DISEÑO DE VIA DISTRIBUIDOR DE TRAFICO PROSPERINA – GARITA ESPOL

Pedro Jorge Vallejo Calle[1], Juan Francisco Garcés Vargas[2], Carlos Francisco Sánchez Baquerizo[3].

[1] **Ingeniero Civil - 1998**
[2] **Ingeniero Civil - 1998**
[3] **Ingeniero Civil – 1998**

Director de Tesis: Ing. JULIAN CORONEL RAMIREZ, Ingeniero Civil (Universidad de Guayaquil), Master of Sciencie (Iowa State University), Consultor particular, Profesor de E.S.P.O.L. desde 1973

RESUMEN

El tema de esta tesis es el diseño de la vía que conectará a la E.S.P.O.L. con el distribuidor de tráfico de la Prosperina. Para la realización del diseño se necesita hacer trabajo de campo primero y luego trabajo de oficina.

El trabajo de campo consiste en el levantamiento de una faja topográfica amplia que se extiende entre los puntos de inicio y terminación del proyecto, a través del terreno que luego de inspecciones se consideró ofrece las mejores opciones de colocación del camino.

Con los datos obtenidos en el campo se dibuja la faja topográfica con curvas de nivel, y sobre este " terreno a escala " se procede en oficina al diseño del trazado del proyecto.

Una vez hecho el diseño definitivo de la vía se procedió a replantea las curvas con sus respectivos puntos de inicio y final de curva y sus referencias.

Teniendo los datos del terreno y proyecto se procedió a calcular el movimiento de tierra, determinándose volúmenes de corte, relleno, diagrama de masas y volumen de sobreacarreo, considerando una distancia de acarreo libre de 500 m, que es lo que utiliza el M.O.P.

Los análisis de suelos se efectuaron en puntos estratégicos a lo largo del terreno con lo cual se determinó la clasificación A.A.S.H.O. de los suelos a lo largo de la ruta así como la razón soporte de California (C.B.R.) que se empleo para correlacionar con el módulo de reacción de la sub-rasante (k), parámetro básico para el diseño del pavimento rígido.

Con los datos obtenidos del aforo de tráfico se calcula el T.P.D.A. y aplicando el método de la fatiga se procedió a diseñar el espesor del pavimento.

Finalmente, elaboró un presupuesto referencial del costo de la construcción de la vía, para lo cual se analizaron todos los precios unitarios de cada rubro.

INTRODUCCION

Los caminos son, en primer lugar, un medio de transporte. Deben construirse para permitir y mantener adecuadamente el paso de los vehículos. Con el objeto de lograrlo, el diseño debe adoptar criterios de:

- seguridad (cunplimiento de normas de diseño geométrico)

- resistencia (buen diseño de pavimento)

Estos criterios proceden tanto de los conocimiento teóricos como de la experiencia, habiéndose establecido así ciertas normas generales que rigen los diseños de vías terrestres.

CAPITULO 1

JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO

La vía se encuentra ubicada entre el distribuidor de tráfico de la Prosperina y la garita principal de ingreso a la ESPOL, cuyas coordenadas son:

Distribuidor de tráfico de la Prosperina (inicio de vía):

Abscisa: 0+000

Norte:	9'763.501.76
Este :	617.344.58
Cota:	52.26

Garita de acceso a la ESPOL (fin de vía):

Abscisa: 1+275.19

Norte: 9'762.433.56
Este : 616.688.94
Cota: 85.72

1.2 ESTUDIO DEL PROYECTO

Este proyecto tiene la finalidad de enlazar la vía principal de la ESPOL con el distribuidor de tráfico de la Prosperina el cual tiene ya construido un ramal para este propósito.

Tomando en cuenta el estudio de tráfico se puede observar que gran parte de los vehículos que ingresan a la Politécnica y a los colegios que se encuentran aledaños a la misma usarían esta vía. Además se descongestionaría el ingreso a la ESPOL al existir dos entradas. Esta vía la utilizarían personas que vivan en el sector norte de la ciudad y que utilicen la vía de la Prosperina y aquellas que vivan en ciudadelas que estén ubicadas en la vía Samborondón - La Puntilla, Durán, Entre Ríos, etc.

1.3 CLASIFICACION DEL CAMINO

Las carreteras o caminos se han clasificado de diferentes maneras en diferentes lugares del mundo ya sea con arreglo al fin que con ellas se persigue o por su transitabilidad.

La clasificación del camino se la realiza tomando en cuenta los siguientes aspectos:

Por su objetivo.-
Pueden ser caminos agrícolas, estratégicos, vías urbanas vías interprovinciales.

Caminos agrícolas.- son caminos baratos generalmente lastrados, pueden tener fuertes pendientes y generalmente se observa muchas curvas porque generalmente se sigue el relieve del terreno natural.

Caminos estratégicos.- son caminos baratos y tienden con el tiempo a desaparecer.

Vías urbanas.- son las calles, vías que tienen posibilidades de parqueo.

Vías interprovinciales.- son caminos de buen ancho, buen alineamiento horizontal y vertical y tipo de calzada de buena a excelente.

Por su material.-
Pueden ser caminos de hormigón, lastrados, tierra o terreno natural.

Caminos de hormigón.- pueden ser de hormigón hidráulico, asfáltico o riego asfáltico.

Caminos lastrados.- (empedrados, con grava) son baratos, tienen mayor duración que un camino vecinal; en el costo influye el material que se explota y se lo acarrea desde el río que esté en la zona (piedra de canto rodado) o de la cantera más cercana.
Caminos de tierra o terreno natural.- son muy baratos, muy angostos y generalmente no se los puede utilizar en época de lluvias.

Por el tráfico.-
El M.O.P. ha establecido una clasificación para las vías de acuerdo al Tráfico Promedio Diario Anual (T.P.D.A.).

Para determinar el tipo de carretera a ser diseñada se debe de conocer el tráfico actual y sobre la base de este determinar el T.P.D.A.

El tráfico promedio diario anual es el número de vehículos que pasan en uno y otro sentido en un punto determinado del camino durante las 24 horas del día. Para determinar el T.P.D.A. es necesario conocer y determinar los siguientes tipos de tráfico:

Tráfico futuro.- se lo determina sobre la base del tráfico actual y los pronósticos deben hacerse en un período de 15 a 20 años.

Tráfico generado.- se lo determina por el número de viajes que se efectuarán si se realizarán las mejoras del tráfico y lo constituyen:

Viajes que no se efectuaron anteriormente.
Viajes que se realizaron anteriormente a través de unidades de transporte público.
Viajes que se efectuaron anteriormente hacia otros destinos y que con las nuevas facilidades han sido atraídos hacía la carretera propuesta.

Tráfico desarrollado.- se produce por la incorporación de tráfico durante parte o todo el período de estudio, su efecto se considera a partir de la incorporación de la carretera al servicio.

Para la determinación de la tasa de crecimiento estudiantil se acudió a las oficinas del C.R.E.C.E. en donde con los datos de registros de los últimos seis años se determinó la tasa de crecimiento. Así mismo para la determinación del tráfico actual se procedió a realizar una encuesta de los posibles vehículos que utilizarían la vía.

Se dispuso un período del proyecto de 20 años (n). Así con estos datos se procedió a calcular el T.P.D.A.:

CAPITULO 2

ESTUDIO PRELIMINAR

2.1 ESTUDIO DE LA RUTA

Para disponer de información para establecer previamente las posibles rutas se acudió al departamento de planificación de la ESPOL el cual nos entregó un plano topográfico referencial con el cual se pudo, en oficina, planificar las distintas rutas alternativas para así proceder a realizar la exploración de rutas y reconocimiento de campo.

2.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Una vez representadas las posibles rutas en las cartas geográficas se inicia propiamente el trabajo de campo con reconocimientos de las rutas alternativas, los cuales pueden ser: Aéreos, terrestres o una combinación de ambos.

El objeto del reconocimiento es el de examinar una zona del relieve terrestre con el propósito de obtener una idea de la forma del terreno así como también puntos importantes como quebradas, poblaciones, cerramientos, cauces de ríos y demás detalles.

Para el reconocimiento de campo se establecieron dos polígonos básicos colocando puntos a cada veinte metros y nivelándolos con nivelación cerrada (ida y vuelta) y obteniendo perfiles transversales a intervalos de veinte metros y a cincuenta metros a cada lado de los polígonos base.

2.3 RUTA SELECCIONADA

Luego de realizar el reconocimiento de campo de cada una de las rutas se escogió la que presentaba menor sinuosidad a más de menor longitud y costo de construcción.

2.4 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

La clasificación de la carretera se hace en función del tráfico proyectado de acuerdo al siguiente cuadro de las normas de diseño geométrico de carreteras del M.O.P..

Del cuadro de clasificación de carreteras se puede observar que este caso corresponde a una carretera tipo 2, ya que el T.P.D.A. está entre 1000 y 3000.

Velocidad de diseño.- será la máxima velocidad a la cual los vehículos podrán circular con seguridad sobre la vía.

Dependiendo de este parámetro se pueden determinar los elementos geométricos tales como: diseño de curvas horizontales y verticales, peraltes, etc.

CLASIFICACION DEL CAMINO SEGÚN EL T.P.D.A.

CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO (T.P.D.A.)
R-I O R-II	más de 8000
1- orden	de 3000 – 8000
2- orden	de 1000 – 3000
3- orden	de 300 – 1000
4- orden	de 100 – 300
5- orden	menos de 100

El siguiente cuadro da valores para obtener velocidades de diseño recomendables, en este caso, por ser el terreno demasiado accidentado ya que el promedio de sus pendientes es de 9 % se ha considerado para el diseño un terreno montañoso.

VELOCIDAD DE DISEÑO

CLASE DE CARRETERA	L	O	M
R-I O R-II	120	110	90
1- orden	110	100	80
2- orden	110	100	80
3- orden	100	80	60
4- orden	90	70	60
5- orden	70	60	50

LL= terreno llano

O = terreno ondulado

M = terreno montañoso

Velocidad de circulación (Vc). - es la velocidad real de un vehículo en determinada sección de la vía. La velocidad real del vehículo se halla dividiendo la distancia recorrida para su tiempo de circulación.

A medida que aumenta el volumen de tráfico la velocidad de circulación disminuye esto es debido a la interferencia creada entre los vehículos. Basados en este criterio se determina la velocidad promedio, siendo la velocidad promedio diaria muy diferente.

Con el valor de velocidad de circulación se calculan las distancias de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad para rebasamiento, considerando un volumen de tráfico bajo e intermedio respectivamente.

Distancia de visibilidad de parada (d) .- Es la mínima distancia requerida para detener un vehículo ya sea por restricciones en la línea horizontal o vertical y es igual a:

$d = d_1 + d_2$

siendo:

d_1.-distancia recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor divisa un objeto en la carretera a una distancia d_2, expresada en metros,

d_2.-distancia necesaria recorrida para detener el vehículo completamente después de haberse aplicado los frenos, expresada en metros.

Distancia de visibilidad para rebasamiento de un vehículo (DR) .- se determina en función de la longitud de carretera necesaria para efectuar la maniobra de rebasamiento en condiciones de seguridad. Esta distancia de visibilidad para rebasamineto está constituida por la suma de cuatro distancias parciales que son:

d1 = Distancia recorrida por un vehículo rebasante en el tiempo de percepción reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera, expresada en metros.

d2 = Distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo que ocupa el carril izquierdo, expresada en metros.

d3 = Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante 2/3 del tiempo empleado por el vehículo rebasante mientras usa el carril izquierdo; es decir 2/3 de d2, se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante; esta distancia viene expresada en metros.

d4 = Distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra, expresada en metros.

DR= d1+d2+d3+d4

CAPITULO 3

DISEÑO DEFINITIVO

3.1 TRABAJO DE CAMPO

Luego de seleccionar la ruta sobre la base de menor longitud, menor movimiento de tierra y menor costo consecuente se procedió a realizar la topografía del terreno para lo cual se emplearon los siguientes implementos:

Un teodolito Wild T-2
Un distanciómetro
Un prisma
Una cinta
Un combo
Cuatro machetes
Un tarro de pintura

Personal utilizado:

Cuatro macheteros
Un cadenero
Un operador
Un apuntador

3.2 ESTUDIO DE SUELOS Y MATERIALLES

Para el análisis de suelos y materiales y luego de establecer el eje definitivo del proyecto y la sub-rasante; se hicieron cuatro calicatas, una cada 400 metros de 1 metro de profundidad.

En el material expuesto a dos profundidades diferentes se hicieron ensayos de densidad relativa de campo, y se obtuvieron muestras en fundas plásticas pequeñas para hacer ensayos de clasificación (granulometría y límites de consistencia), y muestras voluminosas para realizar ensayos de húmedad-densidad (Proctor) y de razón de soporte de California (C.B.R.).

Densidad de campo.- es obtenida mediante la relación peso sobre volumen ocupado por ese peso.

Granulometría.- para obtener la distribución granulométrica de un material, se separan los diferentes tamaños utilizando el proceso de tamizado para tamaños de gránulos mayores que 0.07 mm. Y el proceso de sedimentación para tamaños que pasan el tamiz 200.

Límites de consistencia.- se entiende por consistencia el grado de cohesión de las partículas de suelo limoso y /o arcilloso.

La cohesión de los suelos aumenta al disminuir la humedad y su consistencia depende del estado (líquido, plástico, semisólido o sólido) en que lo mantenga su contenido de humedad. Los puntos de transición de un estado a otro fueron fijados por Atterberg; los cuales fueron establecidos de la siguiente manera:

Estado líquido

Límite líquido

Estado plástico

Límite plástico

Estado semisólido

Límite de contracción

Estado sólido

Los límites de consistencia o también llamados límites de Atterberg, tienen gran importancia, ya que el conocimiento de sus valores completa la clasificación de los suelos y se puede tener idea cierta de características tales como compresibilidad y resistencia al corte en estado saturado que permiten prever problemas potenciales y posibles soluciones.

Relación humedad-densidad.- Existen varios métodos para determinar la humedad óptima y la densidad máxima de un suelo. Los métodos dinámicos utilizan cargas dinámicas aplicadas mediante martillos, mientras que los métodos estáticos utilizan cargas estáticas aplicadas mediante prensas hidráulicas. Los métodos hidráulicos más empleados en la actualidad son los estandarizados por la AASHO, y son el AASHO STANDAR T –99 (Proctor estandar) y el ASSHO STANDAR T – 180 (Proctor modificado).

Método standar T – 180.- también llamado proctor modificado; consiste en determinar la relación humedad-densidad de un suelo empleando un molde de 6 " de diámetro, con un collarín superpuesto, un martillo de 10 libras y una altura de caída de 18 ", compactando al material en 5 capas.

CBR.- en este ensayo se establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles. Si bien este método es empírico, se basa en trabajos de investigaciones de laboratorios de ensayos de suelos, y en el terreno por lo que se considera un procedimiento práctico bastante aceptable, aun cuando este método de evaluación de los materiales está cayendo en desuso.

3.3 ESTUDIO DE DRENAJE

El Drenaje es un factor muy importante y de gran trascendencia en el diseño de toda carretera, tanto para su estabilidad como para su conservación.

El estudio de drenaje comprende dos aspectos fundamentales:

1.- El drenaje superficial del agua que se escurre sobre el terreno del camino, sea que provenga directamente de la lluvia, de cauces naturales o de aguas almacenadas.

2.- La interceptación y control del agua subterránea que fluye lateralmente bajo la influencia de la gravedad o que se eleva verticalmente por efecto de la capilaridad, afectando a la estructura de la carretera.

Drenaje superficial.- Corresponde a lo relacionado con cunetas de coronación, cunetas de plano, canales, alcantarillas y puentes, y una vez que se ha localizado la carretera, hay que considerar dos aspectos básicos como son:

a) Hidrología: Estimación de los caudales máximos de escurrimiento que se deben drenar.

b) Diseño hidráulico: Selección de los tipos y tamaños de la estructura, drenaje para servir en los escurrimientos estimados sin que ocurran problemas de socavación o embalsamiento.

Localización de las alcantarillas

Para una buena localización de las alcantarillas se debe de tomar en cuenta:

Alineamiento.- corresponde al acomodamiento de la estructura a la topografía del terreno, esto que la alcantarilla coincida con el lecho de la corriente, para así poder facilitar la entrada y salida del agua.

Pendiente.- en lo posible debe de ser igual a la que lleva la corriente, instalándose la alcantarilla de tal forma que su fondo coincida con el lecho de la corriente.

Cunetas

Son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino, el agua que escurre por los cortes y a veces la que escurre por pequeñas áreas adyacentes. Cuando las cunetas pasan del corte al terraplén, se prolongan a lo largo del pie del terraplén dejando una berma convencional entre dicho pie y el borde de la cuneta para evitar que se remoje el terraplén lo cual es la causa de asentamientos.

La forma de las cunetas depende de la cantidad de agua que va a ser escurrida, del ancho del camino y de sus dimensiones.

3.4 PLANOS.

3.5 DISEÑO GEOMETRICO.

Curvas horizontales:

Se clasifican en curvas circulares simples, compuestas y reversas.

Curvas circulares simples.- Así se denomina a un arco de círculo simple que empalma dos tangentes, tal como puede apreciarse en la figura.

Curvas circulares compuestas.- Están formadas por dos o más curvas circulares simples de radios diferentes. Se emplean principalmente con el fin de obtener que el eje de la vía se ajuste lo más posible al eje del terreno; tienen notables ventajas cuando el trazado se desarrolla en terrenos montañosos, pues en algunos casos se hace necesario emplear dos, tres o más curvas simples de radio diferente.

Curvas circulares reversas.- Son aquellas que pudiendo tener el mismo radio siguen un sentido inverso. Estas curvas son poco utilizadas y sólo se justifica cuando deben evitarse grandes movimientos de tierra.

Curva de Transición

Una curva de transición aumenta gradualmente la curvatura, eliminando de esta forma un cambio brusco en la velocidad de desplazamiento lateral de los vehículos. Debe situarse una curva de transición o espiral entre tangentes, en cada extremo de una curva simple y entre las curvas simples de una curva compuesta.

La longitud de la espiral debe ser tal que dé a los pasajeros tiempo para adaptarse a la fuerza centrífuga desbalanceada, sin sentir un movimiento brusco al entrar o salir de la curva.

Las principales ventajas que ofrecen las curvas de transición son:

a) Las curvas de transición diseñadas adecuadamente ofrecen al conductor una trayectoria fácil de seguir de manera que la fuerza centrífuga se incremente y decrezca gradualmente conforme el vehículo entre en la curva circular y sale de ella.

b) La longitud de la curva de transición permite un adecuado desarrollo del peralte cumpliéndose aproximadamente la relación velocidad-radio, para el vehículo circulante.

c) Cuando la sección transversal necesita ser ensanchada a lo largo de una curva circular, la curva de transición también facilita la transición del ancho.

Peralte

Cuando un vehículo sigue la trayectoria de una tangente y pasa a la de la curva, al recorrer esta aparece la fuerza centrifuga que origina dos peligros de estabilidad para el vehículo en movimiento:

El peligro de deslizamiento transversal y el peligro del vuelco.

El primero se presenta cuando el coeficiente de rozamiento transversal μt no es suficiente para que P. μt sea mayor que la fuerza centrífuga Fc, y el segundo se presenta cuando el momento de Fc es mayor que el momento del peso del vehículo.

Para evitar los peligros mencionados es necesario peraltar las curvas.

Radio mínimo de curvatura.

El radio mínimo de las curvas horizontales es un valor límite para una velocidad de diseño dada y se lo determina al máximo peralte admisible y coeficiente de rozamiento transversal.

El MOP recomienda un peralte máximo de 10 %.

Magnitud del peralte

La distribución debe hacerse de tal forma que exista una relación lógica entre su magnitud y el coeficiente de fricción lateral de acuerdo a los siguientes criterios:

a) El peralte varía desde cero hasta el máximo valor recomendado, en forma inversamente proporcional al radio de la curva. El peralte es de tal magnitud que por si sólo, sin sobrepasar el máximo aceptable, es capaz de contrarrestar la fuerza centrífuga desarrollada por la velocidad de circulación del vehículo para volúmenes de tráfico bajo.

b) El peralte tiene una relación curvilínea con los diferentes radios de una curva. Esta relación tiene una distribución práctica en toda su amplitud, mediante una parábola simple,, gobernando la distancia horizontal.

Desarrollo del peralte.

Luego de calculado el peralte, habrá que alcanzarlo gradualmente, es decir, pasar paulatinamente de una sección recta con cierta inclinación transversal (bombeo) hasta otra sección en la curva cuya inclinación es el peralte. Para conseguir este cambio, se necesita una longitud (LT) de desarrollo del peralte.

Existen tres métodos para el desarrollo del peralte.

1) Haciendo girar la calzada alrededor de su propio eje.

2) Haciendo girar la calzada alrededor de su borde interior.

3) Haciendo girar la calzada alrededor de su borde exterior.

En curvas circulares, la longitud de transición del peralte se distribuye 1/3 en la curva y 2/3 en la tangente. En curvas espirales el peralte se lo desarrolla a todo lo largo de la longitud de la espiral

El valor de la longitud de transición del peralte esta en función del gradiente longitudinal
(i).

Curvas verticales

Los elementos que constituyen el perfil longitudinal de la subrasante deben enlazarse por medio de las curvas verticales, convexas o cóncavas, de longitud variable. Así pues, las curvas verticales se emplean para pasar gradualmente de un tramo en que la subrasante tiene una pendiente determinada a otro en que la pendiente es diferente, pudiendo presentarse dos casos: uno en que vamos subiendo y luego bajamos, denominado cima, y el otro en el cual se baja y luego se sube llamado columpio.

Unicamente se proyectará curva vertical cuando la diferencia algebraica entre dos pendientes sea mayor de 0.5%, ya que en los casos de diferencia igual o menor a la indicada, el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción.

En el primer caso sí se proyecta la curva vertical, pero en el segundo caso no.

La curva que mejor satisface el cambio gradual de una tangente a otra es la parábola, porque si se intercala la rama de una parábola entre los dos puntos, se obtiene una variación uniforme de pendiente y además la entrada y la salida resultan suavizadas porque en ellas la variación de pendiente es la mitad que para el resto de la curva.

Curva vertical convexa

La longitud mínima de las curvas verticales se determina sobre la base de los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura de ojo del conductor de 1.15 m. y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera de 0.15 m.

Esta longitud se la obtiene de la siguiente manera:

$$L = \frac{A * S^2}{426}$$

donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa, expresada en metros.

A = Diferencia algebraica de las gradientes expresadas en porcentaje.

S = Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo expresada en metros.

$$S = 0,7 * Vd + \frac{Vd^2}{254 * (f - G)}$$

donde :

Vd = Velocidad de diseño expresada en metros por segundo.

f = Coeficiente de fricción, adimensional.

G = Gradiente mayor de las dos tangentes de la curva.

PIV = Punto de intersección vertical

PCV = Punto de curva vertical.

PTV = Punto de tangente vertical.

L = Longitud de la curva en metros.

X ,Y = Coordenadas de cualquier punto de la curva.

D = Ordenada en el extremo de la curva.

d = Ordenada en el eje de la curva.

Curva vertical cóncava

Difiere de la curva vertical convexa en el cálculo de la longitud de la curva cuyo valor es igual a:

$$L = \frac{A * S^2}{(122 + 3,5 * S)}$$

En donde los demás elementos se determinan de la misma manera que las curvas convexas.

3.6 MOVIMIENTO DE TIERRA

Determinación de las áreas de los perfiles transversales.

El movimiento de tierra en los diferentes tipo de obra sobre todo viales es lo más importante en el presupuesto. Al realizar los cortes o rellenos, se ocupa un área que hay que expropiar, a veces hay que revestir y siempre conservar los taludes de los desmontes o terraplenes. Así mismo es preciso conocer los volúmenes de tierra a desmontar o a terraplenar; por tal motivo es necesario las áreas de los perfiles transversales del camino.

Está determinación se la hace ya sea analíticamente, por planímetro o su vez por medio de programas como es el caso de este proyecto en que se ha utilizado el TOPOGRAPH .

Existen diferentes métodos para determinar los volúmenes entre las secciones transversales; entre ellos el del prismoide, en donde la sección media es igual a la medida de las secciones extremas, es decir:

$$Am = \frac{A1 + A2}{2}$$

Am: área de la sección media en metros al cuadrado.

A1, A2: área de cada sección en metros al cuadrado.

Y es volumen del prismoide es igual a :

$$V = \frac{A1 + A2}{2} * d$$

d: distancia entre las secciones en metros

El cálculo del volumen de tierras a mover, por cualquiera de los métodos aproximados, da suficiente exactitud, siempre y cuando la distancia entre las dos secciones transversales sea tal que la diferencia de cotas rojas y anchos de ocupación no sea excesiva.

Cuando las dos secciones consideradas sean mixtas de corte y relleno, como se muestran en las figuras que siguen, si los puntos de paso de las dos secciones están en una recta paralela al eje del camino, los volúmenes de corte y relleno serán:

$$VR = \frac{R_1 + R_2}{2} * d$$

$$VC = \frac{C_1 + C_2}{2} * d$$

Donde:

VR = volumen de relleno en metros cúbicos

VC = volumen de corte en metros cúbicos

R_1 y R_2 = áreas de relleno en metros cuadrados

C_1 y C_2 = áreas de corte en metros cuadrados

d = distancia entre secciones en metros

Para este proyecto se ha obtenido los volúmenes de los cortes y rellenos por medio del programa TOPOGRAPH .

Diagrama de Masas

Cuando la conformación de un proyecto incluye sobre acarreo, se acostumbra a trazar, un diagrama de masas.

Para la obtención de un diagrama de masas se cuenta con los perfiles que tienen las estaciones topográficas como abscisas y las elevaciones como ordenadas.

El diagrama de masas tiene las mismas abscisas, pero sus ordenadas representan la suma algebraica de la excavación y el relleno entre un punto seleccionado de partida y cualquiera de las estaciones en cuestión.

Para poder utilizar correctamente las curvas de masas es necesario conocer algunas características de las mismas:

1.- La ordenada de cualquier punto, sobre la curva de masas representa los metros cúbicos acumulados de corte o relleno que hay hasta ese punto en el perfil longitudinal.

2.- Una curva de masas que se eleva indica excavación hasta ese punto del camino y una curva que baja indica relleno.

3.- Las inclinaciones pronunciadas de las curvas de masas reflejan grandes cortes o rellenos, pendientes suaves indican pocas cantidades de movimiento de tierras.

4.- Los puntos que indican los cambios de una sección de corte y una de relleno, corresponden a un máximo, y lo inverso corresponde a un mínimo.

5.- Si una curva es convexa indica que el acarreo es de izquierda a derecha y si es concava el acarreo es derecha a izquierda.

6.- Cualquier línea horizontal que corte un sector del diagrama intercepta a la línea curva, en dos puntos entre los cuales el corte es igual al relleno, a esta línea se la conoce con el nombre de línea de compensación o balance.

Distancia de acarreo libre. En la construcción de terracerías con volúmenes considerables, la longitud del acarreo necesario para colocar los materiales de excavación en los rellenos correspondientes, ejerce una influencia importante en el costo de operaciones. Debido a que ocurren en estos casos variaciones considerables en la longitud de acarreo del material excavado, se ha adoptado la práctica de considerar dentro del precio de excavación, el acarreo del material a cierta distancia que se la denomina distancia de acarreo libre. Esta distancia se la ha asumido sea de 500 metros. La distancia de acarreo libre es la distancia a la que cada metro cúbico de material puede ser movido sin que se haga, por lo tanto un pago adicional.

Distancia de sobre acarreo. El sobre acarreo es el transporte de los materiales ya sea del corte o de un préstamo a mayor distancia que la del acarreo libre. A la distancia que hay del centro de gravedad del corte (o préstamo) al centro de gravedad del relleno que se forma con ese material, se le resta la distancia de acarreo libre para obtener la distancia media del sobre acarreo. El valor de sobre acarreo se obtiene multiplicando esa distancia, por los metros cúbicos de la excavación, sujeta a sobre acarreo.

Préstamos y desperdicios. Si se determinan correctamente, con anterioridad, los factores de esponjamiento y de reducción de los materiales, se puede observar que los volúmenes de corte son suficientes para construir los rellenos y no hay desperdicios. Sin embargo, es común que las determinaciones de los factores antes mencionados no se determinen a cabo y sean nada más supuestos con lo cual la curva de masa no se cumple enteramente y los cortes no son suficientes para rellenar, siendo necesario hacer préstamos de los materiales que deben ser autorizados por el Ingeniero. Si en un determinado caso se observa que los préstamos se repiten sistemáticamente puede modificarse el proyecto de la subrrasante.

Si los préstamos son nada más eventuales, puede modificarse la curva de masa corrigiendo los esponjamientos o reducciones de acuerdo a la realidad.

Cuando por una determinada causa sea necesario hacer uso de un préstamo, en muchas ocasiones se presenta duda de si es más conveniente tomar los materiales de un préstamo o sobre acarrearlos de un corte. Para ello es necesario determinar la distancia económica de sobre acarreo.

CAPITULO 4

DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1 PAVIMENTO

El pavimento es una estructura de capas de materiales diferentes que tiene por objeto proveer una superficie de rodadura lisa y durable.

En la actualidad se puede decir que no existe una terminología única para designar las diferentes partes que forman un pavimento. Sin embargo comúnmente, un pavimento en su forma más completa se construye de varias capas teniendo cada una de ellas su función específica.

En general los pavimentos se dividen en dos tipos: los pavimentos rígidos o de concreto hidráulico y los pavimento flexibles o de hormigón asfáltico. La diferencia entre ellos estriba en que los pavimentos flexibles presentan muy poca resistencia a la flexión.

Proyecto de espesor de los pavimentos

Son muchos y muy diferentes los métodos que existen para proyectar el espesor de un pavimento. Sin embargo el problema es bastante complejo y su estudio bastante reciente como para que pueda haber llegado a un método que pueda ser seguro y de una aceptación tan general como los métodos de proyecto que se emplean en otras ramas de la ingeniería. En términos generales que la confianza que se puede tener en cada uno de ellos depende de la cantidad de comprobaciones experimentales a que hallan sido sometido. Por otro lado, cada uno de los métodos que existen para proyectar el espesor de los pavimentos exige una suficiente cantidad de conocimiento, experiencia y sentido común por parte de quién los aplica.

Para este caso se va a diseñar un pavimento rígido mediante el método que se fundamenta en el concepto de que la falla de las losas del pavimento ocurre por fatiga, en el supuesto caso de que los esfuerzos originados por las cargas no excedan la resistencia o flexión del concreto.

Diseño de las juntas.

Como es conocido, en nuestro medio, para losas de longitud mayor a 4,5 metros se producen fisuras de contracción en la mitad del lado largo de la misma; y, para evitar esto, se diseñan losas cuyo lado largo no exceda 4,5 metros.

Adicionalmente hay que destacar que las fisuras causadas por flexión y/o por contracción (y en algunos casos por las cargas) son perjudiciales para el pavimento solo si la transferencia de los esfuerzos a lo largo de las fisuras se pierde. Un buen diseño de hormigón debe considerar un método para que exista transferencia de esfuerzos a lo largo de las fisuras. De esta aseveración se pude deducir lo siguiente:

1.- Losas cortas pueden ser diseñados para asegurar la transferencia de carga de una losa a . otra.
2.- Losas largas pueden diseñarse distribuyendo acero para evitar las fisuras.
3.- Diseñar losas que permitan el movimiento en las juntas con el uso de barras lubricadas . . (este es el procedimiento de empleo común en nuestro medio).

Juntas longitudinales y Juntas transversales (de contracción).

Cuando se diseña un pavimento de varios carriles es necesario el uso de juntas longitudinales, en donde las barras de amarre (tie bars) son colocadas a intervalos de aproximadamente 3 pies. Estas barras (tie bars) deben ir firmemente aseguradas para prevenir el movimiento relativo entre losas de los carriles adyacentes.

Las juntas de contracción expansión deben ser diseñadas con el propósito de permitir el movimiento que produce la contracción que se genere dentro del hormigón. La abertura de las juntas generalmente se mantiene en aproximadamente 1/4 de pulgada.

Para prevenir la posibilidad que se pierda la transferencia de carga en las juntas de contracción , se diseñan barras de acero lubricadas por lo menos en uno de sus extremos. Debe proveerse de una cápsula de expansión con suficiente espacio para que las barras tengan espacio para el movimiento durante el proceso de contracción.

Efecto conjunto de las barras en las juntas transversales

Cuando las cargas son aplicadas en las juntas, una porción de la carga es transmitida a través de las barras al siguiente paño de losa. Las barras bajo la acción de la carga asumen inmediatamente la mayor parte de ésta junto con las otras barras, asumiendo así progresivamente menor cantidad de carga. El comportamiento de las barras fue estudiado por Friberg, quien observó que según el análisis teórico presentado por Westergaard, el máximo momento negativo ocurre a una distancia de 1,8l de la carga. De esta manera, si una serie de barras es diseñada, la barra sobre la cual se aplica la carga soportará la mayor parte de ésta, decreciendo hasta cero a una distancia de 1,8l de la primera barra.

Transferencia de carga a través de la junta.

Teóricamente, si la barra es 100% eficiente, la barra transferiría la mitad de la carga aplicada hacia el siguiente paño. Esto sería cierto si cada barra de deflectara una misma cantidad y cada una de ellas asumiera la mitad de la carga aplicada. Además, si la carga es aplicada a una pequeña distancia de la junta, la carga de diseño para el diseño de la barra sería la mitad de la carga de diseño, esto sumado a que la repetida aplicación de las cargas tiende a reducir la capacidad de transferencia de carga.

De esta forma, la carga de diseño transferida puede ser tomada como 45% de la carga de diseño para la mayoría de los casos. La carga transferida se representa por Pt.

CAPITULO 5

PRESUPUESTO

BIBLIOGRAFIA

1.- Frederick S. Merritt, Manual del Ingeniero Civil, Tercera Edición, 1992, West Palm Beach.

2.- Carlos Crespo Villalaz, Vías de Comunicación, Segunda Edición, 1982, México.

3.- Alvaro Torres, Topografía, Segunda Edición, 1968, Colombia.

4.- William Irvine, Topografía, Primera Edición, 1975, México.