,140.00

Bote b) ..... 1168.00 0.93 1,070.00

Total.....S/.53,940.00

Garantía 10%." 5,394.00

IMPORTE NETO." 48,546.00

PRESUPUESTO GENERAL DEL KILOMETRO EN ESTUDIO.

No. DE PARTIDA	DESCRIPCION	UNI-DAD.	CANTI-DAD.	PRECIO UNIT.	IMPORTE	
					PARCIAL	TOTAL
1.00	<u>RECONOC. Y TRAZO</u>	km.	1	S/. 502.50	S/. 502.5	S/. 502.5
2.00	<u>EXPLANACIONES</u>					
2.01	Desagregación Roca blanda		6,501	6.62	43,000.0	
2.02	Desagreg. Roca dura	"	3,085	12.35	38,000.0	
2.03	Mov. de tierras:					
	Tramo I	"	420	1.05	440.0	
	Tramo II	"	1,308	1.72	2,250.0	
	Tramo III	"	2,108	3.19	6,720.0	
	Tramo IV	"	988	2.64	2,600.0	
	Tramo V	"	2,846	2.97	8,420.0	
	Bote a)	"	3,884	1.10	4,280.0	
	Bote b)	"	2,336	0.93	2,170.0	
2.04	Compactación de materiales sueltos	"	1,741	0.83	1,450.0	
2.05	Compact. de rellenos de roca y mat. suelt.	"	9,459	0.48	4,540.0	113,870.0
3.00	<u>AFIRMADO</u>					
3.01	Extracción, carga y transporte de mat.		7,000	1.30	9,100.0	
3.02	Nivelación	"	7,000	0.07	490.0	
3.03	Compactación	"	7,000	0.07	490.0	10,080.0
4.00	<u>ASFALTADO</u>					
4.01	Asfaltado	"	6,000	6.00	36,000.0	
4.02	Bermas	"	1,000	1.48	1,480.0	37,480.0
5.00	<u>DRENAJE</u>					
5.01	Obras completas: acantarillas, cunet., etc.		Estm.	Estm.	40,000.0	40,000.0
6.00	<u>SEÑALIZACION</u>					
6.01	Obras completas de señalización		Estm.	Estm.	20,000.0	20,000.0
7.00	<u>UTILIDAD CONTRATISTA</u>					26,700.0
8.00	<u>IMPREVISTOS</u>					11,070.0
	T O T A L				S/. 259,702.5	

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION  
DE LA CARRETERA.

- **EXPLANACIONES.-**

Los trabajos de explanación comprenderán la excavación, remoción y colocación de los materiales que forman la subrasante. El contratista se ceñirá estrictamente al dimensionamiento de las secciones transversales, conforme se indica en los planos.

- **Excavación de materiales sueltos.-** Se clasifican como tal los materiales blandos fácilmente removibles con tractores.

- **Excavación en roca blanda.-** Según el muestreo de rocas en el reconocimiento, sólo se considerará como roca blanda la sección comprendida entre la estaca # 15 y la # 30.

- **Excavación en roca dura.-** Igualmente se clasificará como tal para los efectos de pago a la empresa contratista, la zona comprendida en los 400 m. finales.

- Los materiales que se obtienen de las excavaciones serán usados íntegramente en la construcción de rellenos, salvo indicación previa del ingeniero.

- Durante la construcción de la carretera se debe evitar las inundaciones de la zona de trabajo, para lo que se efectuará drenaje apropiado.

- Las cunetas y coronación que descargan junto a terraplenes deben ser construídas de modo que no causen inestabilidad de estos.

- Todos los taludes serán acabados ajustándose a las secciones fijadas, excepto los de roca. No se aceptará en los taludes la presencia de troncos ni raíces.

- Para la excavación en roca se tendrá en cuenta una profundidad de 30 cms. debajo de la subrasante. No aceptándose por consiguiente salientes a menos de 15 cms. de la subrasante.

- No se aceptará para efectos de pago ningún material excavado con otro objeto diferente de las explanaciones, ni ningún material excavado fuera de los límites de los taludes.

- **TERRAPLENES.-** Los terraplenes se formarán de materiales sueltos y en zonas señaladas de material suelto y roca, construyéndose por capas que abarquen todo el ancho de la explanación y tengan un espesor máximo de 60 cms.

- No se permitirá la inclusión de materia orgánica en los rellenos.

- En la zona de rellenos con material suelto y roca, los materiales se distribuirán de modo que las partículas pequeñas ocupen los intersticios del material rocoso.

- La subrasante deberá ser acabada de acuerdo a las secciones transversales y pendientes estipuladas. El contratista tendrá a su cuenta la conservación de la subrasante hasta la entrega definitiva.

- **PAVIMENTO.-**

El contratista está obligado a emplear las mezclas especificadas por el laboratorio tanto para la construcción de la base como del pavimento mismo. El ingeniero residente constatará en el momento que crea conveniente la bondad de la obra, para lo cual hará muestreos en las diferentes etapas del trabajo. El diseño de la muestra asfáltica deberá ser verificada continuamente en el laboratorio.