

TESIS DE GRADO

Curso: CAMINOS

Tema: PASO A DOS NIVELES.

RAUL MATA CASTILLO

Promoción 1957

## INTRODUCCION

Lima, nuestra "Gran Lima", es al igual que otras viejas ciudades de América del Sur, una urbe de trazo antiguo, a damero, con calles angostas, salvo las zonas modernas como San Isidro, Miraflores, Barranco, y en general toda la parte de los Baños del Sur, incluyendo la zona de Monterrico.

Lima fué proyectada antaño y por lo tanto no está preparada ni diseñada para rascacielos, autos de grandes velocidades, ni para otros inventos y adelantos clásicos de nuestra época, en que todo es a lo grandioso e imponente. Resultado de esta añeja configuración, no es de extrañar que sea el tránsito, el problema que actualmente más afecte la vida urbana.

En el afán de resolver el problema, primeramente se optó por los semáforos, sistema este que poco a poco, debido al creciente volumen del tránsito, va siendo mas molesto al conductor por aumentar las distancias en cuanto a tiempo de recorrido, este fenómeno se puede observar en los jirones céntricos y en las rutas al Sur.

Conforme pasó el tiempo, se notó que a pesar de existir semáforos, los cruces importantes presentaban el inconveniente de los giros a la izquierda, que seguían congestionando el tránsito, debido a ésto se optó por prohibir esos giros, tales los casos de los cruces de principales avenidas como Wilson con Paseo Colón, Wilson con España, Wilson con 28 de Julio, etc.

Para facilitar el tránsito, muchas avenidas y jirones principales tuvieron que ser convertidos en vías de un sólo sentido de circulación, tales los casos de: Av. Brasil, Av. Arenales, Av. Petit Thouars, Washington, etc.

A pesar de haberse ensayado todas estas soluciones, hay cruces que siguen produciendo congestiones y embotellamiento de tránsito, es en éstos precisamente en los cuales hay que buscar una solución radical y completa al problema, una intersección de ese tipo es la ubicada en 28 de Julio, Arequipa, Wilson, con el agravante de tener una quinta calle que nace en este cruce, tal calle es la Av. República de Chile, con un sólo sentido de tránsito: Norte-Sur.

En el citado punto de intersección, debido al gran volumen de vehículos que circulan por las calles concurrentes, se vió la necesidad de colocar semáforos y prohibir los giros a la izquierda, presentandose actualmente el caso de tener la Av. Wilson materialmente sembrada de semáforos, lo que hace que el tránsito hacia Miraflores y los Bañerios del Sur sea de una lentitud desesperante, con la consiguiente pérdida de tiempo y dinero, tanto para particulares como para propietarios de vehículos de transporte, de pasajeros como de carga.

Por lo anteriormente dicho, es que veo la necesidad de crear en esta intersección, una solución integral, que conjuntamente y complementándose con la Tesis de Grado del Sr. Carlos Torres Llosa, sobre la Plaza Jorge Chávez, solucionen una de las zonas con tránsito más congestionado de nuestra capital.

## CAPITULO I

### ESTUDIO DE TRANSITO

Para comenzar el estudio de las posibles soluciones a un problema de tránsito es necesario e imprescindible, conocer todos los factores y características del tránsito actual, para que con su conocimiento, se pueda lograr la solución justa y correcta al problema que se estudia. Entre las características las que más interesan son:

- a) Volumen máximo horario
- b) Capacidad de las vías.

#### Determinación del máximo volumen horario.-

Para este objeto deben considerarse datos de por lo menos un año, obteniéndose así los valores que se repiten con más frecuencia. En mi caso, ante la carencia de datos y el poco tiempo disponible, realicé este estudio apoyandome en las recomendaciones que para el efecto me fueron proporcionadas por la O.N.P.U. ( Oficina Nacional de Planeamiento y Urbanismo), en dicha entidad se me informó que los máximos horarios para las principales arterias de Lima, se producen entre las 12 m. y 1 p. m. y entre las 6p.m. y 7 p.m., asimismo se me proporcionaron cuatro centímetros de mano.

El control se realizó separando el tránsito en tres categorías:

- a) Autos
- b) Omnibus y Camiones

c) Otros

en este último rubro estaban comprendidos las motocicletas, las bicicletas, y los vehículos de tracción animal.

En total se controlaron 15 direcciones de tránsito, siendo imposible determinar 3 más por haber prohibición de giro a la izquierda, estas direcciones no controladas son:

- a) De Wilson a 28 de Julio ( rumbo a La Victoria )
- b) De Arequipa a 28 de Julio ( rumbo a Breña )
- c) De 28 de Julio a Wilson.

En este trabajo colaboraron mis discípulos siguientes:

Alejandro Pimentel, controlando direcciones 1, 2, y 3

Ernesto Farragut, controlando direcciones 4 y 5

Carlos Pimentel, controlando direcciones 8 y 9

Carlos Torres Llosa, controlando direcciones 10 y 11

Angel Pacheco, controlando direcciones 12 y 13

Benjamín López, controlando las direcciones 14 y 15

las direcciones 6 y 7 las controlé yo.

Los resultados obtenidos se encuentran tabulados en las páginas siguientes lo mismo que el gráfico representativo de éstos.

Capacidad de las vías.

Para este estudio habrá que recordar algunas definiciones:

Capacidad básica.- Es el máximo número de vehículos para pasajeros que puede circular por un punto de un camino durante una hora, en las condiciones más próximas a las ideales de la vía y del tránsito.

Capacidad posible.- Es el máximo número de vehículos para pasajeros que pueden circular por un punto de un camino en una hora, en las condiciones predominantes de la vía y del tránsito.

Capacidad práctica.- Es el máximo número de vehículos para pasajeros que puede circular por un punto de un camino en una hora, sin que la densidad del tránsito sea tan grande que produzca retraso, dificultades o restricciones a los conductores para maniobrar en las condiciones predominantes de la vía y el tránsito.

Por lo anteriormente definido podemos deducir que en el cruce de Wilson- 28 de Julio- Arequipa, en el cual la densidad del tránsito es grande, no se puede determinar la capacidad práctica, pero se puede asumir que la actual es la práctica.

Como con la instalación del paso a dos niveles se va a eliminar la dificultad de la gran densidad, la capacidad futura la podemos asumir de tal forma, que cubra el tránsito actual y sus probables aumentos, para ésta, hay que considerar las características geométricas de las futuras vías y de los puentes, así como de los accesos.

La capacidad del paso será de 2,000 vehículos-hora por vía de circulación en los alineamientos rectos, y de 1,000 en las rutas con giro de 90 grados, estos valores son bastante mas altos que los controlados en la determinación de los máximos volúmenes horarios actuales.

## CAPITULO II

### SOLUCION AL TRANSITO

Por lo expuesto en la introducción de este proyecto, he llegado a la conclusión que el paso a dos niveles es la única solución completa al problema, existiendo dentro de ella dos posibilidades que estudiaré a continuación.

a) Hundiendo la Av. 28 de Julio.- Desde el punto de vista del proyecto aislado, esta sería la solución mas correcta ya que se contaría con cuadras largas en el sitio de las rampas, lo que permitiría tener las cuatro hojas del trébol completas, con longitud igual al perímetro de una manzana, debido a que las rampas no obstruyen ninguna calle próxima al cruce. En lo que respecta a la bifurcación Arequipa - R. de Chile no presentaría ningún problema, ni estructural ni de tránsito. Desde el punto de vista estético no se obtiene una solución muy elaborada, siendo ésta sólo percivida por el tránsito que circula por 28 de Julio.

b) Hundiendo Avs. Wilson, Arequipa y R. de Chile.- En este caso no se podría contar con las cuatro hojas de trébol, por no haber una manzana aparente para tal fin en el lado del Club Lawn Tennis de la Exposición,

en el caso anterior se utilizaba el Parque Jorge Chávez, pero en la presente solución no se puede por la longitud de la rampa, que va mas allá sin permitir el giro. En el sistema de rampas se impondría la bifurcación de la del lado sur para satisfacer las necesidades del tránsito que viene por la Av. Wilson y toma la ruta al sur, tanto por la Arequipa como por la R. de Chile. Esta solución exige la construcción de dos puentes, uno principal sobre el alineamiento Wilson - Arequipa, y otro sobre la bifurcación a la Av. R. de Chile sirviendo para el desvío de 28 de Julio a Arequipa. En el aspecto estético, da una solución muy bella en todos los sentidos del tránsito.

Justificación de la solución escogida.-

Como ya he dicho en la introducción, este proyecto conjuntamente con el del Sr. Carlos Torres Llosa, trata de solucionar una de las zonas mas congestionadas de la capital, por tal motivo nuestros trabajos tienden a complementarse. En la Plaza Jorge Chávez, la única solución factible es hundiendo la Av. 28 de Julio, para pasar por abajo de Washington y de Guzmán Blanco. Considerando este hecho, he llegado a la conclusión de que tengo que escoger la solución (b), es decir hundir Wilson - Arequipa - R. de Chile. A continuación expondré los motivos que me han inducido a esto.

1.-La solución de la Plaza J. Chávez exige que la Av. 28 de Julio permanezca hundida por espacio de casi 300 metros, si yo hundo también ésta, la longitud se alargaría a casi 450 metros, siendo imposible subir con intención de tomar Washington o Guzmán Blanco, o bajar de Salaverry a 28 de Julio por la gran cantidad de rampas que serían necesarias y que no alcanzan en el ancho de la avenida, aclararé esto con un ejemplo, supongamos que viene un vehículo por Salaverry y quiere ir a La Victoria, ba-

jaría por una rampa para tomar 28 de Julio, del mismo modo, uno que viene por 28 de Julio y quiere ir a Miraflores subiría por otra rampa, lo mismo pasa al otro lado de 28 de Julio, en la ruta Este-Oeste, lo que equivaldría a tener 4 rampas de una trocha, que sumadas a las cuatro trochas de las 2 vías inferiores nos da ocho trochas de 3.60, lo que es igual a 28.80 metros, lo cual sumadas los anchos de muros y separación de tránsito da arriba de 30.00mts. valor muy por encima de los actuales 18.20 mts. de pista.

2.- Si escojo la solución (a) obstaculizo la de la Plaza Jorge Chávez, y en vez de ser trabajos para solucionar en común, serían trabajos que se oponen, sin que de ello sea factible sacar algo de provecho para la solución del problema que en conjunto debe ser resuelto.

3.- Desde el punto de vista estético la solución (b) es mucho mejor que la (a), por permitir una mayor sensación paisajista, a la vez que rompe la monotonía que resultaría de adoptar la primera solución con la Av. 28 de Julio hundida en mas de 450 metros.

Debido a todas estas consideraciones, es que he escogido como solución correcta, la segunda de las estudiadas, es decir, la (b). La dificultad de faltar una hoja de trébol la he obviado por medio de una paleta de volteo a la izquierda, colocada en la Av. Arequipa, entre Mariscal Cáceres y Vargas Machuca, que por poseer vías de aceleración y de desaceleración, no fastidian con su evolución al tránsito que sigue la ruta recta. Esta paleta de volteo está colocada entre dos calles para evitar que sirva para cruzar la Av. Arequipa, a la vez de obtenerse un mejor encausamiento del tránsito.

Solución al Tránsito.-

Una vez escogida la solución por paso a dos niveles, con las avenidas Wilson, Arequipa y República de Chile hundidas pasará a estudiar el tránsito por estas vías y por todas aquellas que tengan alguna relación con el cruce.

Primeramente voy a indicar los cambios de sentido de tránsito, en aquellas calles que se necesiten para conseguir las hojas de trébol que permitirán el correcto uso de la solución.

Cambios de sentido de tránsito.-

- a) Av. Petit Thouars, en la primera cuadra, tomará el sentido norte-sur
- b) Prol. P. Thouars, al costado del Ministerio de Fomento, dos tránsitos, previa ampliación de la vía.
- c) Espalda del Ministerio de Fomento, dos tránsitos, previa ampliación de la vía.

Tránsito en el paso a desnivel.- Como los vehículos que siguen una progresión recta no ofrecen dificultad a su estudio, a continuación voy a indicar las rutas a seguir por los que cambian de dirección, ya sea a la derecha o a la izquierda, para esto, estudiaré los tránsitos separadamente.

A).- Tránsito por 28 de Julio, rumbo: Oeste-Este. - *Oeste*

- a.- Giro a la derecha.- Dos posibilidades, al llegar a P. Thouars dobla para dar la vuelta alrededor del Ministerio de Fomento, o antes de llegar al puente, tomar la derecha de la vía para entrar por la trecha de volteo, en ambos casos se incorporan al tránsito de Wilson.

b.- Giro a la izquierda.- En este caso sigue de frente sobre el puente hasta el jirón Washington, va rumbo norte hasta la calle Chíncha para incorporarse por ella, al tránsito de la Wilson con rumbo al sur. La incorporación del tránsito no ofrece dificultades, pues una cuadra antes de Chíncha, es decir, desde Huancayo, la isla central comienza a angostarse de 3.50 hasta 0.70 frente a Chíncha, a su vez, por marcas en el piso se encausa el tránsito con dirección a la rampa de bajada.

B).- Tránsito por 28 de Julio, rumbo: Oeste-Este

a.- Giro a la derecha.- Está dividido en dos trechas separadas, según sea para voltear a R. de Chile o a Arequipa, en el primer caso, antes de terminar el Parque J. Chávez, se pega a la derecha para tomar el primer desvío, éste a su vez después se divide en dos, el lado izquierdo para los que van a R. de Chile y el derecho para los que usan el Parque J. Chávez como hoja de trébol en la solución de la Plaza J. Chávez.

Los vehículos que van a la Av. Arequipa toman otro desvío antes de entrar al puente.

b.- Giro a la izquierda.- En este caso se sigue de frente sobre el puente hasta llegar a Petit Thouars, se dobla a la derecha para que por medio de Mariscal Cáceres incorporarse al tránsito de la avenida Arequipa y pasando bajo el puente seguir con rumbo al norte.

C).- Tránsito por la Av. Arequipa.

a.- Giro a la derecha.- Antes de llegar a la rampa se pega a la derecha y dobla por la trecha de volteo, para incorporarse al tránsito de 28 de Julio.

b.- Gire a la izquierda.- Pasa debajo del puente hasta la calle de la espalda del Ministerio de Fomento, dobla a la derecha y toma la Prolongación Petit Thouars, para incorporarse al tránsito de 28 de Julio.

D).- Tránsito por la Av. Wilson.

a.- Gire a la derecha.- Antes de llegar a la rampa de descenso, se pega a la derecha para tomar la trecha de volteo, incorporándose al tránsito de 28 de Julio.

b.- Gire a la izquierda.- Se pasa bajo el puente y se sigue de frente hasta la paleta de volteo, pegándose a la izquierda se gira sobre ese lado uniéndose a los que vienen de Miraflores, se pega luego a la derecha y al llegar a la rampa se toma la trecha de volteo incorporándose al tránsito de 28 de Julio.

c.- Gire hacia R. de Chile.- Se baja por la rampa y al llegar al puente se pega a la derecha para tomar la bifurcación de la rampa sur.

D).- Tránsito por la Av. Petit Thouars.

a.- Vehículos que van al centro o a Breña.- Entran por Vargas Machuca para incorporarse al tránsito de la Arequipa.

b.- Vehículos que van a La Victoria.- Al llegar a Mariscal Cáceres giran a la derecha para tomar la espalda del colegio San Andrés, incorporándose al tránsito de la 28 de Julio.

Indicaciones relativas a las Líneas de Omnibuses.

En lo concernientes a este tipo de vehículos de transporte, hay que establecer lo relativo a :

1.-Paraderos: deben ubicarse por lo menos a 100 metros del comienzo o

del fin de las rampas para evitar congestiones dentro del paso, igualmente, deberán colocarse cuando menos a 100 metros del puente.

2.- Giro a la izquierda: en estos casos he tratado cada giro independientemente. Actualmente sólo existen dos, de 28 de Julio a R. de Chile y de Petit Thouars a 28 de Julio con rumbo a Breña.

a).- 28 de Julio a R. de Chile: en este caso recomiendo que los omnibus sigan la ruta indicada para vehiculos en general, e en su defecto pueden tomar por el Paseo de la República (Av. O'Higgins), doblar por José Díaz, seguir por Vargas Machuca para incorporarse al tránsito de R. de Chile.

b).- Petit Thouars a 28 de Julio: para este giro recomiendo entrar de Petit Thouars a Vargas Machuca para incorporarse al tránsito de la Av. Arequipa, una vez en élla, los omnibus que toman Wilson, tales como Taona-Tripoli, Descalzos-San Isidro, pasarán bajo el puente y seguirán de frente; en su defecto los que siguen por 28 de Julio, luego de pasar el cruce, también por abajo, darán la vuelta al Ministerio de Fomento para incorporarse al tránsito de esta avenida.

En la página siguiente muestro en un gráfico, la solución al tránsito propuesta en el presente capítulo.

### CAPITULO III

#### LA SOLUCION EN PLANTA

Antes de iniciar el cálculo de las curvas voy a determinar otros valores, en base a los cuales, podré realizar éstos obteniendo los resultados mas ajustados a las necesidades del tránsito.

a).- Distancia de visibilidad.

Según la A.A.S.H.O.:  $Dv = dv + kv$

donde:  $Dv$  = Distancia total de visibilidad de parada

$$dv = 0.00492 \frac{v^2(\text{KPH})}{1.25 - 0.07}$$

$kv$  = Distancia de percepción y reacción

En nuestro caso: Velocidad de régimen : 45 KPH.

$$\text{Luego: } dv = 0.00492 \frac{45^2}{1.18} = 0.00417 \times 2025 = \underline{8.5 \text{ m.}}$$

$kv = 42 \text{ m.}$  (per tablas)

$$\text{Por lo tanto: } Dv = 8.5 + 42.0 = 50.5 \quad \underline{50 \text{ m.}}$$

$$Dv = 50 \text{ m.}$$

b).- Radio mínimo.

$$Rm = \frac{Dv^2}{8a}$$

Donde:  $D_v =$  Distancia de visibilidad = 50 m.

$a =$  Distancia del conductor al borde interior de la vía.

$$R_m = \frac{2500}{8 \times 2} = \frac{2500}{16} = \underline{155 \text{ m.}}$$

Radio de cálculo : 200 m.

e).- Curvas de Transición.-

Por ser la velocidad de régimen de 45 KPH y el radio de las curvas de 200 metros, no es necesario considerarlas en los cálculos.

d).- Peraltes.-

Como en el caso anterior tampoco es necesario considerarlos, además, el carácter urbano de la intersección no lo hace factible.

e).- Sobrecanchos.-

El vehículo al tomar la curva ocupa un ancho mayor que en el alineamiento recto, este es debido a que las ruedas traseras no siguen exactamente a las delanteras y tienden a cerrarse.

$$s = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

Donde:  $s =$  sobrecancho

$R =$  radio de la curva

$L =$  longitud del vehículo

$$s = 200 - \sqrt{200^2 - 6^2} = 200 - \sqrt{40000 - 36}$$

$$s = 200 - \sqrt{39964} = 200 - 199.81 = 19 \text{ cm.}$$

$$\underline{s = 20 \text{ cm.}}$$

Cálculo de las curvas.-

1.- Curva entre Av. Arequipa y Av. Wilson.- Los ejes actuales de estas avenidas se cortan dentro de la Wilson, motivo por el cual me he visto obligado a variar el eje de la Arequipa en las dos últimas cuadras del trayecto de Miraflores a Lima, de esta manera he conseguido que se corten justa-

mente en su intersección con 28 de Julio. El ángulo formado por los dos ejes le he obtenido del plano, encontrando que mide  $5^\circ$

De donde: Para  $I = 5^\circ$  y  $R = 200$  m. tenemos:

$$\text{Tangente} = 0.0436 \times 200 = 8.72 \text{ m.}$$

$$\text{Externa} = 0.0009 \times 200 = 0.18 \text{ m.}$$

$$\text{L. Curva} = 0.0872 \times 200 = 17.44 \text{ m.}$$

Per deflexiones:

| Longitud | d                  | L. acum. | d acum.            | Corrección | d final            |
|----------|--------------------|----------|--------------------|------------|--------------------|
| 2.44     | $0^\circ 20' 58''$ | 2.44     | $0^\circ 20' 58''$ | 2"         | $0^\circ 21' 00''$ |
| 5.00     | $0^\circ 42' 58''$ | 7.44     | $1^\circ 03' 56''$ | 4"         | $1^\circ 04' 00''$ |
| 5.00     | $0^\circ 42' 58''$ | 12.44    | $1^\circ 46' 54''$ | 6"         | $1^\circ 47' 00''$ |
| 5.00     | $0^\circ 42' 58''$ | 17.44    | $2^\circ 29' 52''$ | 8"         | $2^\circ 30' 00''$ |

## 2.- Curva entre Wilson y R. de Chile.-

En esta curva el cálculo lo hago para el borde derecho de ambas vías, pues el izquierdo se conserva en dos tramos rectos, debido a la bifurcación. El alineamiento de la Wilson lo he prolongado hasta pasar el puente para permitir una mejor visibilidad del punto de bifurcación de las vías.

En este caso:  $I = 14^\circ$  y  $R = 200$  m.

$$\text{De donde: Tangente} = 0.1227 \times 200 = 24.54 \text{ m.}$$

$$\text{Externa} = 0.0075 \times 200 = 1.50 \text{ m.}$$

$$\text{L. Curva} = 0.2443 \times 200 = 48.86 \text{ m.}$$

Per deflexiones:

| Longitud | d               | L. acum. | d acum.            | Corrección | d final            |
|----------|-----------------|----------|--------------------|------------|--------------------|
| 3.86     | $33^\circ 11''$ | 3.86     | $33^\circ 11''$    | 0"         | $33^\circ 11''$    |
| 5.00     | $42^\circ 58''$ | 8.86     | $1^\circ 16' 09''$ | 0"         | $1^\circ 16' 09''$ |
| 5.00     | $42^\circ 58''$ | 13.86    | $1^\circ 59' 07''$ | 0"         | $1^\circ 59' 07''$ |
| 5.00     | $42^\circ 58''$ | 18.86    | $2^\circ 42' 05''$ | 1"         | $2^\circ 42' 06''$ |
| 5.00     | $42^\circ 58''$ | 23.86    | $3^\circ 25' 03''$ | 2"         | $3^\circ 25' 05''$ |

| Longitud | d      | L acum. | d acum.  | Corrección | d final  |
|----------|--------|---------|----------|------------|----------|
| 5.00     | 42°58" | 28.86   | 4°08'01" | 3"         | 4°08'04" |
| 5.00     | 42°58" | 33.86   | 4°50'59" | 4"         | 4°51'03" |
| 5.00     | 42°58" | 38.86   | 5°33'57" | 5"         | 5°34'02" |
| 5.00     | 42°58" | 43.86   | 6°16'55" | 6"         | 6°17'01" |
| 5.00     | 42°58" | 48.86   | 6°59'53" | 7"         | 7°00'00" |

### 3.- Gires a la derecha.-

Existirán cinco, siendo dos de ellos de diseño especial, los restantes serán iguales y tendrán en el borde interior el radio mínimo de giro, que en estos casos será de 10.00 metros, el borde exterior tendrá el radio de 14.00 metros, lo que hará que la trecha de veltes sea de 4.00 m., valor superior al de la trecha en alineamiento recto que sólo es de 3.35 m., este mayor ancho de la vía permitirá una mejor evolución del tránsito, a la vez que llevará incorporado a su valor absoluto el consiguiente al sobreancho y a las restricciones laterales, producidas por la baranda del muro de contención.

Per coordenadas rectangulares:

| X    | Y         |           |
|------|-----------|-----------|
|      | R = 14 m. | R = 10 m. |
| 0    | 0.0       | 0.0       |
| 2.5  | 0.22      | 0.33      |
| 5.0  | 0.95      | 1.35      |
| 7.5  | 2.18      | 3.38      |
| 10.0 | 4.20      | 10.00     |
| 12.5 | 7.58      | ---       |
| 14.0 | 14.00     | ---       |

4.- Gires especiales a la derecha.

Como ya he dicho, son dos, los cuales trataré separadamente.

A.-Desvío de 28 de Julio a Arequipa.

Esta curva no es circular ya que las distintas longitudes de las tangentes no lo permite, siendo necesario ubicar en dicho sitio una curva de radio variable, ésta tiene en su comienzo un radio de 10 metros, para luego ir creciendo hasta un valor infinito en su empalme con la avenida Arequipa.

El replantee de esta curva se hará por abscisas y ordenadas, habiéndose tomado como eje de las equis la recta que pasa por la cara interior del muro de contención este de la rampa de Arequipa.

Los detalles de esta curva se encuentran graficados en el plano correspondiente que acompaña a la presente Memoria.

B.-Desvío de 28 de Julio a R. de Chile.

Este desvío tiene dos funciones: permitir el ingreso de vehículos que circulan por 28 de Julio a R. de Chile, y a su vez, facilitar el uso del Parque Jorge Chávez como hoja de trébol en la solución de la plaza del mismo nombre. Los dos usos los he conseguido dividiendo el desvío en igual número de ramas, la izquierda para los que toman R. de Chile y la derecha para los que entran al parque J. Chávez.

Para obtener este desvío he cambiado los radios de ~~las esquinas~~ del parque, aumentándolas a 10.00 metros, de esta manera se toma la curva con mas facilidad, además dicho parque se ha adelgazado ya que con su ancho inicial, la pista resultaba muy estrecha para recibir las futuras seis trechas, de esta forma, el ingreso a este desvío es antes que al de Arequipa y más a la derecha que aquel.

Los detalles de este desvío se encuentran en los planos que acom-

pañan a la presente Memoria.

5.- Paleta de volteo a la izquierda en la Av. Arequipa.-

Esta paleta tiene por objeto, resolver el inconveniente creado por la carencia de una hoja de trébol en la zona del Club Lawn Tennis de La Exposición.

La paleta no es simétrica, esto se debe a que en la ruta al Sur he visto la conveniencia de angostar la vía, obteniendo así un mejor ensauzamiento del tránsito hacia la sección actual de la avenida, que sólo posee 5.70 metros de pista, como este angostamiento de la vía se produce antes del giro, el resto de la paleta, hasta el volteo sirve de desaceleración. En la vía que viene del Sur se presenta el problema contrario, en este caso hay incorporación de tránsito por la izquierda, lo que hace que la paleta esté corrida a ese lado, obteniéndose un ancho auxiliar de pista, que sirve de vía de aceleración.

La paleta la he colocado en un punto tal, que sólo permite el giro a la izquierda y no el cruce de la Av. Arequipa, para obtener esto, la he ubicado entre dos calles transversales: Mariscal Cáceres y Vargas Machuca.

El dimensionamiento de esta paleta se encuentra en el plano de detalles que acompaña a la presente Memoria. Se ha tomado como eje de abscisas el sardinel de la vía Sur-Norte de la Arequipa.

## CAPITULO IV

### LA SOLUCION EN PERFIL

Los perfiles longitudinales de las avenidas que llegan a la intersección en estudio, los he levantado por medio de una nivelación llevada a efecto de la siguiente manera:

Cotas: para las cotas he tomado los valores absolutos sobre el nivel medio del mar, para ello, he tomado como punto de partida, el B. M. del Ministerio de Fomento, que tiene un valor de 132.742 metros sobre el nivel medio del mar, de esta manera todas las cotas estan referidas a dicho plano de comparación.

Circuitos: la nivelación la he llevado a cabo por medio de circuitos cerrados, de esta manera es posible el control de los puntos que se estudian. En total he efectuado cuatro circuitos, el primero, cerrado al B. M., los otros, cerrados al punto 1.

Errores: los errores encontrados no pasan de 0.002 m. y por circuito tengo: a) Circuito Av. Wilson 0.002 m. - b) Circuito de las Avs. Arequipa y R. de Chile 0.002 m. c) Cir. de 28 de Julio 0.001 m.

A continuación doy los resultados de la nivelación:

## NIVELACION POR CIRCUITOS

| CIRCUITO        | PUNTO | V. ATRAS | ALT. INST.   | V. ADEL. | COTA         |
|-----------------|-------|----------|--------------|----------|--------------|
| A               | BM    | 1.080    | 133.822      | —        | 132.742      |
|                 | 3     |          |              | 0.466    | 133.357      |
|                 | 2     |          |              | 1.251    | 132.591      |
|                 | 1     |          |              | 2.181    | 131.641      |
|                 | PC    | 1.120    | 133.370      | x 1.572  | 132.250      |
|                 | BM    |          |              | x 0.629  | 132.741      |
|                 |       |          | <u>2.200</u> |          | <u>2.201</u> |
| Error: 0.001 m. |       |          |              |          |              |
| B               | 1     | 2.170    | 133.811      | —        | 131.641      |
|                 | 18    |          |              | 2.120    | 131.691      |
|                 | 8     |          |              | 2.097    | 131.714      |
|                 | 7     |          |              | 1.715    | 132.096      |
|                 | 17    |          |              | 1.679    | 132.132      |
|                 | 16    |          |              | 1.314    | 132.497      |
|                 | 6     |          |              | 1.377    | 132.434      |
|                 | PC    | 1.792    | 133.621      | x 1.982  | 131.829      |
|                 | 1     |          |              | x 1.978  | 131.643      |
|                 |       |          | <u>3.962</u> |          | <u>3.960</u> |
| Error: 0.002 m. |       |          |              |          |              |
| C               | 1     | 0.943    | 132.584      | —        | 131.641      |
|                 | 19    |          |              | 1.158    | 131.426      |
|                 | 9     |          |              | 1.240    | 131.344      |
|                 | 20    |          |              | 1.403    | 131.181      |
|                 | 10    |          |              | 1.520    | 131.064      |
|                 | 13    |          |              | 1.088    | 131.496      |
|                 | 21    |          |              | 1.645    | 130.939      |
|                 | 11    |          |              | 1.616    | 130.968      |

| CIRCUITO | PUNTO | V. ATRAS     | ALT. INST.      | V. ADEL.     | COTAS   |
|----------|-------|--------------|-----------------|--------------|---------|
|          | 1     | 0.943        | 132.584         |              | 131.641 |
|          | 14    |              |                 | 1.302        | 131.282 |
|          | 22    |              |                 | 1.975        | 130.609 |
|          | 12    |              |                 | 1.965        | 130.619 |
|          | 15    |              |                 | 2.030        | 130.554 |
|          | PC    | 1.203        | 132.242         | x 1.545      | 131.039 |
|          | 1     |              |                 | x 0.603      | 131.639 |
|          |       | <u>2.146</u> |                 | <u>2.148</u> |         |
|          |       |              | Error: 0.002 m. |              |         |
| D        | 1     | 0.665        | 132.306         | -----        | 131.641 |
|          | 4     |              |                 | 1.541        | 130.961 |
|          | 5     |              |                 | 1.810        | 130.496 |
|          | PC    | 1.685        | 132.449         | x 1.542      | 130.764 |
|          | 1     |              |                 | x 0.809      | 131.640 |
|          |       | <u>2.350</u> |                 | <u>2.351</u> |         |

Error: 0.001 m.

En la pagina siguiente illustre la ubicación de los puntos.

Estudio de los perfiles longitudinales.

## A).- Perfil de las Avs. Wilson - Arequipa

He realizado la nivelación de los ejes de las dos vías, para que tomando el promedio se encuentre las cotas del eje de las avenidas.

| PUNTO | COTA    | COTA PROMEDIO | DISTANCIA |
|-------|---------|---------------|-----------|
| 16    | 132.497 |               |           |
|       | 132.434 | 132.465       |           |
|       | 132.132 |               | 50 m.     |
|       | 132.096 | 132.114       |           |
|       |         |               | 50 m.     |
| 18    | 131.691 |               |           |
|       | 131.714 | 131.703       |           |

| Punto | COTA    | COTA PROMEDIO | DISTANCIA |
|-------|---------|---------------|-----------|
|       |         |               | 35 m.     |
| 19    | 131.426 |               |           |
|       |         | 131.385       |           |
| 9     | 131.344 |               | 35 m.     |
| 20    | 131.181 |               |           |
|       |         | 131.122       |           |
| 10    | 131.064 |               |           |
|       |         |               | 40 m.     |
| 21    | 130.939 |               |           |
|       |         | 130.953       |           |
| 11    | 130.968 |               |           |
|       |         |               | 50 m.     |
| 22    | 150.607 |               |           |
|       |         | 130.614       |           |
| 12    | 130.619 |               |           |

Las rampas de estas avenidas las he proyectado con una pendiente de 7% por ser casi exclusivamente para tránsito de automóviles, salvo el caso de los Expresos y del futuro cambio de ruta de la línea Tacna-Trípoli y de la Lima-Chorrillos, que se incorporarán al tránsito de la Arequipa en sus dos primeras cuadras.

#### Cálculo de las curvas verticales.-

Se han realizado utilizando las fórmulas propuestas por el Ing. José Albarto Gravelle en el IV Congreso Panamericano de Carreteras.

Rampa Norte.-Pendiente actual: 0.7%, pendiente rampa: 7%

a) Curva Convexa.- Por cálculo anterior:  $D_v : 50 \text{ m.}$

$$i_0 : -0.7 \text{ } -(-7) : 6.3\%$$

Para evitar que las rampas salgan muy grandes fijaré la condición de que  $L \geq D_v$ , en este caso Gravelle recomienda:

$$L : 2D_v - \frac{200 (\sqrt{h} + \sqrt{h^i})^2}{i_0}$$

Donde:  $h$  : altura del eje del conductor : 1.30 m.

$h^i$  : altura de un objeto caído en el camino : 0.10 m.

Reemplazando valores:

$$L : 2 \times 50 - \frac{200(\sqrt{1.3} + \sqrt{0.1})^2}{6.3} \approx 100 - \frac{200(1.14 + 0.31)^2}{6.3}$$

$$L : 100 - 31.7 \times 1.45^2 \approx 100 - 31.7 \times 2.1 \approx 100 - 66.50 \approx 33.50 \text{ m.}$$

$$\underline{L : 40 \text{ m.}}$$

$$H \approx \frac{L i_0}{800} \approx \frac{40 \times 6.3}{800} \approx 0.32 \text{ m.} \quad \underline{H \approx 0.32 \text{ m. (Ord. Máxima)}}$$

Puntos intermedios de la curva:

$$y \approx \frac{i_0}{200 L} x^2$$

$$X : 5 \quad y : 0.0008 \times 25 \approx 0.02 \text{ m.}$$

$$X : 10 \quad y : 0.0008 \times 100 \approx 0.08 \text{ m.}$$

$$X : 15 \quad y : 0.0008 \times 225 \approx 0.18 \text{ m.}$$

$$X : 20 \quad y : 0.0008 \times 400 \approx 0.32 \text{ m.}$$

b).- Curva cóncava.-

Calcularé la longitud de curva necesaria para la velocidad de régimen.

$$L : \frac{v^2 i_0}{500}; \text{ en el presente caso: } i_0 : 7\% \text{ por ser la parte baja de}$$

la rampa de pendiente nula, es decir es horizontal.

$$L : \frac{45^2 \times 7}{500} \approx 28.4 \text{ m.} \quad \underline{L : 40 \text{ m.}}$$

En esta curva hay que considerar que el puente va a obstruir la visibilidad, luego vamos a calcular ésta para comprobar si cumple la condición :  $L \geq D_v$ .

$$D_v : \frac{1}{2} \left[ L + \frac{800 (A - h)}{i_0} \right]$$

Donde : A : altura libre del puente : 4.30 m.

h : altura del eje del conductor : 1.30 m.

Reemplazando valores :

$$Dv : \frac{1}{2} \left[ 40 + \frac{800(4.30 + 1.30)}{7} \right] : 0.5 (40 + 344) : 0.5 \times 384$$

$$\underline{Dv = 192 \text{ m.}}$$

El valor de H será:

$$H : \frac{L i_0}{800} : \frac{40 \times 7}{800} : 0.35 \text{ m.} \quad H : 0.35 \text{ m.}$$

Cálculo de los puntos intermedios:

$$y : \frac{i_0}{200 L} X^2$$

$$X : 5 \quad y : 0.00088 \times 25 : 0.022 \text{ m.}$$

$$X : 10 \quad y : 0.00088 \times 100 : 0.088 \text{ m.}$$

$$X : 15 \quad y : 0.00088 \times 225 : 0.197 \text{ m.}$$

$$X : 20 \quad y : 0.00088 \times 400 : 0.350 \text{ m.}$$

Rampa Sur.-

Pendiente actual: 0.7%, pendiente rampa: 7%

a) Curva convexa.-  $i_0 : 7 - (-0.7) : 7.7\%$

Como en el caso anterior partimos de: L Dv

$$L : 2Dv = \frac{200(\sqrt{h} + \sqrt{h'})^2}{i_0}$$

Reemplazando valores:

$$L : 100 = \frac{200(1.45)^2}{7.7} : 100 = 26 \times 2.1 : 100 = 55 : 45$$

$$\underline{L : 45 \text{ m.}}$$

Ordenada máxima:

$$H : \frac{L i_0}{800} : \frac{45 \times 7.7}{800} : 0.44 \text{ m.} \quad \underline{H : 0.44 \text{ m.}}$$

$$\text{Puntos intermedios: } y : \frac{i_0 X^2}{200 L}$$

$$X : 5 \quad y : 0.00085 \times 25 : 0.021 \text{ m.}$$

$$X : 10 \quad y : 0.00085 \times 100 : 0.085 \text{ m.}$$

$$X : 15 \quad y : 0.00085 \times 225 : 0.191 \text{ m.}$$

$$X : 20 \quad y : 0.00085 \times 400 : 0.340 \text{ m.}$$

$$X : 22.5 \quad y : 0.00085 \times 506 : 0.440 \text{ m.}$$

b) Curva cóncava.-

$$i_0 : 7\% \text{ ( razón anterior)}$$

Longitud de curva necesaria:

$$L : \frac{v^2 i_0}{500} : \frac{45^2 \times 7}{500} : 28.4 \text{ m.} \quad \underline{L : 40 \text{ m.}}$$

Como esta curva es igual a la cóncava de la rampa norte no repetiré los demás cálculos.

B).- Perfil de la Av. República de Chile.

En este caso he nivelado el eje de la avenida con los resultados que doy a continuación:

| PUNTOS | COTAS   | DISTANCIAS |
|--------|---------|------------|
| 1      | 131.641 |            |
|        |         | 20 m.      |
| 13     | 131.496 |            |
|        |         | 30 m.      |
| 14     | 131.282 |            |
|        |         | 75 m.      |
| 15     | 130.554 |            |

Cálculo de las curvas.- En esta av. la rampa tiene 6%

a).-Curva cóncava.-

$$i_0 : 6\%$$

$$L : \frac{v^2 i_0}{500} : \frac{45^2 \times 6}{500} : 28.3 \quad \underline{L : 40 \text{ m.}}$$

La Dv será:

$$Dv : 0.5 \left[ L + \frac{800 (A-H)}{i_0} \right] : 0.5 (40 + 400) : 220 \text{ m.}$$

$$\underline{Dv : 220 \text{ m.}}$$

La ordenada máxima será:

$$H : \frac{L i_0}{800}$$

Reemplazando valores:

$$H : \frac{40 \times 6}{800} : 0.30 \text{ m.}$$

$$\text{Puntos intermedios : } y : \frac{i_0 X^2}{200 L}$$

$$X : 5 \quad y : 0.00075 \times 25 : 0.019 \text{ m.}$$

$$X : 10 \quad y : 0.00075 \times 100 : 0.075 \text{ m.}$$

$$X : 15 \quad y : 0.00075 \times 225 : 0.170 \text{ m.}$$

$$X : 20 \quad y : 0.00075 \times 400 : 0.300 \text{ m.}$$

b).- Curva convexa.-

$$i_0 : 6 - (-0.7) : 6.7\%$$

La longitud de la curva será:

$$L : 2Dv = \frac{200(\sqrt{h} + \sqrt{h''})^2}{i_0} : 100 = \frac{200 \times 1.45^2}{6.7} : 100 = 63 : 37$$

$$\underline{L : 37 \text{ m.}}$$

Ordenada máxima:

$$H : \frac{L i_0}{800} : \frac{40 \times 6.7}{800} : 0.335 \text{ m.}$$

$$\underline{H : 0.335 \text{ m.}}$$

Puntos intermedios.-

$$y : \frac{i_0 X^2}{200 L}$$

$$X : 5 \quad y : 0.00083 \times 25 : 0.021 \text{ m.}$$

$$X : 10 \quad y : 0.00083 \times 100 : 0.083 \text{ m.}$$

$$X : 15 \quad y : 0.00083 \times 225 : 0.187 \text{ m.}$$

$$X : 20 \quad y : 0.00083 \times 400 : 0.335 \text{ m.}$$

c).- Perfil de la Av. 28 de Julio.-

Los resultados de la nivelación del eje de esta avenida dió las siguientes cotas:

| <u>PUNTOS</u> | <u>COTAS</u> | <u>DISTANCIAS</u> |
|---------------|--------------|-------------------|
| 3             | 133.357      |                   |
|               |              | 65 m.             |
|               | 132.721      |                   |
|               |              | 70 m.             |
|               | 131.641      |                   |
|               |              | 75 m.             |
|               | 130.961      |                   |
|               |              | 50 m.             |
|               | 130.496      |                   |

Apartir de este sistema de cotas se deduce que la pendiente total de la avenida entre los puntos 3 y 5 es de 1.1%, pero ésta no es uniforme a lo largo de los 260 m. nivelados, tiene pequeñas variaciones, por lo que en el proyecto asume una pendiente de 1.1% pero constante en el trayecto estudiado.

Los resultados de la nivelación y de los cálculos se encuentran graficados en el plano No. 4 que acompaña a la presente memoria.

## CAPITULO V

### LA SECCION TRANSVERSAL

En todo camino o calle es de primordial importancia la sección transversal, porque de elle depende la capacidad de la vía.

El diseño de la sección transversal de un camino se hace de acuerdo a las características geométricas de los vehículos que van a transitar por él, de esta manera, un camino sólo para autos podrá ser más estrecho que uno para camiones, esto por ser los autos de 1.82 m. de ancho y los camiones de 2.50 m.

A continuación voy a estudiar las secciones transversales de las vías que llegan a mi intersección.

1.-Av. Wilson.-

Actualmente posee 2 vías de tránsito, de tres trochas cada una, con un ancho total de 10.50 cada vía, éstas se encuentran separadas por una isla-jardín de 3.50 m. de ancho, las veredas son de 5.20 m.

En la solución propuesta, la isla-jardín, en el trayecto de

Huancayo a Chincha, (transversales contiguas), cambia de ancho de 3.5m a 0.70 m. magnitud ésta con que pasa bajo el puente. Las vías que bajan, tendrán un ancho de 7.20 m. debido a la obstrucción lateral que representa el muro de contención y a la alta cantidad de vehículos comerciales que entraran al paso para tomar la ruta a R. de Chile.

En las trechas de volteo, por consideración de obstrucción y de sobreaño he tomado 4.00 m. que cubre estas exigencias. Las veredas no se han variado salvo en las proximidades de las trechas de volteo, donde se les ha dado un radio de 10 m. que es el de giro.

## 2).- Av. Arequipa.-

Actualmente posee dos vías de circulación, de dos trechas cada una con un ancho total de vía de 5.70 m., las dos están separadas por una isla-jardín de 13 m. de ancho, las veredas son de 2.80 m.

La solución proyectada contempla el cambio de sección en las dos primeras cuadras, en la primera, donde está la rampa, dos vías con un ancho de 7.00 m. cada una separadas por una isla central de 0.70 m. que viene desde Wilson. En esta rampa las vías sólo tienen 7.00m. por lo siguiente: a) en la subida: por la Av. Arequipa sólo está permitido el tránsito de autos con la excepción de los Expresos, por lo tanto se puede reducir los primitivos 7.20 m. b) en la bajada: debido a la incorporación del tránsito de P. Theuers van a circular en las dos primeras cuadras vehículos comerciales, pero esto se obvia al no tenerse muro de contención a ese lado y por lo tanto no haber obstrucción lateral.

Las trechas de volteo serán: una, la que va a 28 de Julio, de 4.00 m. la otra, la que viene de 28 de Julio, de 3.25 m. por ser sólo de automóviles y de giro progresivo, teniendo más ancho en la parte de más radio de curvatura.

3).-Av. 28 de Julio.-

Actualmente posee una sola pista de dos vías, con un ancho total de 18.20 m., a un lado tiene una vereda de 6.50 m. y al otro lado tiene el Parque Jorge Chávez.

En la solución proyectada, contemple la separación de los dos sentidos de tránsito por medio de una isla-berdillo de 0.70 m. de ancho, dejando cada vía de 6.30 m. En las dos cuadras que ocupa mi proyecto, he corrido el eje de esta avenida un poco al sur para de esta manera, resolver el inconveniente originado por el poco ancho de la vía, en la cual no había espacio para las trochas de volteo, en esta forma, reduciendo el ancho de la zona ocupada por el parque, he podido obviar todas las dificultades. En el parque de la zona este ( frente al M. de F), el ancho de la vía se va reduciendo gradualmente para que al llegar a la avenida P. Thouars ya se encuentra con los 18.20 m. que es el ancho normal de la ruta. La vereda se ha conservado de 6.50 m.

4).- Parque Mariscal Cáceres.-

Posee actualmente dos vías de tránsito de 5.00m. cada una, separadas por una isla-jardín de 12 m. las veredas tienen 3.40 m.

En el proyecto contemple el ensanche de las pistas para obtener vías de 7.00 m. que permitan una fácil incorporación del tránsito de P.Thouars a la Av. Arequipa. Este ensanchamiento será a costa del pasaje central que tendrá tan sólo 3.00 m. Las veredas no se cambian.

5).- Av. República de Chile.-

En la actualidad cuenta con una sola vía de tránsito de 10.25 metros con veredas de 4.40 m.

En esta avenida he separado la vía en dos partes, una, que dará lugar a la rampa de subida y la otra que servirá a los que vienen

de la avenida 28 de Julio. La vía ocupada por la rampa será de 7.20 m. por ser para tránsito mixto y por tener obstrucción a un lado, consistente en el muro de contención. La trecha de volteo que viene de 28 de Julio tendrá 3.70 m. habiendo disminuído previamente el ancho de la vereda a 3.80 m.

#### Pendientes Transversales.-

a).- En las vías horizontales.-

La razón de las pendientes transversales es la rápida eliminación de las aguas de lluvia, haciéndolas correr por los costados de la vía. En todas las vías se pondrá una pendiente transversal de 1.5%.

b).- En las rampas.-

En estos casos no es recomendable anular la pendiente transversal, porque el agua, en ese caso, seguiría la dirección de la vía con la consiguiente deterioración de ella. En estos casos se recomienda que el agua recorra longitudinalmente, a lo más, el doble del ancho de la vía, por eso se recomienda poner de 2.5% a 3%.

#### Los peatones.-

Para el cruce de los peatones por el pase proyectado, he diseñado un trébol de 4 hojas modificado, para el uso exclusivo de ellos. Para este efecto, en las zonas comprendidas entre el puente, la trecha de volteo y la rampa, he dejado unos espacios en talud, para hacer jardín en el cual se ubicarán las escaleras que servirán para cruzar la avenida 28 de Julio, por debajo del puente, estas escaleras van a tener un desarrollo helicoidal para permitir bajar girando, la altura de las escaleras será de 2.50 m. a 2.80 m. y en cada caso tendrán distinto radio, esta variación se debe a los diferentes espacios libres dejados en las

zonas indicadas anteriormente. Los radios de las escaleras serán: interiores

Escalera Wilson (Oeste) : R : 1.80 m.

Escalera Wilson ( Este) : R : 2.20 m.

Escalera Arequipa(Este) : R : 3.50 m.

Escalera R. de Chile : R : 2.50 m.

todas las escaleras serán de 1.20 m. de ancho.

Para cruzar las avenidas Wilson, Arequipa y R. de Chile se usarán pasarelas ubicadas a los costados de los puentes, tendrán igualmente un ancho de 1.20 m.

Para mayores datos ver el plano No. 3 que acompaña a la presente Memoria.

## CAPITULO VI

### CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS

#### Dimensionamiento de la estructura.- ( Pórtico )

El puente principal será un pórtico-losa, con los elementos verticales con acartelamientos rectos y la viga con acartelamiento parabólico. Como las recomendaciones sobre peraltes, están en función de la luz del puente, procederé a calcular ésta:

$$\text{Luz libre: } 7.20 + 7.20 + 0.70 + 2.15 + 2.15 = 19.40 \text{ m.}$$

donde: 7.20 es el ancho de cada vía, 0.70 es la separación de tránsito, y 2.15 el paso de peatones.

Peralte en la clave:  $1/30$  a  $1/35$  de L, o sea que puede estar entre 65 cms. y 55 cms., tomaré 60cms.  $h_g : 0.60 \text{ m.}$

Peralte en el arranque:  $1/15$  a  $1/17$  de L, o sea entre: 1.29 m. y 1.14 m. tomaré 1.20 m  $h_a : 1.20 \text{ m.}$

En el elemento vertical, el peralte en la parte superior será también de 1.20 m. y en el punto inferior será de la mitad : 0.60 m. con una altura de :  $H: 4.30 + h_a/2 + 0.50 = 5.40 \text{ m.}$

Luego, resumiendo:

Viga : Luz de calculo: 19.40 0.60 20.00 m.

$h_o$  : 0.60 m.

$h_a$  : 1.20 m.

Pata o elemento vertical: H: 5.40 m.

$h_{sup.}$ : 1.20 m.

$h_{inf.}$ : 0.60 m.

### Cálculo de rigideces y factores de transmisión de momentos.-

Para estos cálculos he utilizado los abacos del curso del Ing. Fernández Casado (Acartelamientos rectos) y los del folleto Continuous Concrete Bridges, de la Portland (Acartelamientos parabólicos), como en ambos casos están en función de  $E$ ,  $I_o$ , y  $L$ , no hay dificultad en su empleo en conjunto.

Viga.-  $r_a : r_b : 1$  entrando al abaco:  $C_a : C_b : 0.69$   
 $K_a : K_b : 20/L : 0.60$

Pata.-  $aL : L$  de donde:  $a : 1$   
 $b : I_o/I : (1/2)^3 : 0.125$  entrando al abaco:  $C_a : 0.29$   
 $C_o : 0.85$   
 $K_a : 20/H : 3.70$   
 $K_b : 7.1/H : 1.30$

Como las patas se van a considerar articuladas inferiormente, calcularé la rigidez modificada:

$K_a : K_a(1 - C_a C_b) : 3.70(1 - 0.85 \times 0.29) : 2.79$

### Cálculo de los coeficientes de repartición.-

Viga:  $0.60/0.60 + 2.79 : 0.177$

Pata:  $2.79/0.60 + 2.79 : 0.823$   
 $\frac{1.000}{1.000}$

Con estos valores procederé a calcular la distribución de momentos

que se produce en el pórtico al actuar un momento de 100 unidades en el nudo A.

100

|               |               |              |              |              |
|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 0.823         | 0.177         | ( 0.69)      | 0.177        | 0.823        |
| -82.3         | -17.7         |              | -12.2        |              |
|               | 1.5           |              | 2.2          | 10.0         |
| - 1.25        | - 0.25        |              | -10.0        | 10.0         |
| <u>-83.55</u> | <u>-16.45</u> |              |              |              |
| <u>0.8355</u> | <u>0.1645</u> | COEFICIENTES | <u>0.100</u> | <u>0.100</u> |

Estos coeficientes, multiplicados por los momentos de empotramiento perfecto me daran los momentos verdaderos o elásticos en mi pórtico.

A.- Calculo del peso propio y los momentos que produce en la estructura.-

1. Momentos Isostáticos.-

a)- Parte Uniforme.- w; pp: 0.60 x 1 x 1 x 2,400 : 1,440 K/m  
 Baranda 50 K/m  
 Asfalto 150 K/m  
 1,640 K/m.

Momento a una distancia "x" del apoyo:  $M: wLx/2 - wx^2/2$

x : 0.1L M : 1640x20x0.1x20/2 - 1640x 0.01x20<sup>2</sup>/2 : 32,800 - 3,200 :  
 : 29,600 K-m.

x : 0.2L M : 328,000 x 0.2 - 328,000 x 0.04 : 65,600 - 13,120  
 : 52,480 K-m.

x : 0.3L M : 328,000 x 0.3 - 328,000 x 0.09 : 98,400 - 29,520  
 : 68,800 K-m.

x : 0.4L M : 328,000 x 0.4 - 328,000 x 0.16 : 131,200 - 52,400  
 : 78,800 K-m.

x : 0.5L M : 328,000 x 0.5 - 328,000 x 0.25 : 164,000 - 82,000  
 : 82,000 K-m.

b)- Parte Parabólica.-  $W_a : 0.60 x 1 x 1 x 2,4000 : 1,440 K/m$

Por abacos, para cada décimo de la luz:

$$x : 0.1L \quad M : (0.0104 + 0.002) W_a L^2 : 0.0124 \times 1440 \times 400 : 7,120 \text{ K-m}$$

$$x : 0.2L \quad M : (0.014 + 0.0043) W_a L^2 : 0.0183 \times 1440 \times 400 : 10,500 \text{ K-m}$$

$$x : 0.3L \quad M : (0.014 + 0.0063) W_a L^2 : 0.0203 \times 1440 \times 400 : 11,700 \text{ K-m}$$

$$x : 0.4L \quad M : (0.0124 + 0.0084) W L^2 : 0.0208 \times 1440 \times 400 : 12,000 \text{ K-m}$$

$$x : 0.5L \quad M : (0.0105 \times 2) W_a L^2 : 0.0210 \times 1440 \times 400 : 12,100 \text{ K-m}$$

Luego, el momento total isostático será la suma de los valores obtenidos:

$$x : 0.1L \quad M : 29,600 + 7,120 : 36,720 \text{ K-m}$$

$$x : 0.2L \quad M : 52,480 + 10,500 : 62,980 \text{ K-m}$$

$$x : 0.3L \quad M : 68,800 + 11,700 : 80,500 \text{ K-m}$$

$$x : 0.4L \quad M : 78,800 + 12,000 : 90,800 \text{ K-m}$$

$$x : 0.5L \quad M : 82,000 + 12,100 : 94,100 \text{ K-m}$$

2.- Momentos Hiperestáticos. ( Por abacos)

$$M_{ab} : M_{ba} : 0.1025 W L^2 : 0.1025 \times 1640 \times 400 : 67,200 \text{ K-m}$$

Este valor corresponde a la parte uniforme, para la parte acartelada

tenemos:

$$M_{ab} : M_{ba} : (0.0163 + 0.0027) W L^2 : 0.0190 W L^2 \\ : 0.019 \times 1440 \times 400 : 10,930 \text{ K-m}$$

El momento total será la suma:

$$M_T : 67,200 + 10,930 : 78,130 \text{ K-m}$$

Pero este valor es el de empotramiento perfecto, para obtener el de empotramiento elástico habrá que multiplicar ese valor por el coeficiente obtenido al hacer el H. Cross.

$$M_{AB} : M_{BA} : 78,130 (0.8355 + 0.100) : \underline{73,200 \text{ K-m}}$$

Con los resultados obtenidos se dibuja el Diagrama de Momentos que figura en la página siguiente.

B).- Cálculo de los momentos producidos por la sobrecarga móvil.-

Para este cálculo será necesario hacer primeramente las Líneas de Influencia de Momentos para una carga unitaria, "P", que se traslada a lo largo de la viga. Estas líneas las haré para cada décimo de la luz.

1.- Momentos de empotramiento perfecto, para las diversas posiciones de la carga "P". ( Por abacos ).

|          |          |            |            |            |
|----------|----------|------------|------------|------------|
| P a 0.1L | $M_{ab}$ | 0.0912 P L | $M_{ba}$ : | 0.0058 P L |
| P a 0.2L | :        | 0.1559 P L | :          | 0.0260 P L |
| P a 0.3L | :        | 0.1970 P L |            | 0.0630 P L |
| P a 0.4L | :        | 0.1970 P L | :          | 0.1130 P L |
| P a 0.5L | :        | 0.1640 P L | :          | 0.1640 P L |
| P a 0.6L | :        | 0.1130 P L | :          | 0.1970 P L |
| P a 0.7L | :        | 0.0630 P L |            | 0.1970 P L |
| P a 0.8L | :        | 0.0260 P L | :          | 0.1559 P L |
| P a 0.9L |          | 0.0058 P L | :          | 0.0912 P L |

2.- Los momentos de empotramiento elástico se obtienen multiplicando estos valores por los coeficientes obtenidos del H. Cross. Por simetría, solo calcularé los momentos en el extremo A. ( En unidades de momento )

|          |     |  |   |               |   |       |
|----------|-----|--|---|---------------|---|-------|
| P a 0.1L | M : | $0.0912 \times 20 \times 0.8355 + 0.0058 \times 20 \times 0.1$ | : | 1.52 + 0.011  | : | 1.531 |
| P a 0.2L | M : | $0.1559 \times 20 \times 0.8355 + 0.0260 \times 20 \times 0.1$ | : | 2.60 + 0.052  | : | 2.652 |
| P a 0.3L | M : | $0.1970 \times 20 \times 0.8355 + 0.0630 \times 20 \times 0.1$ | : | 3.29 + 0.126  | : | 3.416 |
| P a 0.4L | M : | $0.1970 \times 20 \times 0.8355 + 0.1130 \times 20 \times 0.1$ | : | 3.29 + 0.226  | : | 3.516 |
| P a 0.5L | M : | $0.1640 \times 20 \times 0.8355 + 0.1640 \times 20 \times 0.1$ | : | 2.74 + 0.328  | : | 3.068 |
| P a 0.6L | M : | $0.1130 \times 20 \times 0.8355 + 0.1970 \times 20 \times 0.1$ | : | 1.88 + 0.394  | : | 2.274 |
| P a 0.7L | M : | $0.0630 \times 20 \times 0.8355 + 0.1970 \times 20 \times 0.1$ | : | 1.055 + 0.394 | : | 1.449 |
| P a 0.8L | M : | $0.0260 \times 20 \times 0.8355 + 0.1559 \times 20 \times 0.1$ | : | 0.434 + 0.312 | : | 0.746 |
| P a 0.9L | M : | $0.0058 \times 20 \times 0.8355 + 0.0920 \times 20 \times 0.1$ | : | 0.097 + 0.182 | : | 0.279 |

## 2.- Momentos isostáticos producidos por la carga unitaria "P"

$$M : P \frac{a b}{L}$$

a : distancia de la carga al apoyo izquierdo

b : distancia de la carga al apoyo derecho

L : luz de cálculo.

Cálculos:

| a    | b    | M     | L     | M <sub>i</sub> |
|------|------|-------|-------|----------------|
| 0.1L | 0.9L | 0.09L | 20 m. | 1.80 u. d. m.  |
| 0.2L | 0.8L | 0.16L | 20 M. | 3.20 u. d. m.  |
| 0.3L | 0.7L | 0.21L | 20 m. | 4.20 u. d. m.  |
| 0.4L | 0.6L | 0.24L | 20 m  | 4.80 u. d. m.  |
| 0.5L | 0.5L | 0.25L | 20 m. | 5.00 u. d. m.  |
| 0.6L | 0.4L | 0.24L | 20 m. | 4.80 u. d. m.  |
| 0.7L | 0.3L | 0.21L | 20 m. | 4.20 u. d. m.  |
| 0.8L | 0.2L | 0.16L | 20 m. | 3.20 u. d. m.  |
| 0.9L | 0.1L | 0.09L | 20 m. | 1.80 u. d. m.  |

Con estos valores he dibujado los diagramas de momentos para carga unitaria "P", y las Líneas de Influencia para secciones cada 0.1 de la luz. Por simetría del pórtico, sólo he dibujado la mitad de las Líneas. En las páginas siguientes van los gráficos indicados así como la envolvente de momentos.

Corrección por desplazamiento.-

En realidad, la estructura no se va a desplazar por impedirse la cuña de tierra que actúa sobre la pata del pórtico. Si suponemos que este desplazamiento pudiera efectuarse, los momentos se reducirían, luego si el cálculo lo hace sin considerar este improbable desplazamiento, estoy del lado de la seguridad.

Demstración de que los momentos se reducen.-

Del diagrama de momentos flectores para la carga unitaria en el punto a  $0.4 L$ , se tiene : Momentos en los apoyos :  $M_a$  : 3.516

$M_b$  : 2.274

Dividiendo estos valores entre la altura de la pata, obtengo las fuerzas horizontales actuantes en la zona baja de la pata, es decir en la articulación.

$H_a$  :  $3.516/5.40$  0.65

$H_b$  :  $2.274/5.40$  0.42

Como son de distinto signo, la resultante será igual a la diferencia:  $0.65 - 0.42 = 0.23$

Como en todo pórtico simétrico biarticulado, los momentos en los extremos son iguales, para obtener esta condición corregiré por desplazamiento.

Corrección:  $0.23 / 2$  0.115

Fuerzas horizontales corregidas:  $H_a$ :  $0.65 - 0.115$  0.535

$H_b$ :  $0.42 + 0.115$  0.535

Momento corregido, igual a ambos lados:  $0.535 \times 5.40$  2.92

Ver este inferior el obtenido sin corregir, que es el utilizado en la obtención de los momentos finales y en la envolvente total.

Momentos producidos por el empuje de tierras.- De acuerdo a recomendación de la Portland, no se considera por ser muy pequeño.

Cálculo del ancho de distribución y del coeficiente de impacto.

a)- Ancho de Distribución.- Viene dado la fórmula:

$$E = \frac{3.05N + W}{4N} = \frac{3.05 \times 4 + 13.30}{4 \times 4} = \underline{\underline{1.66}}$$

b)- Coeficiente de Impacto.-

$$I = \frac{50}{3.28L + 125} = \frac{50}{3.28 \times 20 + 125} = \underline{\underline{0.263}}$$

Luego los momentos producidos por la sobre-carga estarán afectados del factor:

$$\frac{1.00 + 0.263}{1.66} = \frac{1.263}{1.66} = \underline{\underline{0.76}}$$

Momentos producidos por la sobre-carga móvil H20-S16. ( Negativos)

Haciendo entrar al tren de cargas en las Líneas de Influencia tenemos: ( Valor de la carga por rueda: 1812.5 Kg.)

a)- En el apoyo.-

$$M = 1.6P + 4P \times 3.3 + 4P \times 3.15 = 1.6P + 13.2P + 12.6P = 27.4P$$

$$27.4 \times 1,812.5 = 49,600 \text{ Kg-m} \quad 49,600 \times 0.76 = \underline{\underline{37,700 \text{ Kg-m}}}$$

b)- Sección en 0.1 L.

$$M = .75P + 4P \times 2.0 + 4P \times 2.0 = .75P + 8.0P + 8.0P = 16.75P$$

$$16.75 \times 1,812.5 = 30,400 \text{ Kg-m} \quad 30,400 \times 0.76 = \underline{\underline{23,100 \text{ Kg-m}}}$$

c)- Sección en 0.2 L.

$$M = 0.3P + 4P \times 0.9 + 4P \times 0.85 = 0.3P + 3.6P + 3.4P = 7.3P$$

$$7.3 \times 1,812.5 = 13,200 \text{ Kg-m} \quad 13,200 \times 0.76 = \underline{\underline{10,000 \text{ Kg-m}}}$$

d)- Sección en 0.3 L.

$$M = 0.1P + 4P \times 0.2 + 4P \times 0.2 = 0.1P + 0.8P + 0.8P = 1.7P$$

$$1.7 \times 1,812.5 = 3,060 \text{ Kg-m} \quad 3,060 \times 0.76 = \underline{\underline{2,330 \text{ Kg-m}}}$$

e)- Sección en 0.4 L.

$$M = 0 \times P = 0.00$$

Momentos Positivos.-

a)- Sección en 0.1 L.

$$M = 0.4 \times 4P - 1.6P = 1.6 \times 1812.5 = 2,900 \text{ Kg-m}$$

$$2,900 \times 0.76 = \underline{2,210 \text{ Kg.-m}}$$

b)- Sección en 0.2 L.

$$M = 0.95 \times 4P = 3.8P = 3.8 \times 1812.5 = 6,900 \text{ Kg-m}$$

$$6,900 \times 0.76 = \underline{5,250 \text{ Kg.-m.}}$$

c)- Sección en 0.3 L.

$$M = 0.2P \times 0.8 + 4P \times 1.35 = 0.8P + 5.4P = 6.20P = 11,200 \text{ Kg-m}$$

$$11,200 \times 0.76 = \underline{8,500 \text{ Kg.-m.}}$$

d)- Sección en 0.4 L.

$$M = 0.4P + 0.4 \times 4P + 1.7 \times 4P = 0.4P + 1.6P + 6.8P = 8.8P = 15,900 \text{ Kg-m}$$

$$15,900 \times 0.76 = \underline{12,100 \text{ Kg.-m.}}$$

e)- Sección en 0.5 L.

$$M = 0.5P + 0.5 \times 4P + 1.9 \times 4P = 0.5P + 2.0P + 7.6P = 10.1P = 18,300 \text{ Kg-m}$$

$$18,300 \times 0.76 = \underline{13,900 \text{ Kg.-m.}}$$

Con los valores obtenidos anteriormente se dibuja la envolvente de momentos producidos por la sobrecarga móvil, que se adjunta en la siguiente página.

### 3.- Momentos producidos por variación de temperatura.-

La variación de la temperatura es muy importante pues ocasiona la disminución o el aumento de la longitud del elemento horizontal, con la consiguiente aparición de momentos en la estructura; la acción sobre el miembro vertical no produce momentos por permitir la libre dilatación del mismo. La contracción producida por el fraguado se asume en una caída de temperatura de 10 grados centígrados. Para Lima consideramos una variación de temperatura de 10 grados.

La dilatación viene dada por la fórmula:

$$D = w L T \quad \text{donde: } w \text{ es el coeficiente de dilatación}$$

L es la longitud del miembro

T es la variación de temperatura

para nuestro caso:

$$D = 0.000012 \times 20 \times 2000 = \underline{0.48 \text{ cm.}}$$

$$d = D/2 = 0.48/2 = \underline{0.24 \text{ cm.}}$$

El efecto producido por esta variación de longitud es igual al que produciría una fuerza H aplicada al extremo inferior de la pata, de tal forma que la flecha en el punto de aplicación de la fuerza sea "d".

Para estas condiciones el momento producido en el nudo será:

$$M = \frac{K E I_0 (1 - C_a \times C_b) d}{h^2}$$

Donde: K es el coeficiente de rigidez.

E es el módulo de elasticidad : 1000 f'c

I<sub>0</sub> es el momento de inercia mínimo

C<sub>a</sub> y C<sub>b</sub> son los coeficientes de transmisión

d es la mitad de la dilatación

h es la altura del miembro vertical

Reemplazando valores:

$$M = \frac{20 \times 210,000 \times 1'800,000 \times 0.754 \times 0.24}{540 \times 540 \times 100} = 47,000 \text{ Kg-m.}$$

este valor tiene que ser multiplicado por el coeficiente obtenido del correspondiente Cross.

$$M = 47,000 \times 0.1645 = \underline{7,720 \text{ Kg-m.}}$$

Envolvente general de momentos.-

Con todos los valores hallados anteriormente procederé a determinar la envolvente total.

| Sección | Peso Propio |        | Sobrecarga |        | Temperatura<br>( ± ) | ENVOLVENTE |         |
|---------|-------------|--------|------------|--------|----------------------|------------|---------|
|         | ( + )       | ( - )  | ( + )      | ( - )  |                      | ( + )      | ( - )   |
| Apoyo   | -           | 73,200 | -          | 37,700 | 7,720                | -          | 118,620 |
| 0.1 L.  | -           | 37,600 | 2,210      | 23,100 | 7,720                | -          | 68,420  |
| 0.2 L   | -           | 10,200 | 5,250      | 10,000 | 7,720                | 3,700      | 27,920  |
| 0.3 L   | 7,400 ✓     | -      | 8,500 ✓    | 2,330  | 7,720                | 23,620     | 2,550   |
| 0.4 L   | 17,100      | -      | 12,100     | -      | 7,720                | 36,920     | -       |
| 0.5 L   | 20,900 ✓    | -      | 13,900 ✓   | -      | 7,720 ✓              | 42,520     | -       |

Con estos valores he dibujado el diagrama de la envolvente general de momentos que figura en la página siguiente.

- Cálculo del refuerzo metálico.-

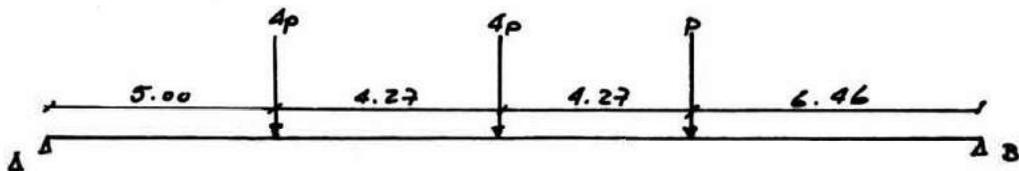
## a)- Elemento Vertical.-

Para este cálculo será necesario determinar primeramente la carga transmitida por el puente.

Peso propio: parte uniforme:  $R_a = R_b = wL/2 = 1,640 \times 20/2 = 16,400 \text{ Kg}$

parte parabólica:  $R_a = R_b = WaL/8 = 1,440 \times 20/6 = 4,800 \text{ Kg}$

Carga móvil: ubicada en el sitio donde produce máximo momento:



Tomando momentos respecto al apoyo B:

$$M_b : P \times 6.46 + 4P \times 10.73 + 4P \times 15 - R_a \times 20 = 0$$

$$6.46P + 42.92P + 60P = 20R_a$$

$$R_a = (109.38/20) P$$

$$R_a = 9,900 \text{ Kg.}$$

Considerando Impacto y ancho efectivo, hay que multiplicar este valor por el coeficiente 0.76

$$9,900 \times 0.76 = 7,520 \text{ Kg.}$$

$$N : \text{carga total} = 16,400 + 4,800 + 7,520 = \underline{28,720 \text{ Kg}}$$

Cálculo por Flexo-compresión.-

## 1)- Sección superior.-

Datos: M: 118,620 K-m.

$f_b$ : 210 K/cm<sup>2</sup>

N: 28,720 Kg.

$f_s$ : 1400 K/cm<sup>2</sup>

t: 1.20 m.

n : 10

b: 1.00 m.

$d'$ : 7 cm.

Asumimos una cuantía  $e = 0.012$

Excentricidad:  $e = 118,620/28,720 = 4.15 \text{ m.}$  ( II Caso )

$$d'/t = 7/120 = 0.058$$

$$t/e = 120/415 = 0.29$$

$$np = 0.12$$

$$(n-1)p = 0.108$$

Con estos valores entro a los abacos del curso de concreto de Paabody

y obtengo:

$$C_2 = 7$$

$$K = 0.28$$

$$D = 5.28$$

$$f_c = C_2 M / b t^2 = 7 \times 118,620 / 120^2 = \underline{58 \text{ K/cm}^2}$$

$$f_a = \frac{0.8(0.225 f_b + p g f_s)}{1 + np} = \frac{0.8(47.2 + 16.8)}{1 + 0.12} = 47.5 \text{ K/cm}^2$$

$$f_a / f_b = 47.5 / 210 = 0.217$$

$$f_p / f_b = 0.412$$

$$\therefore \underline{f_p = 86.5 \text{ K/cm}^2} > f_c$$

$$D \cdot e / t = 5.28 / 0.29 = 18.2$$

$$f_t = f_c \left( \frac{d - Kt}{Kt} \right) = \frac{58(113 - 33.6)}{33.6} = \frac{58 \times 79.4}{33.6} = 137 \text{ K-cm}^2$$

$$f_s = n f_t = 10 \times 137 = \underline{1,370 \text{ K/cm}^2}$$

Cómo este valor está muy próximo y por debajo de la carga de trabajo del acero duro a emplearse podemos afirmar que la cuantía asumida es correcta, luego:

$$A_s = 0.012 \times 100 \times 120 = \underline{144 \text{ cm}^2}$$

2)- Sección a 1.00 m. por debajo de la superior.-

$$M = \frac{118,620 \times 4.40}{5.40} = \underline{96,000 \text{ K-m.}}$$

$$t = 60 + \frac{60 \times 4.40}{5.40} = 60 + 49 = \underline{1.09 \text{ m.}}$$

$$N = 28,720 + \frac{(1.20 + 1.09)}{2} \times 100 \times 2,400 = 28,720 + 2,750 = \underline{31,470 \text{ Kg.}}$$

$$e = 96,000 / 31,470 = 3.06 \text{ m.}$$
 ( II Case )

$$\text{cuantía} = 0.012$$

$$np = 0.12$$

$$(n-1)p = 0.108$$

$$d'/t = 7/109 = 0.0641$$

$$t/e = 109/306 = 0.356$$

Entrando con estos valores a los abacos:

$$C_2 = 7.1$$

$$K = 0.29$$

$$D = 5.35$$

$$f_c = 7.1 \times 96,000/109^2 = \underline{57.3 \text{ K/cm}^2}$$

$$f_a = 47.5 \text{ K/cm}^2 \quad (\text{cálculo anterior})$$

$$f_a/f_b = 0.217$$

$$f_p/f_b = 0.417 \quad \therefore \underline{f_p = 87.5 \text{ K/cm}^2} > f_c$$

$$D_m/t = 5.35/0.356 = 15$$

$$f_t = 57.3 \left( \frac{102 - 30.5}{30.5} \right) = \frac{57.3 \times 71.5}{30.5} = 135 \text{ K/cm}^2$$

$$f_s = 10 \times 135 = \underline{1,350 \text{ K/cm}^2}$$

Luego:

$$A_s = 0.012 \times 100 \times 109 = \underline{131 \text{ cm}^2}$$

3)- Sección a 2.00 m. de la superior.-

$$M = \frac{118,620 \times 3.40}{5.40} = 74,800 \text{ K-m.}$$

$$t = 60 + \frac{60 \times 3.40}{5.40} = 60 + 37.8 = 97.8 \text{ cm.}$$

$$N = 31,470 + \left( \frac{1.09 + 0.978}{2} \right) \times 100 \times 2,400 = 31,470 + 2,470 = \underline{33,940 \text{ Kg}}$$

$$\bullet = 74,800 / 33,940 = 2.21 \text{ m.} \quad (\text{II Caso})$$

$$d'/t = 7/97.8 = 0.0715 \quad t/\bullet = 97.8/221 = 0.443$$

$$p = 0.011 \quad np = 0.11 \quad (n-1)p = 0.099$$

Entrando a los abacos:

$$G_2 = 7.9$$

$$K = 0.27$$

$$D = 5.4$$

$$f_c = 7.9 \times 74,800/97.8^2 = \underline{55.6 \text{ K/cm}^2}$$

$$f_a = \frac{0.8(47.2 + 15.2)}{1.099} = 45.5 \text{ K/cm}^2$$

$$f_a/f_b = 45.5/210 = 0.218$$

$$f_p/f_b = 0.416 \quad \therefore \underline{f_p = 87.5 \text{ K/cm}^2} > f_c$$

$$D.\bullet/t = 5.4/0.443 = 12.3$$

$$f_t = 55.6 \left( \frac{90.8 - 27.4}{27.4} \right) = \frac{55.6 \times 63.4}{27.4} = 136 \text{ K/cm}^2$$

$$f_s = 10 \times 136 = 1,360 \text{ K/cm}^2$$

Luego:

$$A_s = 0.011 \times 100 \times 97.8 = \underline{108 \text{ cm}^2}$$

4).- Sección a 3.00 m. de la superior.-

$$M = \frac{118,620 \times 2.40}{5.40} = 52,700 \text{ K-m.}$$

$$t = 60 + \frac{60 \times 2.40}{5.40} = 60 + 26.7 = 86.7 \text{ cm.}$$

$$N = 33,940 + \frac{(0.978 + 0.867) \times 100 \times 2,400}{2} = 33,940 + 2,210 = 35,150 \text{ Kg.}$$

$$e = \frac{52,700}{35,150} = 1.5 \text{ m.} \quad (\text{II Case})$$

$$d'/t = 7/86.7 = 0.081 \quad t/e = 86.7/150 = 0.577$$

$$p = 0.01 \quad np = 0.10 \quad (n-1) p = 0.09$$

Entrando a los abacos:

$$C_2 = 8.5 \quad K = 0.28 \quad D = 5.5$$

$$f_c = \frac{8.5 \times 52,700}{86.7^2} = 59.5 \text{ K/cm}^2$$

$$f_a = 0.8 \left( \frac{47.2 + 14}{1.09} \right) = 45 \text{ K/cm}^2$$

$$f_a/f_b = 45/210 = 0.214$$

$$f_p/f_b = 0.407 \quad \therefore \quad \underline{f_p = 85.4 \text{ K/cm}^2} > f_c$$

$$D \cdot e/t = 5.5/0.577 = 9.5$$

$$f_t = 59.5 \left( \frac{79.7 - 24.2}{24.2} \right) = \frac{59.5 \times 55.5}{24.2} = 137 \text{ K/cm}^2$$

$$f_s = 10 \times 137 = 1,370 \text{ K/cm}^2$$

Luego:

$$A_s = 0.01 \times 100 \times 86.7 = 86.7 \text{ cm}^2$$

5).- Sección a 4.00 m. de la superior.-

$$M = \frac{118,620 \times 1.40}{5.40} = 30,800 \text{ K-m.}$$

$$t = 60 + \frac{60 \times 1.40}{5.40} = 60 + 15.5 = 75.5 \text{ cm.}$$

$$N = 35,150 + \frac{(0.867 + 0.755) \times 100 \times 2,400}{2} = 35,150 + 1,950 = 37,100 \text{ K.}$$

$$e = \frac{30,800}{37,100} = 0.83 \text{ m.} \quad (\text{II case})$$

$$\frac{d'}{t} = \frac{7}{75.5} = 0.09$$

$$\frac{t}{e} = \frac{75.5}{83.0} = 0.91$$

$$p = 0.005$$

$$m_p = 0.05$$

$$(n-1)p = 0.045$$

Entrando a los abacos:

$$C_2 = 11.7$$

$$K = 0.285$$

$$D = 5.7$$

$$f_c = \frac{11.7 \times 30,800}{75.5^2} = 63.2 \text{ K/cm}^2$$

$$f_a = 0.8 \left( \frac{47.2 + 7}{1.05} \right) = \frac{0.8 \times 54.2}{1.05} = 41.4 \text{ K/cm}^2$$

$$\frac{f_a}{f_b} = \frac{41.4}{210} = 0.196$$

$$f_p/f_b = 0.385 \quad \therefore \quad \underline{f_p = 81 \text{ K/cm}^2} > f_c$$

$$\frac{D \cdot e}{t} = \frac{5.7}{0.91} = 6.3$$

$$f_t = 63.2 \left( \frac{68.5 - 21.5}{21.5} \right) = \frac{63.2 \times 47}{21.5} = 138 \text{ K/cm}^2$$

$$f_s = 10 \times 138 = 1,380 \text{ K/cm}^2$$

Luego:

$$A_s = 0.005 \times 100 \times 75.5 = \underline{38 \text{ cm}^2}$$

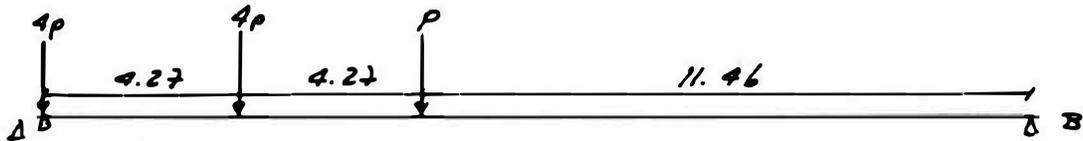
Resumiendo:

| Sección            | $A_s$                |
|--------------------|----------------------|
| Superior           | 144 cm <sup>2</sup>  |
| 1.00 m. per debajo | 131 cm <sup>2</sup>  |
| 2.00 m. per debajo | 108 cm <sup>2</sup>  |
| 3.00 m. per debajo | 86.7 cm <sup>2</sup> |
| 4.00 m. per debajo | 38.0 cm <sup>2</sup> |

Con estos valores he dibujado el diagrama de areas de acero que figura en la siguiente página.

Cálculo de la articulación, tipo Messenger.-

La carga máxima actuante sobre el puente, y para el apoyo A se obtiene cuando el tren de cargas está en la posición siguiente:



Tomando momentos respecto a B

$$M_b: 11.46 P + 4P \times 15.73 + 4P \times 20 - R_a \times 20 = 0$$

$$11.46P + 62.90P + 80P = 20R_a \quad R_a = \frac{154.36 \times 1812.5}{20} = 14,010 \text{ Kg.}$$

Sumándole el peso propio:  $14,010 \times 0.76 + 21,200 = 31,700 \text{ Kg.}$

La carga normal total se obtiene aumentando el peso de la pata:

$$N: 31,700 + \frac{(1.20 + 0.60) \times 100 \times 5.40 \times 2,400}{2} = 31,700 + 11,180 = \underline{42,880 \text{ Kg.}}$$

La fuerza horizontal:  $H = 118,620 / 5.40 = \underline{22,000 \text{ Kg.}}$

Usando acero duro, que hacemos trabajar como máximo a  $1,000 \text{ K/cm}^2$  a la compresión, y asumiendo que se van a usar 10 pares de barras tenemos:

$$\alpha = \text{arc tg } H/N = \text{arc tg } 22,000/42,880 = \text{arc tg } 0.515 = 27.2^\circ$$

$$\text{sen } \alpha = 0.476 \quad \text{cos } \alpha = 0.889$$

$$F = 1/2n ( H/\text{sen } \alpha + N/\text{cos } \alpha ) = 1/2 \times 10 ( 22,000/0.456 + 42,880/0.889 )$$

$$1/20 ( 48,200 + 48,200 ) = 4,820 \text{ Kg}$$

El área de la barra:  $4,820 / 1,000 = 4.82 \text{ cm}^2 = \varnothing 1''$

El espaciamiento entre las barras será de 10 cm. centro a centro

Longitud del anclaje:  $40D = 40 \times 2.54 = 1.00 \text{ m.}$

Separación de la articulación:  $5D = 5 \times 2.54 = 13 \text{ cm.}$

Longitud del tramo doblado:  $l = 13 \times \text{cos } \alpha = 13 \times 0.889 = 15 \text{ cm.}$

Separación entre estribos: con fierro de  $3/8''$

$$s = \frac{8 \text{ cm}^2}{d \text{ sen } \alpha}$$

Reemplazando valores:

$$S = \frac{8 \times 0.95^2}{2.54 \times 0.476} = 6.0 \text{ cm}$$

$$S: \underline{6.0 \text{ cm}}$$

### CALCULO DEL ELEMENTO HORIZONTAL.-

#### a)- Dimensionamiento.-

Al comienzo del capítulo diseñé el arranque y la clave de la viga, ahora procederé a calcular los peraltes de los puntos intermedios de la misma.

#### 1.- Ecuación de la parábola.

Considerando que el eje de abscisas es vertical y pasa por la clave, y que el eje de ordenadas pasa tangente al intrados en la clave, la ecuación de la curva será:

$$y^2 = 4 p x$$

Reemplazando en ella las coordenadas de un punto conocido tal como el intradós en el arranque, tenemos:

$$10^2 = 4p(0.60)$$

$$p = 100/2.4 = 41.6 \quad 4p = 166.4$$

La ecuación de la curva será:

$$y^2 = 166.4x$$

Despejando x, y sustituyendo los valores de Y, tenemos :

$$x = y^2/166.4$$

| y | x     | h     |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.006 | 0.606 |
| 2 | 0.024 | 0.624 |
| 3 | 0.054 | 0.654 |
| 4 | 0.096 | 0.696 |
| 5 | 0.150 | 0.750 |
| 6 | 0.216 | 0.816 |
| 7 | 0.294 | 0.894 |

| y  | x     | h     |
|----|-------|-------|
| 8  | 0.348 | 0.984 |
| 9  | 0.486 | 1.086 |
| 10 | 0.600 | 1.200 |

## b)- Cálculo del refuerzo metálico.-

Fórmulas a usar:

$$M_b: k \cdot b \cdot d^2$$

$$A_s: M / f_s \cdot j \cdot d \quad (\text{acero principal})$$

$$A_s': M' / f_s (d - d')$$

$$A_{s_t}: A_s / (5.28 \times S)^{\frac{1}{2}}$$

Para:  $f_b: 210 \text{ K/cm}^2$

$$f_s: 1400 \text{ K/cm}^2$$

$$j: 0.866$$

$$K: 13.8 \quad (\text{A. A. S. H. O.})$$

$$d: \text{altura útil, variable para cada caso: } h - 7 \text{ cm.}$$

## 1)- Apoyo.-

$$M(-): 118.620 \text{ K-m.}$$

$$M_b: 13.8 \times 100 \times 113^2 = 176,000 \text{ K-m}$$

$$d: 120 - 7 = 113 \text{ cm.}$$

$$A_s: 118,620 / 14 \times 0.866 \times 113 = \underline{87 \text{ cm}^2}$$

## 2)- A 0.1 L.-

$$M(-): 68,420 \text{ K-m.}$$

$$M_b: 13.8 \times 100 \times 91.4^2 = 115,500 \text{ K-m}$$

$$d: 98.4 - 7 = 91.4 \text{ cm.}$$

$$A_s: 68,420 / 14 \times 0.866 \times 91.4 = \underline{62 \text{ cm}^2}$$

## 3)- A 0.2 L.-

$$M(-): 27,290 \text{ K-m.}$$

$$M_b: 13.8 \times 100 \times 74.6^2 = 77,500 \text{ K-m}$$

$$M(+): 3,700 \text{ K-m.}$$

$$d: 81.6 - 7 = 74.6 \text{ cm.}$$

$$As(-): 27,290/14 \times 0.866 \times 74.6 = \underline{30.9 \text{ cm}^2}$$

$$As(+): 3,700/14 \times 0.866 \times 74.6 = \underline{4.11 \text{ cm}^2}$$

4) - A 0.3 L.-

$$M(-): 10,050 \text{ K-m.}$$

$$M_o: 13.8 \times 100 \times 62.6^2 = 54,000 \text{ K-m}$$

$$M(+): 23,620 \text{ K-m.}$$

$$d: 69.6 - 7 = 62.6 \text{ cm.}$$

$$As(-): 10,050/14 \times 0.866 \times 62.6 = \underline{13.2 \text{ cm}^2}$$

$$As(+): 23,620/14 \times 0.866 \times 62.6 = \underline{31.2 \text{ cm}^2}$$

5) - A 0.4 L.-

$$M(+): 36,920 \text{ K-m.}$$

$$M_o: 13.8 \times 100 \times 55.4^2 = 42,400 \text{ K-m}$$

$$d: 62.4 - 7 = 55.4 \text{ cm.}$$

$$As(+): 36,920/14 \times 0.866 \times 55.4 = \underline{54.5 \text{ cm}^2}$$

6) - Al centro.-

$$M(+): 42,520 \text{ K-m.}$$

$$M_o: 13.8 \times 100 \times 53^2 = 38,800 \text{ K-m}$$

$$d: 60 - 7 = 53 \text{ cm.}$$

En esta sección se necesita acero en compresión:

$$As: As_1 + As'$$

$$As_1: 38,800/14 \times 0.866 \times 53 = 60.5 \text{ cm}^2$$

$$As': (42,520 - 38,800)/14(53 - 7) = 5.8 \text{ cm}^2$$

$$As: 60.5 + 5.8 = \underline{66.3 \text{ cm}^2}$$

$$As_o: 3,720/14(53 - 7) = \underline{5.8 \text{ cm}^2}$$

-Acero de repartición,(transversal): viene dado por la fórmula:

$$As_t: As/(3.28 \times S)^{\frac{1}{2}} \quad \text{dónde: } As: \text{acero maximo}$$

$$As_t: 87/(3.28 \times 20)^{\frac{1}{2}} \quad S: \text{luz del puente}$$

$$: 87/(65.6)^{\frac{1}{2}} = 10.8 \text{ cm}^2 = \underline{\text{7/8" @ 40 cm.}}$$

- Chequeo de esfuerzo cortante y adherencia: no se necesita, ya que el cálculo se ha realizado según normas de la A.A.S.H.O. que indican que para losa no se consideran por estar los valores afectados del coeficiente de ancho efectivo.

En la página siguiente he graficado el diagrama de áreas de acero

Cálculo de los Muros de contención.-

Los muros de contención serán de concreto armado con  $f'_c : 175 \text{ K/cm}^2$  y  $f_s : 1400 \text{ K/cm}^2$ , con un espesor uniforme de 30cm. Para los efectos del cálculo se le considera como viga en voladizo, sometida a la acción de una carga trapezoidal. Calcularé el muro para su altura mayor, toda vez que para las otras, los resultados son los parciales a cada altura estudiada.

La altura del muro viene dada por:

$$h: p + h' + h_1 \quad \text{dónde: } p : \text{profundidad del muro respecto a la rasante en la rampa.}$$

$$h: 10 + 4.30 + 1.20 \quad h' : \text{altura libre}$$

$$h: \underline{5.60 \text{ m.}} \quad h_1 : \text{peralte del pórtico en el arranque}$$

Según la A.A.S.H.O. para sobrecarga H20-S16 se considera, una altura de terreno equivalente a 2', es decir, 60 cm. de altura de tierra. Considerando ésto, voy a determinar los valores máximo y mínimo de las cargas actuantes en el muro.

$W_1$  : carga que resiste la parte superior del muro :  $wh^1o$

$W_2$  : carga que resiste la parte inferior del muro :  $wh^{2o}$

En estos casos:  $w$ : densidad del material de relleno: tierra y cascajo

$h^1$ : altura reducida de S/C

$h^2$ : altura reducida más altura del muro

$o$  : coeficiente, para tierra y cascajo consolidado tiene un valor de 0.2

$$W_1 : 1,600 \times 0.60 \times 0.20 = 192 \text{ kg.}$$

$$W_2 : 1,600 \times 6.20 \times 0.20 = 1,980 \text{ kg.}$$

1.- Determinación analítica del momento en un punto situado a la distancia "x" del extremo libre.

La ordenada en dicho punto será:

$$Y : y_1 + y_2 \quad \text{donde: } y_1 : \text{ordenada de la carga uniforme}$$

$$y_2 : \text{ordenada de la carga triangular}$$

$$y_1 : w_1$$

$$y_2 : (w_2 - w_1)x/L$$

El momento será:

$$M : M' + M'' \quad M' = \text{momento debido a carga uniforme}$$

$$M'' = \text{momento debido a carga triangular}$$

$$M' : w_1 \cdot x \cdot x/2 = \frac{w_1 \cdot x^2}{2}$$

$$M'' : (w_2 - w_1) \cdot x/L \cdot x/2 \cdot x/3 = (w_2 - w_1) x^3/6L$$

$$M : \frac{(w_2 - w_1) x^3}{6L} + \frac{w_1 x^2}{2}$$

Esta expresión nos da el momento a la distancia "x"

Tenemos entonces:  $w_1 : 192 \text{ kg.}$  y  $w_2 - w_1 : 1,788 \text{ kg.}$

Cálculo de los momentos para los diversos valores de "x"

$$x: 1 \quad M : \frac{1788 \times 1}{5.60 \times 6} + \frac{192 \times 1}{2} = 53.2 + 96 = 149.2 \text{ K-m.}$$

$$x: 2 \quad M : \frac{1788 \times 8}{5.60 \times 6} + \frac{192 \times 4}{2} = 426 + 384 = 810 \text{ K-m.}$$

$$x: 3 \quad M : \frac{1788 \times 27}{5.60 \times 6} + \frac{192 \times 9}{2} = 1440 + 865 = 2,305 \text{ K-m.}$$

$$x: 4 \quad M : \frac{1788 \times 64}{5.60 \times 6} + \frac{192 \times 16}{2} = 3410 + 1535 = 4,945 \text{ K-m.}$$

$$x: 5 \quad M : \frac{1788 \times 125}{5.60 \times 6} + \frac{192 \times 25}{2} = 6650 + 2400 = 9,050 \text{ K-m.}$$

$$x: 5.6 \quad M : \frac{1788 \times 176}{5.60 \times 6} + \frac{192 \times 31.4}{2} = 9340 + 3020 = 12,360 \text{ K-m.}$$

2)- Cálculo del refuerzo metálico.-

Momento max. que se puede resistir con la sección:  $Kbd^2$

$$M_o : 13.8 \times 100 \times 23^2 = 7,300 \text{ K-m}$$

Esto me indica que para los valores de "X" superiores a 4 m. habrá que colocar acero en compresión.

Valores que necesito en el cálculo:  $j : 0.866$

$d : 23 \text{ cm.}$

Las áreas de acero que necesito serán:  $A_s : M/f_s \cdot j \cdot d$

$$x: 1 \quad A_s : 149.2/14 \times 0.866 \times 23 = \underline{0.535 \text{ cm}^2}$$

$$x: 2 \quad A_s : 810/14 \times 0.866 \times 23 = \underline{2.90 \text{ cm}^2}$$

$$x: 3 \quad A_s : 2305/14 \times 0.866 \times 23 = \underline{7.30 \text{ cm}^2}$$

$$x: 4 \quad A_s : 4945/14 \times 0.866 \times 23 = \underline{17.80 \text{ cm}^2}$$

x: 5 En este caso hay acero en compresión.

$$M^l : 9,050 - 7,300 = 1,750 \text{ K-m.}$$

$$A_s : 0.0136 \times 100 \times 23 + 1750/14(23-7) = 31.3 + 7.8 = \underline{39.1 \text{ cm}^2}$$

$$A_s^l : 1750/14(23-7) = \underline{7.8 \text{ cm}^2}$$

$$x: 5.6 \quad M^l : 12,360 - 7,300 = 5,060 \text{ K-m.}$$

$$A_s : 0.0136 \times 100 \times 23 + 5060/14(23-7) = 31.3 + 22.6 = \underline{53.9 \text{ cm}^2}$$

$$A_s^l : 5060/14(23-7) = \underline{22.6 \text{ cm}^2}$$

Con estos valores he dibujado el diagrama de áreas de acero que figura en la página siguiente.

El acero horizontal viene dado por la fórmula:

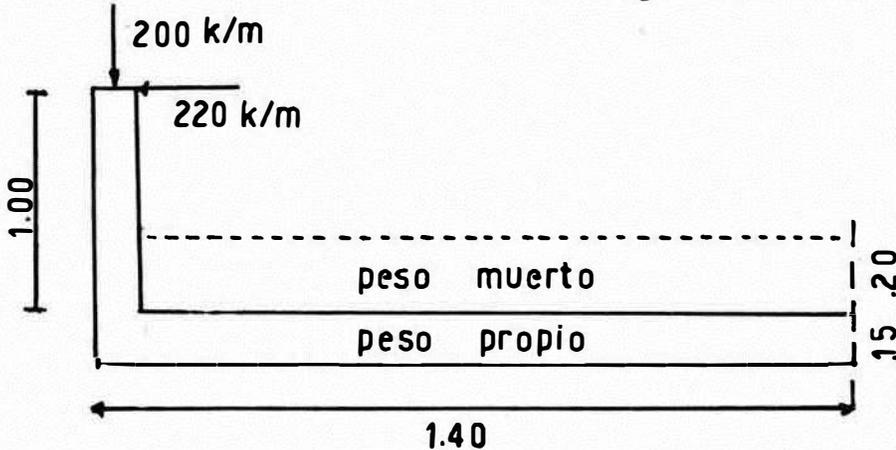
$$A_{s_h} : 0.0025 \times b \times e$$

$$: 0.0025 \times 100 \times 30 = \underline{7.5 \text{ cm}^2} = \underline{\phi \ 8/12'' \ @ \ 10 \text{ cm.}}$$

Cálculo de la vereda-voladizo del puente.-

Estará sometido a la acción de las siguientes cargas: peso propio, peso muerto, sobrecarga y acción de la baranda, que transmitirá carga concentrada y momento.

A continuación ilustro las cargas actuantes:



Momento actuante fijo:  $220 \times 1.00 = 220 \text{ K-m.}$

Cargas repartidas: Peso propio:  $0.15 \times 1 \times 1 \times 2,400 = 360 \text{ K/m}^2$   
 s/c  $= 500 \text{ K/m}^2$

Peso muerto (Tubos, relleno, losa) =

$$= 0.20 \times 1 \times 1 \times 2,400 = \frac{480 \text{ K/m}^2}{1,340 \text{ K/m}^2}$$

Carga concentrada (Baranda)

Baranda metálica:  $= 50 \text{ K/m.}$

s/c  $= 200 \text{ K/m.}$

Peso propio:  $0.20 \times 1 \times 1 \times 2400 = \frac{480 \text{ K/M.}}{730 \text{ K/m.}}$

Momento total:  $220 + 730 \times 1.30 + 1340 \times 1.4^2/2 =$

$$= 220 + 950 + 1310 = \underline{2,480 \text{ K-m.}}$$

Momento que resiste el concreto:  $M; Kbd^2 = 165 \times 100 \times 10^2 = 1,660 \text{ K-m.}$

Momento remanente:  $2,480 - 1,660 = 720 \text{ K-m.}$

As:  $0.0136 \times 100 \times 10 + 720/14(10-5)$

$$13.6 + 10.3 = \underline{23.9 \text{ cm}^2} = \phi \frac{3}{4} @ 12.5 \text{ cm.}$$

$$As' : 720/14(10-5) = 10.3 \text{ cm}^2$$

El refuerzo en el extremo de la viga-voladizo será igual al de la baranda.

$$\text{El esfuerzo cortante: } v = \frac{V}{b j d}$$

$$V : 200 + 730 + 1340 \times 1.4 = 2,810 \text{ Kg.}$$

$$v : 2,810/100 \times 0.866 \times 10 = 3.25 = 0.0155 f_c'$$

Luego no se necesitan estribos.

$$As_t : 0.0025bd = 0.0025 \times 100 \times 10 = 2.5 \text{ cm}^2 = \phi \frac{3}{4} @ 12.5 \text{ cm.}$$

Baranda: Por flexo-compresión. N: 200 Kg. H: 220 Kg. h: 1.00 m.

$$e : 220/200 = 1.1 \text{ m. ( II caso)}$$

Debido al poco valor de la carga así como del momento y como el concreto es rico:  $f'_c : 210 \text{ K/cm}^2$  el valor de  $f_c$  será pequeño en comparación con  $f_p$  y el elemento trabajará bien con la cuantía mínima recomendable que es de 0.01, por lo tanto:

$$As : 0.01 \times 100 \times 20 = 20 \text{ cm}^2$$

Por hilera tendremos:  $10 \text{ cm}^2$  que equivalen a  $\phi \frac{1}{2} @ 12.5 \text{ cm.}$

Referente al calculo del voladizo, el acero en compresión es necesario hasta un punto tal que el momento sea igual a  $M_o$ .

$$1,660 = 220 + 730X + 1,340 X^2/2$$

Resolviendo esta ecuación: X : 1.00 m. del extremo libre.

Refuerzo necesario a 0.50 m. del extremo libre:

$$M : 220 + 720 \times 0.5 + 1340 \times 0.5^2/2 = 763 \text{ K-m.}$$

$$As : 763/14 \times 0.866 \times 10 = 6.3 \text{ cm}^2$$

Sobre el voladizo irán 4 tubos de fo.fo. galvanizado que servirán de ductos para pasar cualquier servicio público que se necesite, estarán cubiertos de tierra y encima llevaran una capa de concreto simple de 2" que hará las veces de vereda.

### Capacidad soportante del suelo.-

Si se pudiera calcular los esfuerzos que las cargas de una cimentación transmiten al suelo, y si se pudiera determinar el correspondiente esfuerzo resistente de dicho suelo, entonces el diseño de una cimentación seguiría el camino lógico que se sigue al calcular otras estructuras.

Es obvio que la capacidad soportante de un suelo juega un papel principalísimo en el diseño de las estructuras. Esta capacidad soportante se define generalmente como la carga que puede aplicarse a un suelo, sin que se produzcan asentamientos perjudiciales a la estructura. El esfuerzo de trabajo del suelo es una fracción del anterior.

Metódos para calcular la capacidad soportante.- En orden de inexactitud:

- 1)- Cargas permisibles tabuladas
- 2)- Experimentos con cargas
- 3)- Pruebas combinadas con cargas
- 4)- Cálculos basados en cohesión y fricción.

El método de común empleo para Lima es el primero, todos los cálculos se hacen partiendo de valores que se suponen correctos, el esfuerzo de trabajo para los suelos de Lima, Ciudad Capital, se toman generalmente entre 3 y 4 K/cm<sup>2</sup>.

Para el caso del presente trabajo recomiendo se hagan, siempre que sea factible, el método No. 3 por ser bastante exacto. Para los efectos de la presente Tesis, para los cálculos de las cimentaciones he tomado valores obtenidos por el primer método, ya que el tiempo, y el tema del proyecto no me permiten profundizar en experimentos de otras ramas de la Ingeniería Civil, que son por sí solas, materias de trabajos exhaustivos de investigación.

ZAPATAS .-

Para el cálculo de las zapatas he estimado en  $3K/cm^2$  a la resistencia del terreno en la zona, valer éste que es el usualmente recomendada para el suelo de Lima.

1)- Zapata del pórtico.- Por condición del mismo se calcula como zapata corrida.-

a)- Carga actuante: Superestructura  $\approx$  42,880 Kg.

Peso propio: 8%: = 3,420 Kg.

$$Az: \frac{42,880 + 3,420}{3} = 15,400 \text{ cm}^2 = 100 \text{ b}$$

b: 1.54 m. asumimos: b: 1.60

$$\text{Peso propio: } 1.00 \times 1.60 \times 2,400 \times H = 3,840 \times H \text{ Kg.}$$

b)-Altura de la zapata: H: Por el curso de Concreto se sabe que la altura mínima viene dada por el valer  $32 \phi$  de la columna, que en mi caso da 82 cm. Pero por la articulación he calculado que se necesita un anclaje de 1.00 m., este valer lo asumiré para el cálculo.

$$\text{Peso propio: } 3,840 \times 1.00 = 3,840 \text{ Kg.}$$

Este valer sumado al peso de la superestructura y dividido entre la resistencia del terreno me da:  $15,600 \text{ cm}^2$ , lo que indica que el "b" asumido está correcto.

c)- Reacción neta del terreno:

$$w_n: 46,720/16,000 = 2,91 \text{ K/cm}^2$$

d)- Cálculo del refuerzo metálico.-

$$M: 2,91 \times 100 \times 70^2/2 = 714,000 \text{ K-cm.} = 7,140 \text{ K-m.}$$

$$V: 2,91 \times 100 \times 70 = 20,400 \text{ Kg.}$$

$$As: 7,140/14 \times 0.866 \times 0.9 = 6.55 \text{ cm}^2 = 6 \phi \frac{1}{2}$$

$$Ee: 20,400/10.5 \times 0.866 \times 0.9 = 22.0 \text{ cm.} = 7 \phi \frac{1}{2}$$

Luego necesito:  $\phi \frac{1}{2} @ 14 \text{ cm.}$

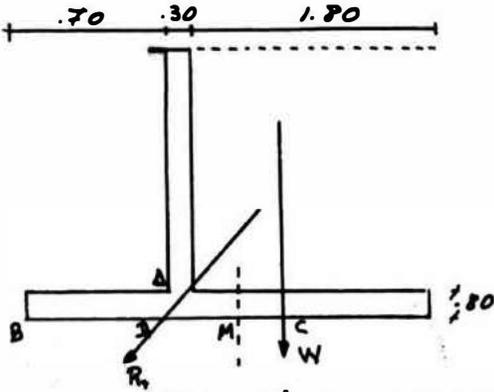
2)- Zapatas de los muros de contención.

A) Muro de 5.60 de altura.

$$\text{Empuje: } \frac{wh(h+2h')}{2} C = \frac{1600 \times 5.60}{2} (5.60+1.20) 0.2 =$$

$$: 6,100 \text{ Kg.}$$

Asumimos una zapata de 2.80 m. de ancho, tal como indica la figura.



Cargas verticales:

$$P. p. \text{ muro: } 0.3 \times 5.60 \times 2,400 = 4,030$$

$$P. p. \text{ zap.: } 0.8 \times 2.80 \times 2,400 = 5,380$$

P. cuña de tierra:

$$1.8 \times 5.60 \times 1,600 = 16,200$$

$$\underline{25,610 \text{ Kg.}}$$

Ubicación de la resultante vertical; tomando momentos respecto al punto A.

$$4,030 \times 0.15 + 5,380 \times 0.80 + 16,200 \times 1.20 = 25,610 \text{ X}^1$$

$$650 + 4,300 + 19,400 = 25,610 \text{ X}^1 \quad \therefore \text{X}^1 = 24,350 / 25,610$$

$$\text{X}^1 = 0.95 \text{ m.}$$

Determinación de la excentricidad de la resultante total; tomando momentos respecto al punto de paso de ella por la base de la zapata.

$$E H = W X \quad \therefore H: M/E + 0.80 = 2.05 + 0.80 = 2.85 \text{ m.}$$

$$6,100 \times 2.85 = 25,610 \text{ X}$$

$$X: \frac{6,100 \times 2.85}{25,610} = 0.69 \text{ m.}$$

$$BC = BA + AC = 0.70 + 0.95 = 1.65 \text{ m.}$$

$$BD = BC - DC = 1.65 - 0.69 = 0.96 \text{ m.}$$

$$e = BM - BD = 1.40 - 0.96 = \underline{0.44 \text{ m.}} \quad (\text{este valor cae dentro del tercio})$$

Presiones sobre el terreno:  $P/A(1 \pm 6e/b)$

$$25,610 / 100 \times 280 (1 \pm 6 \times 44 / 280)$$

$$s_1: 0.92(1 + 0.94) = 1.75 \text{ K/cm}^2$$

$$s_2: 0.92(1 - 0.94) = 0.09 \text{ K/cm}^2$$

Coefficiente de seg. al volteo:  $\frac{25,610 \times 1.65}{6,100 \times 2.85} = 2.43$

Coefficiente de seg. al deslizamiento:  $\frac{25,610 \times 0.6}{6,100} = 2.52$

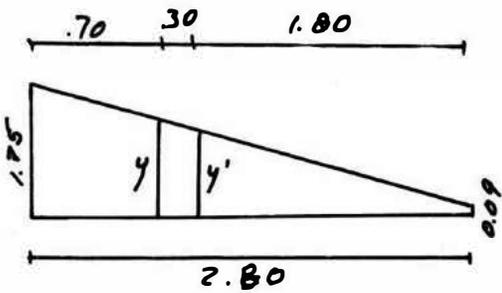
Calculo del concreto.- Parte delantera: del diagrama de esfuerzos:

$y: \frac{1.66 \times 2.10}{2.80} + 0.09 = 1.34 \text{ K/cm}^2$

El momento lo divide en dos, según la forma de la carga.

$M^{\prime} \frac{13,400 \times 0.7^2}{2} = 3,280$

$M^{\prime\prime} \frac{4,100 \times 0.7^2}{3} = \frac{670}{3,950 \text{ K-m.}}$



Con una altura útil de 73 cm. tengo:

As :  $3,950 / 14 \times 0.866 \times 73 = 4.47 \text{ cm}^2$   
 Es :  $10,800 / 10.5 \times 0.866 \times 73 = 16.4 \text{ cm.}$  }  $\therefore \phi \frac{1}{2} @ 16 \text{ cm.}$

Parte posterior.-  $y' = \frac{1.66 \times 1.80}{2.80} + 0.09 = 1.16 \text{ K/cm}^2$

$M^{\prime} : \frac{900 \times 1.8^2}{2} = 1,460$

$M^{\prime\prime} : \frac{10,700 \times 1.8^2}{6} = 5,780$   $M_t : 7,240 \text{ K-m.}$

$M_{\text{cuña}} : \frac{9,000 \times 1.8^2}{2} = 14,600$   $M_r : 7,360 \text{ K/m}$

$V^{\prime} : - 5,800 \text{ Kg.}$

$V = 6,400 \text{ Kg.}$

$V^{\prime\prime} : 12,600 \text{ Kg.}$

As :  $7,360 / 14 \times 0.866 \times 73 = 8.3 \text{ cm}^2$

Es :  $6,400 / 10.5 \times 0.866 \times 73 = 9.7 \text{ cm.}$

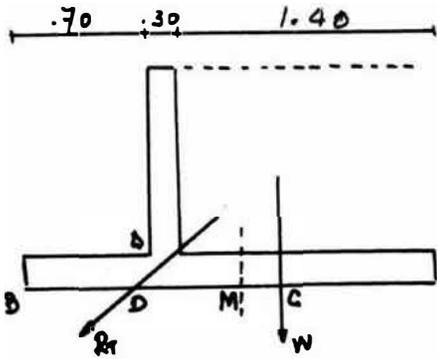
$\therefore \phi \frac{1}{2} @ 16 \text{ cm.}$

B)- Zapata del muro de 4.60 m. de altura.

Empuje :  $\frac{wh(h + 2h')}{2} C = \frac{1,600 \times 4.60(4.60 + 1.20)}{2} 0.2$

E : 4,440 Kg.

H :  $M/E + 0.60 = 1.74 + 0.60 = 2.34 \text{ m.}$



Fuerzas verticales.-

Peso muro:  $0.3 \times 4.6 \times 2,400 = 3,320 \text{ Kg.}$

Peso relleno:  $1.4 \times 4.60 \times 1.600 = 10,300 \text{ Kg.}$

Peso zapata:  $0.6 \times 2.4 \times 2,400 = \frac{3,460 \text{ Kg.}}{17,080 \text{ Kg.}}$

Ubicación de la resultante vertical. Tomando momentos respecto al punto A.

$$3,320 \times 0.15 + 10,300 \times 1 + 3,460 \times 0.5 = 17,080 \text{ K'}$$

$$497 + 10,300 + 1,730 = 17,080 \text{ K'} \quad \therefore \text{K'} = 12,527/17,080$$

$$\text{K'} = 0.74 \text{ m.}$$

Determinación de la excentricidad.-Tomando momentos respecto al punto D.

$$E \times H = W \times X \quad X = EH/W = 4440 \times 2.34/17,080 = 0.61$$

$$BM = 1.20$$

$$AM = 0.50$$

$$MC = AC \neq AM = 0.74 - 0.50 = 0.24$$

$$DM = e = 0.61 - 0.24 = \underline{0.37 \text{ m.}}$$

Presiones sobre el terreno.-

$$s : P/A(1 \pm 6e/b) = 17,080/100 \times 240(1 \pm 6 \times 37/240)$$

$$s_1: 0.71 \times 1.92 = 1.36 \text{ K/cm}^2$$

$$s_2: 0.71 \times 0.08 = 0.06 \text{ K/cm}^2$$

Cálculo del refuerzo metálico.-

1)- Voladizo delantero.- Del diagrama de presiones, por proporción se saca la ordenada correspondiente al punto de empotramiento:

$$y: 1.30 \times 1.70/2.40 + 0.06 = \underline{0.98 \text{ K/cm}^2}$$

$$M^I : 9,800 \times 0.7^2/2 = 2,400$$

$$M^{II} : 4,600 \times 0.7^2/3 = \frac{750}{3,150 \text{ K-m.}}$$

$$V : \frac{9,800 + 13,600}{2} \times 0.7 = 8,200 \text{ Kg.}$$

$$As : 3,150/14 \times 0.866 \times 53 = 4.9 \text{ cm}^2$$

$$Es : 8,200/10.5 \times 0.866 \times 53 = 17 \text{ cm.}$$

$\therefore \phi 3/8'' @ 16 \text{ cm.}$

2)- Voladizo Posterior.- Ordenada:  $\frac{1.30 \times 1.40}{2.40} + 0.06 = 0.76 \text{ K/cm}^2$

$M^I : 600 \times 1.4^2 / 2 = 590$

$M^{II} : \frac{7600 \times 1.4^2}{6} = \frac{2480}{3070} \text{ K-m.}$

$M_{cuerda} : 7400 \times 1.4^2 / 2 = 7250 \text{ K-m.}$

$M_t : 7,250 - 3,070 = 4,180 \text{ K-m.}$

$V^I : \frac{7,600 + 600}{2} \times 1.4 = 5,700 \text{ Kg.}$

$V^{II} : 7,400 \times 1.4 = 10,400 \text{ Kg.}$

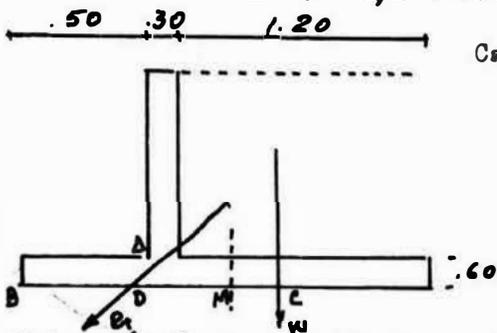
$V_t : 10,400 - 5,700 = 4,700 \text{ Kg.}$

$A_s : \frac{4,180}{14 \times 0.866 \times 53} = 6.52 \text{ cm}^2$   
 $E_o : \frac{4,700}{10.5 \times 0.866 \times 53} = 9.81 \text{ cm.}$  }  $\therefore \phi 3/8'' @ 16 \text{ cm.}$

C)- Zapata del muro de 3.60 m. de altura.-

$E : \frac{1,600 \times 3.6 (3.6 + 1.2)}{2} \times 0.2 = 2,760 \text{ Kg.}$

$H : M/E + 0.60 = 3,690 / 2760 + 0.60 = 1.94 \text{ m.}$



Cargas verticales:

Peso muro:  $0.3 \times 3.60 \times 2,400 = 2,590$

Peso zap.:  $0.6 \times 2.00 \times 2,400 = 2,880$

Peso tierra:  $1.2 \times 3.6 \times 1,600 = 6,910$   
 $\underline{12,380 \text{ Kg.}}$

Ubicación de la resultante vertical. Momentos respecto a A

$2,590 \times 0.15 + 2,880 \times 0.5 + 6,910 \times 0.9 = 12,380 \text{ X}^I$

$389 + 1,440 + 6,220 = 12,380 \text{ X}^I \therefore X^I = 8,049 / 12,380 = 0.65 \text{ m.}$

Determinación de la excentricidad. Momentos respecto a D.

$EH = WX \therefore X = 2,760 \times 1.94 / 12,380 = 0.43 \text{ m.}$

$AC = 0.65 \quad DC = 0.43$

$AM = 0.50 \quad MC = AC - AM = 0.65 - 0.50 = 0.15$

$DM = e = 0.43 - 0.15 = 0.28 \text{ cm}$

Coefficiente de seguridad al volteo :  $12,380 \times 1.15 / 2,760 \times 1.94 = 2.65$

Coefficiente de seguridad al deslizamiento:  $12,380 \times 0.8 / 2,760 = 2.68$

Presiones sobre el terreno.-

$$s : P/A ( 1 \pm 6e/b ) = 12,380 / 100 \times 200 ( 1 \pm 6 \times 28 / 200 )$$

$$s_1 : 0.618 \times 1.84 = 1.14 \text{ K/cm}^2$$

$$s_2 : 0.618 \times 0.16 = 0.01 \text{ K/cm}^2$$

Cálculo del refuerzo metálico.-

1)- Voladizo delantero.- Ordenada en el empotramiento, del diagrama:

$$y : 1.13 \times 1.5 / 2.00 + 0.01 = 0.86 \text{ K/cm}^2$$

$$M^f : 8,600 \times 0.5^2 / 2 = 1,070$$

$$M^m : 2,800 \times 0.5^2 / 3 = \frac{234}{1,304} \text{ K-m.}$$

$$V : \frac{11,400}{2} - \frac{8,600}{2} \times 0.5 = 5,000 \text{ Kg.}$$

$$\left. \begin{array}{l} A_s : 1,304 / 14 \times 0.866 \times 53 = 2.02 \text{ cm}^2 \\ E_o : 5,000 / 10.5 \times 0.866 \times 53 = 10.4 \text{ cm.} \end{array} \right\} \therefore \phi 3/8'' @ 16 \text{ cm.}$$

2)- Volado posterior.- Ordenada en el empotramiento, del diagrama:

$$y : 1.13 \times 1.20 / 2.00 + 0.01 = 0.68 \text{ K/cm}^2$$

$$M^f : 100 \times 1.2^2 / 2 = 72$$

$$M^m : 6,700 \times 1.2^2 / 6 = \frac{1,630}{1,702} \text{ K-m.}$$

$$M_{\text{cuña}} : 5,780 \times 1.2^2 / 2 = 4,150 \text{ K-m.}$$

$$M_t : 4,150 - 1,702 = 2,448 \text{ K-m.}$$

$$V^f : \frac{100}{2} - \frac{6,800}{2} \times 1.2 = 4,150 \text{ Kg.}$$

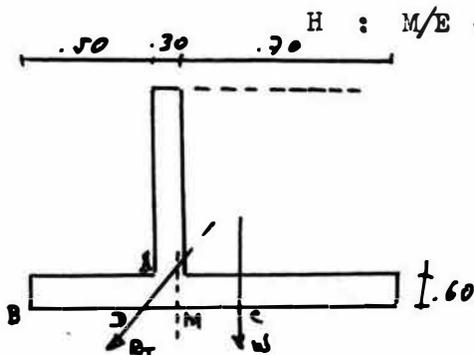
$$V^m : 5,780 \times 1.2 = 6,910 \text{ Kg.}$$

$$V_t : 6,910 - 4,150 = 2,760 \text{ Kg.}$$

$$\left. \begin{array}{l} A_s : 2,448 / 14 \times 0.866 \times 53 = 3.82 \text{ cm}^2 \\ E_o : 2,760 / 10.5 \times 0.866 \times 53 = 5.75 \text{ cm.} \end{array} \right\} \therefore \phi 3/8'' @ 16 \text{ cm.}$$

D)- Zapata del muro de 2.60 m. de altura.- De concreto simple.-

$$E : \frac{1,600 \times 2.6}{2} (2.6 + 1.2) 0.2 = 1,570 \text{ Kg.}$$



$$H : M/E + 0.60 = 1,584/1,570 + 0.60 = 1.60 \text{ m.}$$

Cargas verticales:

$$\text{Peso muro: } 0.3 \times 2.6 \times 2400 = 1880$$

$$\text{Peso zap.: } 0.6 \times 1.5 \times 2300 = 2070$$

$$\text{P. relleno: } .7 \times 2.6 \times 1600 = \frac{2910}{6860} \text{ K.}$$

Ubicación de la resultante vertical: tomando momentos respecto a A.

$$1,880 \times 0.15 + 2,070 \times 0.25 + 2,910 \times 0.65 = 6,860 \text{ K'}$$

$$283 + 520 + 1,890 = 6,860 \text{ K' } \therefore X' = 2,693/6,860 = 0.39 \text{ m.}$$

Determinación de la excentricidad.- Tomando momentos respecto a D.

$$EH = WX \quad \therefore X = 1,570 \times 1.60/6,860 = 0.37 \text{ m.}$$

$$AM = 0.25 \quad AC = 0.39$$

$$MC = 0.39 - 0.25 = 0.14$$

$$DM = e = 0.37 - 0.14 = 0.23 \text{ m.}$$

Presiones sobre el terreno:  $P/A (1 \pm 6e/b) = 6,860/100 \times 150 (1 \pm 6 \times 23/150)$

$$s_1 : 0.458 \times 1.92 = 0.88 \text{ K/cm}^2$$

$$s_2 : 0.458 \times 0.08 = 0.03 \text{ K/cm}^2$$

Coefficiente de seguridad al volteo:  $6,860 \times 0.89/1,570 \times 1.60 = 2.42$

Coefficiente de seg. al deslizamiento:  $6,860 \times 0.60/1,570 = 2.63$

Calculo de momentos y esfuerzos cortantes, en los voladizos de la zapata.-

1)- Voladizo delantero.- Ordenada en el empotramiento, del diagrama.-

$$y : 0.85 \times 1/1.50 + 0.03 = 0.60 \text{ K/cm}^2$$

$$M_B : 6,000 \times 0.5^2/2 = 750$$

$$M^o : 2,800 \times 0.5^2/3 = 234$$

$$M_t : 750 + 234 = 984 \text{ K-m.}$$

$$V : \frac{(8,800 - 6,000)}{2} \times 0.5 = 3,720 \text{ Kg.}$$

2)- Voladizo Posterior.-

$$y : 0.85 \times 0.7 / 1.50 + 0.03 = 0.43 \text{ K/cm}^2$$

$$M^d : 300 \times 0.7^2 / 2 = 73$$

$$M^{m'} : 4,000 \times 0.7^2 / 6 = 327$$

$$M_{\text{ouña}} : 4,150 \times 0.7^2 / 2 = 1020$$

$$M_t : 1,020 - 327 - 73 = 620 \text{ K-m.}$$

$$V^i : \frac{(300 + 4,300)}{2} \times 0.7 = 1,620 \text{ Kg.}$$

$$V^{m'} : 2,910 \text{ Kg.}$$

$$V_t : 2,910 - 1,620 = 1,290 \text{ Kg.}$$

Con los valores más desfavorables chequearé el concreto simple.-  $f^c$  140  $\text{K/cm}^2$

$$h : (6 M / f b)^{\frac{1}{2}}$$

$$: (6 \times 984 / 4.2)^{\frac{1}{2}} = 0.38 \text{ m.}$$

En la zapata tengo 60 cm. por condición del anclaje del fierro del muro y para hacer entrar a la resultante por el tercio central.

$$v : 1.5 V / b h = 1.5 \times 3,720 / 100 \times 60$$

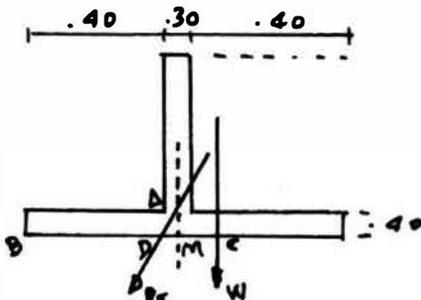
$$: 0.94 \text{ K/cm}^2 \leq 0.02 f^c$$

Luego la zapata cumple con las condiciones especificadas para trabajar con concreto simple.-

E)- Zapata del muro de 1.60 de altura.- de concreto simple.-

$$E : \frac{1,600 \times 1.60 (1.60 + 1.20)}{2} \times 0.2 = 720 \text{ Kg.}$$

$$H : M/E + 0.40 = 0.64 + 0.40 = 1.04 \text{ m.}$$



Cargas verticales:

$$\text{Peso muro: } 1.6 \times 0.3 \times 2,400 = 1160$$

$$\text{Peso zapata: } .4 \times 1.1 \times 2,300 = 1010$$

$$\text{Peso relleno: } 1.6 \times 0.4 \times 1,600 = 1030$$

$$\hline 3,200$$

Ubicación de la resultante vertical.- Tomando momentos respecto a A.

$$1160 \times 0.15 + 1010 \times 0.15 + 1030 \times 0.50 = 3,200 \text{ K'}$$

$$174 + 152 + 518 = 3,200 X^1 \quad \therefore X^1 = 844/3,200 = 0.26 \text{ m.}$$

Determinación de la excentricidad.- Tomando momentos respecto a D

$$EH = WX \quad \therefore X = 720 \times 1.04 / 3,200 = 0.24 \text{ m.}$$

$$AC = 0.26 \quad AM = 0.15$$

$$MC = 0.11 \quad DC = 0.24$$

$$DM = e = 0.24 - 0.11 = 0.13 \text{ m.}$$

Presiones sobre el terreno:  $P/A (1 \pm 6e/b) = 3,200/100 \times 110 (1 \pm 6 \times 0.13/110)$

$$s_1 : 0.29 \times 1.82 = 0.54 \text{ K/cm}^2$$

$$s_2 : 0.29 \times 0.18 = 0.05 \text{ K/cm}^2$$

Coefficiente de seguridad al volteo =  $3,200 \times 0.66 / 720 \times 1.04 = 2.81$

Coefficiente de seguridad al deslizamiento =  $3,200 \times 0.6 / 720 = 2.66$

Cálculo de momentos y esfuerzos cortantes en los voladizos de la zapata.

1)- Voladizo delantero: Ordenada en el empotramiento, del diagrama:

$$y : 0.49 \times 0.7/1.10 + 0.05 = 0.36 \text{ K/cm}^2$$

$$M^1 : 3,600 \times 0.4^2/2 = 288 \text{ K-m}$$

$$M^2 : 1,800 \times 0.4^2/3 = 96 \text{ K-m}$$

$$M_t : 288 + 96 = 384 \text{ K-m.}$$

$$V : \frac{(5,400 + 3,600)}{2} \times 0.4 = 1,800 \text{ Kg.}$$

2)- Voladizo posterior: Ordenada en el empotramiento, del diagrama:

$$y : 0.49 \times 0.4/1.10 + 0.05 = 0.23 \text{ K/cm}^2$$

$$M^1 : 500 \times 0.4^2/2 = 40 \text{ K-m}$$

$$M^2 : 1800 \times 0.4^2/6 = 48 \text{ K-m}$$

$$M_{\text{cuerña}} : 2,560 \times 0.4^2/2 = 205 \text{ K-m}$$

$$M_t : 205 - 40 - 48 = 117 \text{ K-m.}$$

$$V^1 : \frac{2,300 - 500}{2} \times 0.4 = 560 \text{ Kg}$$

$$V^2 : 1,030 \text{ Kg}$$

$$V_t : 1,030 - 560 = 470 \text{ Kg.}$$

Con los valores más desfavorables chequearé el concreto simple de  $140 \text{ K/cm}^2$

$$h : (6 \times 384/4.2)^{\frac{1}{2}} = 23.5 \text{ cm.}$$

Pero por condición de anclaje:  $32 \phi$  del muro, sale 31 cm y más recubrimiento de las 40 cm asumidos.

$$v : 1.5 \times 1,800/100 \times 40 = 0.68 \text{ K/cm}^2 < 0.02fb$$

Luego, la zapata trabajará bien con concreto simple, en las dimensiones asumidas.

La zapata del muro de 0.60 de altura será de las mismas dimensiones que la anterior.

#### ESPECIFICACIONES PARA EL DOBLADO DEL REFUERZO METALICO./ RETACEO MINIMO.

Pértice.— En esta estructura, en la viga, todo fierro que trabaje a la tracción será anclado en la zona de compresión. El acero de repartición se colocará tanto en la armadura inferior como superior. Cada 50 cm. se colocarán varillas de  $\frac{3}{8}$ " que serán separadoras de las dos mallas firmadas por las armaduras positivas y negativas, servirán también de sujetaderas. La longitud de los empalmes se han diseñado según normas:  $32 \phi$ . El anclaje en los apoyos:  $15 \phi$ . Respecto a los espaciamentos, he procurado que estos sean uniformes y múltiples para facilitar empalmes y cortes. Para evitar el retaceo, lo máximo posible y considerando las barras del tamaño standard de 9.15 m. el corte de los fierros se hará de la siguiente forma:

| Fierro tipo | Longitud en m. | Long. en barras | Retazo | Use |
|-------------|----------------|-----------------|--------|-----|
| A           | 1"             | 12.95           | 2.00   | E   |
| B           | 1"             | 11.00           | 2.00   | I   |
| C           | 1"             | 10.45           | 2.00   | F-H |
| D           | 1"             | 9.15            | 1.00   | -   |
| E           | 1"             | 5.95            | 0.--   | -   |

| Fierro tipo |      | Long. en metros | Long. en barras | Retazo | use |
|-------------|------|-----------------|-----------------|--------|-----|
| F           | 1"   | 4.70            | -               | -      | -   |
| G           | 1"   | 3.80            | 1.00            | 5.35   | K   |
| H           | 1"   | 2.60            | -               | -      | -   |
| I           | 1"   | 7.30            | -               | -      | -   |
| J           | 1"   | 10.90           | 1.19            | 7.40   | -   |
| K           | 1"   | 23.15           | 2.00            | -      | -   |
| L           | 5/8" | 6.80            | 1.00            | 2.35   | -   |

Los tipos de fierro que figuran sin long. en barras son aquellos que provienen de un retazo de otro tipo; los que figuran con long. en barras como número entero, a pesar de que su long. en metros no es múltiple de 9.15, es porque su retazo se va a utilizar en un tipo de los que figuran sin long. en barras y cuya letra está en la columna "use". De esta manera he tratado de eliminar al máximo el retaceo, que tanto encarece el costo de las estructuras.

Zapatas.- El refuerzo metálico estará formando mallas, en la que la armadura de repartición se ha calculado de acuerdo a las áreas mínimas recomendadas por las normas:  $0.001 \times b \times d$ . La armadura principal llevará ganchos para favorecer la adherencia. El anclaje de los elementos verticales terminará en una patita de carácter constructivo, para estabilidad de la misma durante el armado y vaciado.

Muros de contención.-Con el fin de lograr espaciamientos uniformes, me he visto obligado a realizar cambios en los diámetros de las varillas, además, para uniformizar el corte de las mismas ya que tenemos 5 muros, he procurado que los empalmes caigan en los límites de las alturas de los distintos muros, para evitarlos en lo posible. Los empalmes son de 32  $\phi$ .

## CAPITULO VII

### PAVIMENTOS

El pavimento para todas las vías del paso a dos niveles, será la Carpeta Asfáltica, que irá colocada sobre una losa de concreto simple.

#### 1)- Cálculo de la losa de concreto.-

Se usará concreto de cemento de una resistencia a la compresión de 210 K/cm<sup>2</sup>.

a)- Espesor de la losa: aplicando la fórmula recomendada por Bruce, para este efecto tengo:

$$e = (3 W/S)^{\frac{1}{2}} \quad \text{donde: } W: \text{ peso por rueda}$$

S: esfuerzo de trabajo

W para H20-S16 es 7,350 Kg., este valor afectado de impacto cuyo coeficiente es 1.3 nos dará la carga actuante por rueda:

$$W = 1.3 \times 7350 = 9,550 \text{ Kg.}$$

$$S : 0.267 fb \text{ ( Bruce )}$$

Luego:

$$e : ( 3 \times 9,550 / 0.267 \times 210 )^{\frac{1}{2}}$$

e :  $510\bar{E} = \underline{22.5 \text{ cm}}$  ( espesor uniforme )

b)- Juntas transversales.-

Per recomendación de la A. A. S. H. C. las juntas deben estar espaciadas como mínimo cada 6.00 m. siendo el máximo 10.00 m., en mi caso las juntas estarán cada 9.00 m. y el espesor de la misma será de  $\frac{1}{2}$ "

c)- Juntas longitudinales.-

No se usarán, por ser el ancho de las vías sólo de dos trochas, con 7.20 m. como máximo, separadas por los bordillos especiales de 70 cm.

d)- Procedimiento de construcción.-

Se empleará el método de los tramos alternos, ejecutándose éstos y dejándose a que fraguen y alcancen un máximo de contracción inicial antes de intercalar los tramos intermedios. El concreto de los tramos intermedios se puede preparar los ya realizados, obteniéndose de esta forma una mezcla bastante limpia.

2)- Cálculo de la superficie de redadura.-Carpeta asfáltica.-

Requisitos que debe satisfacer toda superficie de redadura:

- a)- Durable y de alta resistencia al desgaste.
- b)- Antideslizante.
- c)- Silencioso.
- d)- Fácil construcción, reparación y limpieza.
- e)- Insoluble al agua natural.
- f)- Inafectable por fenómenos climáticos.
- g)- Químicamente inerte en cuanto a sus constituyentes superficiales.
- h)- Impermeable.

Per todas estas consideraciones, y además, por ser vías urbanas el pavimento que voy a diseñar será del tipo superior, es decir, preparado en caliente, a base de un concreto asfáltico.

### A)- Diseño del pavimento.-

El pavimento a usar será Carpeta Asfáltica, sus propiedades de elasticidad y durabilidad son muy aprovechadas, tanto por el tránsito continuado como por el intermitente que produce rajaduras en otros pavimentos.

La carpeta asfáltica es una capa de rodamiento de 4 cm de espesor, compuesta de arena, relleno y cemento asfáltico.

#### Arena.-

Debe ser de granos duros, angulares e redondeados. La graduación debe ser de rango variable, pero toda debe pasar la malla No. 10 de la serie Standard.

Graduación recomendada por la A.A.S.H.O.

| Pasa malla | Retenido malla | %        |
|------------|----------------|----------|
| 10         | -              | 95 - 100 |
| 10         | 40             | 15 - 50  |
| 40         | 80             | 30 - 60  |
| 80         | 200            | 18 - 40  |
| 200        | -              | 0 - 5    |

#### Relleno o "Filler".-

El relleno es un material que pasa la malla 200. Su finalidad es llenar los vacíos dejados por la arena. Añadir el relleno redundará en una reducción de la cantidad de asfalto a usar en la mezcla. Se considera como óptima cantidad de asfalto la que produce una porosidad comprendida entre 2 y 5% en la mezcla compactada.

Como material de relleno es usual usar polvo de roca calcárea o cemento Portland, en mi caso recomiendo usar este último por haber más facilidad para encontrarlo en el mercado y ser su textura más uniforme. La cantidad usada variará entre 12-20% del agregado total, en peso.

Al respecto la A.A.S.H.O. recomienda; para agregado total:

| Pasa la malla | Retenido | % en peso |
|---------------|----------|-----------|
| 10            | -        | 95 - 100  |
| 10-           | 40       | 10 - 40   |
| 40            | 80       | 20 - 50   |
| 80            | 200      | 15 - 35   |
| 200           | -        | 12 - 20   |

La influencia del filler en la carpeta asfáltica se traduce en un aumento de estabilidad y de resistencia. Para obtener buena superficie de rodamiento y evitar la formación de ondulaciones o encalamina-  
do, es esencial una uniformidad completa del esparcido de la mezcla en la vía.

#### Cemento Asfáltico.-

El mayor o menor éxito del comportamiento de las mezclas de la carpeta asfáltica, dependen en gran parte de la consistencia del cemento asfáltico utilizado. En climas fríos, mezclas con cementos duros se rajan, y en climas calurosos, el ablandamiento del cemento por largos períodos a alta temperatura crea huellas de ondulación en la carpeta.

La relación del cemento, en cuanto al grado de penetración, con la temperatura viene dada en la siguiente tabla:

| Tránsito | Temperaturas |          |          |
|----------|--------------|----------|----------|
|          | Alta         | Moderada | Baja     |
| Pesado   | 40 - 50°     | 50 - 60° | 60 - 70° |
| Medio    | 50 - 60      | 60 - 70  | 70 - 85  |
| Liviano  | 60 - 70      | 70 - 85  | 85 - 100 |

Para el caso que me ocupa, para Lima, el cemento asfáltico a emplear será de 60 - 70° de penetración.



difa entre el 2 y 5%. Como un buen promedio de compactación tomaré el valor de 80%, para este caso los pesos por metro cúbico serán:

$$\text{Arena: } 1,370 \times 0.8 = 1,100 \text{ K/m}^3$$

$$\text{Filler: } 242 / \times 0.8 = 194 \text{ K/m}^3$$

$$\text{C. Asf: } 179 \times 0.8 = 143 \text{ K/m}^3$$

- Peso de los componentes y total de la mezcla por metro cuadrado de pavimento compactado.-

$$\text{Arena : } 1,100/25 = 44 \text{ K/m}^2$$

$$\text{Filler: } 194/25 = 7.8 \text{ K/m}^2$$

$$\text{C. Asf: } 143/25 = 5.7 \text{ K/m}^2$$

$$\hline 57.5 \text{ K/m}^2$$

- Volúmenes de los componentes:

$$\text{Densidades: Arena: } 1,600 \text{ K/m}^3$$

$$\text{Filler: } 800 \text{ K/m}^3$$

$$\text{C. Asf: } 1,000 \text{ K/m}^3$$

Los volúmenes serán:

$$\text{Arena: } 44/1,600 = 0.0275 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{Filler: } 7.8/800 = 0.0098 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{C. Asf: } 5.7/1,000 = 0.0057 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

#### C)- Mezcla en caliente.-

Para prepararla es necesario calentar los agregados, y fundir el concreto asfáltico que viene en estado sólido. El cemento asfáltico debe trabajarse con los agregados en caliente, en una mezcladora y en la zona de operaciones, alcanzándose en la planta, temperaturas de 257 a 310°F.

Un estricto control de las proporciones y del mezclado se consiguen por lo general con el uso de plantas de mezclado intermitente. Los materiales se pesan por separado en tandas uniformes, se llevan a la mezcladora rotatoria por espacio de 1 minuto o hasta que las partículas estén cubiertas y

la mezcla sea uniforme. Debe evitarse la prolongación excesiva del mezclado, ya que la aireación del cemento asfáltico puede crear notable oxidación.

#### D).- Extensión y acabado.-

Sobre la superficie bien limpia de la capa de concreto se regará una capa de imprimación con asfalto, para obtener más unidad entre la losa y la carpeta. La mezcla caliente se lleve al punto de utilización, extendiéndose por medio de máquinas distribuidoras y acabadoras, en una capa de tal altura que una vez compactada dé 4 cm. de espesor.

#### E).- Compactación.-

Una vez extendida la mezcla, se compacta por medio de un rodillo neumático comenzando por los bordes y avanzando hacia el centro, de tal forma que cada pasada tome la mitad de la anterior. Por lo general se usará el rodillado transversal en ambas direcciones. En las proximidades de los bordes y de los buzones será necesario el uso del espisado a mano, ya que el mecánico no resulta efectivo en estas condiciones.

#### F).- Sellado.-

Es una capa de asfalto que tiene por finalidad cambiar la textura superficial de la carpeta. Como su uso no es necesario no se empleará.

#### Pruebas de laboratorio.-

Una prueba fácil de realizar, y por lo tanto aconsejable de que se realice continuamente conforme se avanza el trabajo, es la llamada: "Equivalente centrífugo del Keresene" ( C. K. E. ), completamente semejante en proceso, a la de Mecánica de suelos: "Equivalente centrífugo de la Humedad", con las únicas variantes en lo que a tiempo y fuerza actuante se refiere, pues se aplican 400 gravedades durante 2 minutos y no 1000 gravedades en 1 hora. El C. K. E. es la cantidad de keresene retenido, expresado en porcentaje del peso seco de los agregados.- Al realizar esta prueba se obtiene el "Optimo contenido de Asfalto".

## CAPITULO VIII

### DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO A USAR

El buen diseño de las mezclas de concreto representa un papel de primera importancia en la economía de toda construcción. Los factores de un buen diseño son:

1.- Cantidad de cemento necesaria para producir un volumen de concreto de una calidad dada.

2.- Cantidad de agua necesaria para producir con el cemento, una pasta que mezclada con los agregados dé la resistencia deseada en cada caso.

3.- Cantidades y calidades de los agregados para el mismo volumen anterior.

4.- Resistencia a la compresión.

Para mis diseños, especifique los siguientes materiales:

- a)- Cemento Portland, marca "Sol"
- b)- Arena de la Molina, cuyo análisis granulométrico adjunto.
- c)- Piedra triturada de la "CH. Limatambo"

Análisis Granulométricos:

- Arena:

- Piedra:

| Malla         | % retenido |
|---------------|------------|
| $\frac{1}{2}$ | 0          |
| 4             | 3          |
| 8             | 21         |
| 16            | 44         |
| 30            | 65         |
| 50            | 82         |
| 100           | 91         |
| 200           | 100        |

| Malla          | % retenido |
|----------------|------------|
| $1\frac{1}{2}$ | 0          |
| 1              | 15         |
| $\frac{3}{4}$  | 45         |
| $\frac{1}{2}$  | 78         |
| $\frac{3}{8}$  | 93         |
| $\frac{1}{4}$  | 100        |

Módulos de finura: por definición: suma de los porcentajes retenidos acumulados en las siguientes mallas:  $1\frac{1}{2}$  ;  $\frac{3}{4}$  ;  $\frac{3}{8}$  ;  $N\#.4$  ; 8 ; 16 ; 30 ; 50 ; y 100, todo dividido entre 100.

- Módulo de finura de la arena:  $M_a$  :  $\frac{3 \ 21 \ 44 \ 65 \ 82 \ 91}{100}$  3.06

- Módulo de finura de la piedra:  $M_p$  :  $\frac{0 \ 45 \ 93 \ 100 \ 100 \ 100 \ 100 \ 100 \ 100}{100}$

: 7.38

Mezcla de concreto de  $f'c$ : 210 K/cm<sup>2</sup>, con Slump de 3". Siguiendo el curso del Ing. Higuita: "Diseño de mezclas de concreto" se tiene:

Con los valores del slump, del  $f'c$ , del tamaño máximo del agregado: 1" ( Per condición del espaciamiento de la armadura ), se entra al abaco No 2 y se obtiene: Módulo de finura de la mezcla: 5.50

Volúmenes de agregados por volumen de cemento: 1 : 3.35

- Determinación de los porcentajes de arena en la suma de los volúmenes de los agregados, a partir de sus módulos de finura:

$$r : ( M_p - m ) / ( M_p - M_a ) \quad ( 7.38 - 5.50 ) / ( 7.38 - 3.06 )$$

r : 0.435

Luego: Arena : 43.5%  
Piedra: 56.5%

- Determinación del porcentaje del volumen mezclado a la suma de estos medidos separadamente:

$$r' : (r_a W_a + r_p W_p) / W_m = \frac{0.435 \times 1600 + 0.565 \times 1500}{1,860} = 0.83$$

- La proporción de la mezcla será:

$$1 : (3.35 \times 0.435 / 0.83) : (3.35 \times 0.565 / 0.83)$$

$$1 : 1.76 : 2.27 \quad \text{Tal la razón de los componentes.}$$

- Cantidad de agregados por metro cúbico.-

$$\text{Cemento: } 1.00$$

$$\text{Arena : } 1.76$$

$$\text{Piedra : } \frac{2.27}{5.03}$$

$$\text{Cemento en kilos: } 2345 / 5.03 = \underline{465 \text{ Kg/m}^3 \text{ de concreto.}}$$

$$\text{Arena en metros}^3: 465 \times 1.76 \times 0.00066 = \underline{0.490 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ de concreto.}}$$

$$\text{Piedra en metros}^3: 465 \times 2.27 \times 0.00066 = \underline{0.635 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ de concreto.}}$$

- Cantidad de agua.- Viene dada por la fórmula: ( en función de la relación agua-cemento):

$$f_b = 14,000 / 7^x \quad \text{dónde } x \text{ es la relación.}$$

Aplicando el abace No. 1 del libro de Higuera:

$$x = a/c = 0.798$$

Se sabe que la bolsa de cemento tiene 1 pi<sup>3</sup>, que equivale a 7.48 galones, luego:

$$\text{Agua: } 0.798 \times 7.48 = \underline{6 \text{ galones per bolsa de cemento de } 42.5 \text{ Kg.}}$$

Mezcla de concreto de  $f_b$ : 175 K/cm<sup>2</sup> - Otras características, igual al anterior.

$$\text{Módulo de finura de la mezcla: } 5.4$$

$$\text{Proporción del cemento a los agregados: } 4.3$$

- Determinación del porcentaje de arena a la suma de los agregados, en volúmenes:

$$r : (7.38 - 5.40) / (7.38 - 3.06) = 1.98 / 4.32 = 0.46$$

Luego: Arena: 46 %

Piedra: 54 %

- Determinación del porcentaje del volumen mezclado a la suma de los agregados medidos separadamente:

$$r' = \frac{0.46 \times 1600 + 0.54 \times 1500}{1860} = 0.84$$

- La proporción de la mezcla será:

Cemento : 1.00

Arena :  $4.3 \times 0.46 / 0.84 = 2.35$

Piedra :  $4.3 \times 0.54 / 0.84 = 2.80$

Mezcla : 1 ; 2.35 ; 2.80

- Cantidad de agregados por metro cúbico:

Cemento : 1.00

Arena : 2.35

Piedra :  $\frac{2.80}{6.15}$

Cemento en kilos :  $2345 / 6.15 = \underline{380 \text{ Kg/m}^3 \text{ de concreto}}$

Arena en metros<sup>3</sup> :  $380 \times 2.35 \times 0.00066 = \underline{0.59 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ de concreto}}$

Piedra en metros<sup>3</sup> :  $380 \times 2.80 \times 0.00066 = \underline{0.705 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ concreto.}}$

- Cantidad de agua.-

Del abaco:

x : a/c : 0.88

Agua:  $0.88 \times 7.48 = \underline{6.5 \text{ galones per bolsa de cemento.}}$

Mezcla de concreto de fb : 140 K/cm<sup>2</sup>

Para este concreto se usará piedra más grande que en los anteriores, se llegará hasta 2". Para este caso el concreto será 1:  $2\frac{1}{2}$ : 5

La relación agua cemento da: 1.00

Cantidad de agua a usar: 7.5 galones per bolsa de cemento.

- Cantidad de agregados por metro cúbico:

Cemento: 1.00

Arena : 2.50

Piedra :  $\frac{5.00}{8.50}$

Cemento en kilos:  $2345/8.5 = 275 \text{ Kg/m}^3$  de concreto.

Arena en metros<sup>3</sup>:  $275 \times 2.5 \times 0.00066 = 0.415 \text{ m}^3/\text{m}^3$  de concreto.

Piedra en metros<sup>3</sup>:  $275 \times 5.0 \times 0.00066 = 0.830 \text{ m}^3/\text{m}^3$  de concreto.

USOS DE LOS DIVERSOS TIPOS DE CONCRETO.-

a)- El concreto de 210 K/cm<sup>2</sup> se usará en el pórtico, tanto en las patas como en la viga, igualmente se usará en la losa que sirve de base al pavimento de concreto asfáltico.

b)- El concreto de 175 K/cm<sup>2</sup> se usará en los muros de contención de las rampas.

c)- El concreto de 140 K/cm<sup>2</sup> se usará en las zapatas, tanto del pórtico como de los muros de contención. En las zapatas de concreto simple también se usará este tipo de mezcla.

CAPITULO IX  
INSTALACIONES ANEXAS

En este capítulo voy a tratar de algunos aspectos muy importantes dentro del proyecto, tales como: Drenaje, Señalización y Arquitectura paisajista.

1)- Drenaje.- En el proyecto sólo voy a considerar el drenaje del agua producida por las precipitaciones pluviales, debido a que la napa acuífera pasa por cotas inferiores a las estructuras sin comprometer éstas.

Para la eliminación de las aguas de lluvia, he contemplado la instalación de sumideros longitudinales a la entrada de las rampas, de esta manera en las mismas sólo caerá el agua de precipitación propiamente dicha, al impedirse el ingreso a las rampas de otro tipo de agua, se puede anotar que los sumideros a colocarse al final de ellas, recibirán cantidades pequeñas de agua, con la consiguiente facilidad para su eliminación.

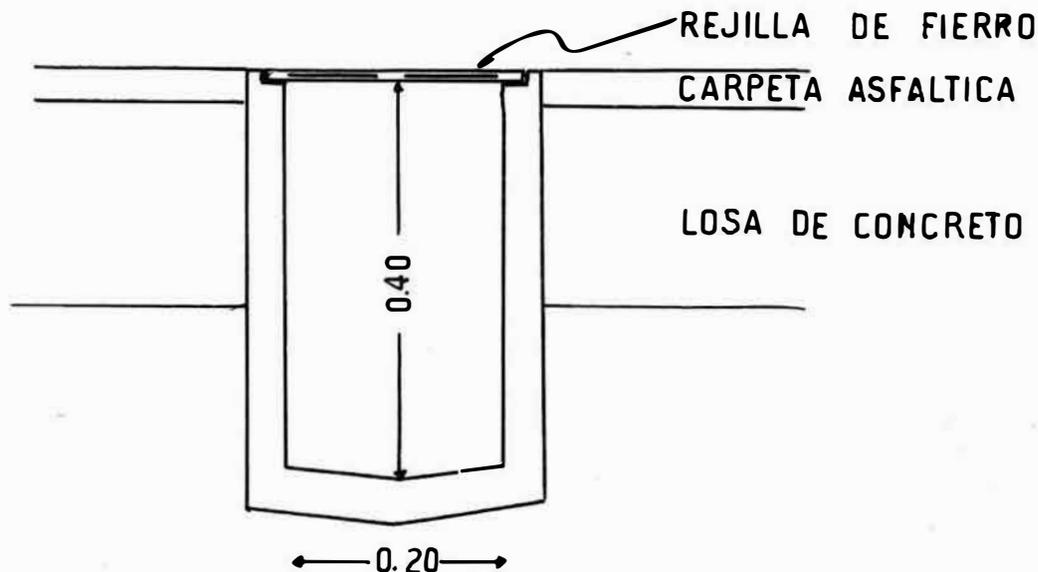
El agua interceptada por los sumideros superiores se entregará a una acequia, las de Arequipa y R. de Chile a la acequia que va a por esta

última avenida, el sumidero de la rampa de Wilson entregará el agua a la red de desagüe que pasa por el lado derecho de la avenida y en la acera. El fondo de los sumideros tendrá una pendiente de 2% en dirección oeste, que es el sentido de las curvas de nivel.

Los sumideros de final de rampa, no irán en comunicación con el sistema de desagüe, la cota inferior no lo permite, además por la casi carencia de lluvias de consideración en Lima, lo más aconsejable es mandar el agua al sub-suelo., para éste, los sumideros tendrán en el fondo una pendiente de 2% con el punto mas bajo en la mitad de las dos vías, en ese sitio por medio de un pezo conteniendo arena y cascajo se eliminará al sub-suelo.

Los sumideros en la parte superior estarán provistos de una rejilla de fierro por la cual entrará el agua, serán de concreto, con un ancho de 20 cm por 40 de profundidad ( en la parte dónde comienzan, la profundidad varía al tener el fondo con pendiente ).

En la página siguiente ilustre las conexiones de los sumideros de comienzo de rampa con la red de desagüe existente en la zona. ( M.F. y O.P.)



Iluminación.-

En las rampas, en los bordillos de separación de tránsites, se colocarán puntos de luz espaciados cada 10 m, estarán provistos de una campana opaca a la luz para que la iluminación sea por reflexión y no moleste a los pilotos.

En el pórtico, en el intradós se colocarán puntos de luz difusa, espaciados 2 m. en ambos sentidos, obteniéndose gran visibilidad y buen golpe de vista desde el punto de la arquitectura paisajista.

En los muros de contención, al comienzo de las rampas, se colocarán faroles indicadores del muro para prevenir accidentes, estos faroles irán directamente apoyados, es decir no llevarán poste; su luz será de tal potencia que no fastidie a los pilotos que se aproximan, para éste, el foco deberá estar encerrado en una cestilla metálica.

En el puente, igualmente se colocará iluminación al ingreso a él y en el bordillo de separación de tránsito. Lo mismo en la bifurcación de rampas.

Señalización.-

La señalización de las diferentes rutas de tránsito, es de gran importancia ya que evita las indecisiones de los pilotos y las consiguientes molestias que éstas producen.

Las señales de tránsito, serán las standard de la D. G. T. y estarán colocadas en los puntos que se indican en el croquis que figura en la siguiente página.

Su contenido será el siguiente:

- 1)- Indicadora de los desvíos de 28 de Julio a R. de Chile y a la Arequipa.
- 2)- Indicadora del desvío a la Arequipa, lo mismo que preventiva de la rotación para tomar Wilson.
- 3-4-5)- Indicadoras del giro para Wilson.

- 6)- Indicadora del desvío a 28 de Julio, La Victoria.
- 7)- Indicadora del giro sobre la derecha para tomar la 28 de Julio rumbo a Breña.
- 8)- Indicadora del desvío a Wilson y preventiva del giro para tomar rumbo al sur.
- 9-10)- Indicadoras del giro antes mencionado.
- 11)- Indicadora del desvío a 28 de Julio, Breña, y preventiva de la bifurcación de rampas.
- 12)- Indicadora de la bifurcación.
- 13)- Indicadora del giro sobre la izquierda en la paleta de volteo con rumbo La Victoria.
- 14)- Indicadora del desvío de P. Theuars a 28 de Julio, La Victoria, por detrás del colegio San Andrés.
- 15)- Indicadora del desvío de P. Theuars a Arequipa, por Vargas Machuca.

Con la instalación de todas las señales indicadas anteriormente, el piloto que haga uso del paso a dos niveles sabrá las rutas a tomar para llegar a un punto determinado de Lima.

#### Arquitectura paisajista.-

La solución de las rampas, con reemplazo de los muros de contención por jardines, en los casos que el terreno lo han permitido, tipo jardines en talud en las rampas de Arequipa a Wilson y en la derecha de la rampa de R. de Chile, son el resultado de mi afán por lograr una solución, diremos más alegre, a los mortificantes problemas del tránsito capitalino. Por estas razones también, además de visibilidad etc. he diseñado el puente secundario con la misma luz que el principal, permitiendo así el paso de peatones inferior y

la ampliación de la vista a los jardines en talud. Las escaleras para los peatones se han diseñado también con carácter arquitectónico, por eso son en hélice, rodeadas de jardín. El pase de peatones debajo de los puentes se ha diseñado a mayor cota para romper la monotonía a la vez que se reduce el trayecto de los mismos al pasar de un lado a otro.

En la página siguiente grafico una vista del puente principal en el cual acote las principales medidas de éste y del pase de peatones.

## CAPITULO X

### PROCEDIMIENTO Y EQUIPO DE CONSTRUCCION

A continuación voy a dar algunas normas a considerar en la construcción del paso a dos niveles. En lo relativo a equipo de construcción, me abstendré de recomendar marcas de productos, dando las características que deben cumplir como mínimo, para completar el trabajo en la forma más eficiente primeramente daré algunas recomendaciones sobre el tránsito durante la ejecución del proyecto.

Tránsito.- El tránsito en dirección Norte - Sur se hará por: Guzmán Blanco hacia Salaverry y por Paseo de la República. El Sur - Norte por Petit Thouars y Paseo de la República e por Salaverry. El Este - Oeste se hará desviando de 28 de Julio a P. de la República para tomar Paseo Colón. El Oeste - Este por la ruta inversa a la anterior.

La zona clausurada al tránsito será: Wilson, desde el P. Colón; 28 de Julio, por un lado, desde Plaza J. Chávez, y del otro hasta P. Thouars; Arequipa, hasta Vargas Machuca; R. de Chile hasta Vargas Machuca igualmente

1)- Ruptura del pavimento actual.-

Los trabajos comenzarán con la ruptura de los pavimentos actuales, se realizará con equipo mecánico debido a la magnitud del mismo, se usarán las llamadas "rompepavimentos", que no son otra cosa que martillos mecánicos accionados por aire comprimido. La compresora será de motor a gasolina y de un rendimiento aproximado de 600 pies cúbicos por minuto.

2)- Movimiento de tierra.-

Esta partida es una de las más importantes, pues de una buena sincronización en el servicio a la pala depende en gran parte el costo involucrado en este rubro. Para este trabajo se utilizará: Pala mecánica de una yarda cúbica, tractor-empujador, llamado también " Bulldozer", y camiones-velquetes de 3 yardas cúbicas de capacidad. Se han escogido camiones de número entero de yardas cúbicas para que sean llenados en el mismo número de cucharadas, evitando así movimientos de la pala con medias cargas, lo que resulta anti-económico. El número necesario de camiones para servir a la pala viene dado por la fórmula:

$$N: 1 + \frac{60 ( d/V^1 + T^1 + d/V^2 + T^2 )}{n C_m}$$

dónde: n: Ciclos para llenar un camión: 3

V<sup>1</sup>: Velocidad en m/min. del camión cargado, 30 KPH : 585 m/m

T<sup>1</sup>: Tiempo en minutos para vaciar el camión: 0.5 min.

V<sup>2</sup>: Velocidad en m/min. sin carga, 60KPH : 1000 m/min.

T<sup>2</sup>: Tiempo en minutos para que el camión se cuadre debajo de la pala: 1 minute.

C<sub>m</sub>: Ciclo total de la pala en segundos: 20 ( de tablas)

d : Distancia de transporte en metros.

60: Conversión de segundos a minutos.

El punto de destino del desmante es la Costanera, luego el valor de "d" será aproximadamente 4,000 metros, reemplazando valores:

$$N: 1 + \frac{60 ( 4000/585 + 0.5 + 4000/1000 + 1 )}{3 \times 20}$$

$$N: 1 + 6.8 + 0.5 + 4 + 1 = 14 \text{ camiones.}$$

La excavación para las zapatas se hará a mano, por ser anchos y profundidades variables a la vez que de poca magnitud.

### 3) Nivelación y compactación.-

Una vez llevada la excavación general hasta cetas próximas a las definitivas, se hará una nivelación de las rampas para pasar luego los rodillos de compactación y tener de esta manera lista la sub-rasante sobre la que descansará la losa de concreto.

### 4)- Encofrados.-

Para los encofrados se usará madera Pine Oregón de las siguientes características:

|                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| Peso específico          | 780 K/m <sup>3</sup>      |
| Coeficientes de trabajo: |                           |
| Flexión                  | 80 K/cm <sup>2</sup>      |
| Tracción                 | 80 K/cm <sup>2</sup>      |
| Compresión:              |                           |
| Paralela a las fibras:   | 40 K/cm <sup>2</sup>      |
| Normal a las fibras :    | 20 K/cm <sup>2</sup>      |
| Corte:                   |                           |
| Paralela a las fibras:   | 15 K/cm <sup>2</sup>      |
| Normal a las fibras :    | 30 K/cm <sup>2</sup>      |
| E                        | 100,000 K/cm <sup>2</sup> |

### 5)- Concreto.-

Para la elaboración del concreto se usarán mezcladoras de 10 pies

cúbicos, con un rendimiento mínimo de 20 metros cúbicos por jornada de 8 horas. Servirán a la mezcladora 10 peones como mínimo para que no haya interrupciones en el buen funcionamiento de la máquina. A la mezcla se le vibrará para obtener un concreto mas uniforme y con el mínimo de cangrejas.

#### 6)- Refuerzo metálico.-

Se usará acero europeo de 308 de longitud, ( 9.15 m.) del tipo duro, de las siguientes características:

|                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Límite de fluencia:                 | 3,500 K/cm <sup>2</sup>     |
| Resistencia a la tracción:          | mín.5,620 K/cm <sup>2</sup> |
| Carga de trabajo: Tacción y flexión | 1,400 K/cm <sup>2</sup>     |
| Compresión                          | 1,400 K/cm <sup>2</sup>     |

#### 7)- Curado del concreto.-

El curado del concreto se realizará por medio de dos riegos diarios, protegiendo la evaporación con sacos o papeles enbebidos en agua.

#### 8)- Pavimentación.-

El procedimiento y equipo ya se trató en el capítulo correspondiente.

#### 9)- Equipo auxiliar.-

En este rubro están comprendidas las carretillas, picos, lampas, y todas las herramientas del trabajo a mano, así como también un tanque de agua de 100 galones de capacidad, que entre otros usos servirá para el riego en los trabajos de compactación.

CAPITULO XI

ANALISIS DE PRECIOS

A)- Precios básicos.-

| <u>Material</u>           | <u>S/.</u>            |
|---------------------------|-----------------------|
| Cemento                   | 17.70 bolsa           |
| Madera Pine Oregón        | 3.30 pié <sup>2</sup> |
| Claves                    | 4.50 kg.              |
| Alambre                   | 4.00 kg.              |
| Fierro corrugado          | 3.20 kg.              |
| Arena                     | 22.00 m <sup>3</sup>  |
| Piedra de 1 <sup>er</sup> | 34.00 m <sup>3</sup>  |

B)- Costos Globales.-

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Costos generales, administración, | 12%   |
| Imprevistos                       | 3%    |
|                                   | <hr/> |
|                                   | 15%   |

Utilidad 10%

C)- Jornales.-

|            |       |               |
|------------|-------|---------------|
| Peón       | S/.   | 27.00 diarias |
| Oficial    | 30.00 | "             |
| Albañil    | 40.00 | "             |
| Carpintero | 40.00 | "             |
| Capataz    | 50.00 | "             |

Leyes Sociales.-

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Seguro social, cuota patronal | 6%        |
| Seguro accidentes             | 6%        |
| Indemnizaciones               | 15%       |
| Vacaciones                    | 4.2%      |
| Salario dominical             | 16.6%     |
| Fondo bienestar social        | <u>3%</u> |
|                               | 50.8%     |

D)- PRECIOS UNITARIOS./

1.00 - Movimiento de tierra.-

1.01 - Excavación en conglomerado seco con equipo.-

Alquiler pala de 1 y<sup>2</sup> y de un rendimiento de 300 m<sup>3</sup>

per día: 1,500/300 S/. 5.00

Costos generales e imprevistos 15% .75  
5.75

Utilidad 10% .57  
6.32

PRECIO UNITARIO: S/. 6.30 m<sup>3</sup>

1.02 - Excavación de conglomerado a mano.-

Mano de Obra.-

Rendimiento peón 3 m<sup>3</sup>/día 27/3 S/. 9.00

Rendimiento capataz 50/15x3 1.11  
10.11

|                         |     |              |
|-------------------------|-----|--------------|
| Leyes Sociales          | 50% | 10.11        |
|                         |     | <u>5.06</u>  |
|                         |     | 15.17        |
| Herramientas            |     | 0.50         |
|                         |     | <u>15.67</u> |
| Generales e Imprevistos | 15% | 2.35         |
|                         |     | <u>18.02</u> |
| Utilidades              | 10% | 1.80         |
|                         |     | <u>19.82</u> |

PRECIO UNITARIO S/. 19.80 m<sup>3</sup>

1.03 - Eliminación de desmote.-

|                         |     |              |
|-------------------------|-----|--------------|
| Precio de subcontrata   |     | 8.00         |
| Generales e Imprevistos | 15% | 1.20         |
|                         |     | <u>9.20</u>  |
| Utilidad                | 10% | .92          |
|                         |     | <u>10.12</u> |

PRECIO UNITARIO S/. 10.20 m<sup>3</sup>

1.04 - Relleno compactado -

|                         |     |             |
|-------------------------|-----|-------------|
| Precio de subcontrata   |     | 5.00        |
| Generales e imprevistos | 15% | .75         |
|                         |     | <u>5.75</u> |
| Utilidad                | 10% | .57         |
|                         |     | <u>6.32</u> |

PRECIO UNITARIO S/. 6.40 m<sup>3</sup>

2.00 - Obra falsa.-

2.01 - Encofrado de cimentaciones.-

- Materiales.-

|              |  |   |
|--------------|--|---|
| Madera P. O. | 34 p <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , con 8 uses y 10% de desperdicios |   |
|              | 34 x 1.1/8   | 4.7 p <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> x 3.30 |
|              |  | 15.50                                     |
| Claves       | 0.1 K/m <sup>2</sup>   | 0.1 x 4.50                                |
|              |  | .45                                       |
| Alambre      | 0.1 K/m <sup>2</sup>   | 0.1 x 4.00                                |
|              |  | <u>.40</u>                                |
|              |  | 16.35                                     |

- Mano de obra.-

|                                       |          |              |
|---------------------------------------|----------|--------------|
| 1 carpintero , 10 m <sup>2</sup> /día | 40/10    | 4.00         |
| 2 ayudantes 10 m <sup>2</sup> /día    | 2x 27/10 | <u>5.40</u>  |
|                                       |          | 9.40         |
| Leyes sociales                        | 50%      | <u>4.70</u>  |
|                                       |          | 14.10        |
| Resumen:                              |          |              |
| Materiales                            |          | 16.35        |
| Mano de Obra                          |          | <u>14.10</u> |
|                                       |          | 30.45        |
| Generales e Imprevistos               | 15%      | <u>4.55</u>  |
|                                       |          | 35.00        |
| Utilidad                              | 10%      | <u>3.50</u>  |
|                                       |          | 38.50        |

PRECIO UNITARIO S/. 38.50 m<sup>2</sup>

## 2.02 - Encofrado Muros.-

## - Materiales.-

Madera P. O. 41 p<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> con 8 usos y 10% desp.4x x 1.1/8 5.6 p<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> x 3.30 18.50Claves 0.1 K/m<sup>2</sup> 0.45Alambre 0.5 K/m<sup>2</sup> 2.00  
20.95

## - Mano de obra.-

1 carpintero rinde 8 m<sup>2</sup>/día 40/8 5.002 ayudantes 2x27/8 6.70  
11.70Leyes sociales 50% 5.85  
17.55

## Resumen:

Materiales 20.95

Mano de Obra 17.55  
38.50Generales y Imprevistos 15% 5.80  
44.30

|          |        |             |
|----------|--------|-------------|
|          | vienen | 44.30       |
| Utilidad | 10%    | <u>4.43</u> |
|          |        | 48.73       |

PRECIO UNITARIO S/. 48.80 m<sup>2</sup>

2.03 - Encofrado losa con falso puente.-

- Materiales.-

Madera P. O. 70 p<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 6 usos, 20 % desp.

|                              |  |             |
|------------------------------|--|-------------|
| 70 x 1.2/6                   | 14 p <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> x 3.30 | 46.20       |
| Claves Ø.1 K/m <sup>2</sup>  |  | 0.45        |
| Alambre 0.2 K/m <sup>2</sup> |  | <u>0.80</u> |
|                              |  | 47.45       |

- Mano de obra.-

|                    |                       |        |             |
|--------------------|-----------------------|--------|-------------|
| I carpintero rinde | 6 m <sup>2</sup> /día | 40/6   | 6.70        |
| 2 ayudantes        |                       | 2x27/6 | <u>9.00</u> |
|                    |                       |        | 15.70       |
| Leyes sociales     | 50%                   |        | <u>7.85</u> |
|                    |                       |        | 23.55       |

Resumen:

|                         |     |              |
|-------------------------|-----|--------------|
| Materiales              |     | 47.45        |
| Mano de obra            |     | <u>23.55</u> |
|                         |     | 71.00        |
| Generales e Imprevistos | 15% | <u>10.60</u> |
|                         |     | 81.60        |
| Utilidad                | 10% | <u>8.15</u>  |
|                         |     | 89.75        |

PRECIO UNITARIO S/. 89.75 m<sup>2</sup>

3.00 - Refuerzo metálico.-

3.01 - Costo de material en obra.-

|                         |     |             |
|-------------------------|-----|-------------|
| Fierro, por kilo        |     | 3.20        |
| Generales e imprevistos | 15% | <u>0.48</u> |
|                         |     | 3.68        |
| Utilidad                | 10% | <u>.37</u>  |
|                         |     | 4.05        |

PRECIO UNITARIO S/. 4.05 kg.

## 3.02 - Corte y colocación.-

|                         |     |             |
|-------------------------|-----|-------------|
| Subcontrata             |     | 0.46        |
| Generales e imprevistos | 15% | <u>0.07</u> |
|                         |     | 0.52        |
| Utilidad                | 10% | <u>0.05</u> |
|                         |     | 0.57        |

PRECIO UNITARIO S/. 0.60 kg.

4.00 - Concreto.-4.01 - Concreto de 210 K/cm<sup>2</sup>.-

## -Materiales:

|                          |                                |              |
|--------------------------|--------------------------------|--------------|
| Cemento:                 | 11 bolsas x 17.70              | 195.00       |
| Arena :                  | 0.49 de m <sup>3</sup> x 22.00 | 10.80        |
| Piedra 1 <sup>ra</sup> : | 0.635 x 34.00                  | <u>21.60</u> |
|                          |                                | 227.40       |

- Mano de obra.- Rendimiento: 20 m<sup>3</sup>/día

|            |            |             |
|------------|------------|-------------|
| 10 peones  | 10 x 27/20 | 13.50       |
| 1 maestro  | 1 x 50/20  | 2.50        |
| 1. albañil | 1 x 40/20  | <u>2.00</u> |
|            |            | 27.00       |

## - Equipo.-

|                                   |                |             |
|-----------------------------------|----------------|-------------|
| 1 mezcladora de 10 p <sup>3</sup> | 150/20         | 7.50        |
| Gasolina                          | 5 gal. x 2.40  | 12/20       |
|                                   |                | 0.60        |
| Aceite                            | 1/8 gal. x 40  | 5/20        |
|                                   |                | 0.25        |
| Maquinista                        | 40/20          | 2.00        |
| Leyes sociales                    | 50%            | 1.00        |
| 1 vibrador                        | 50/20          | 2.50        |
| Gasolina                          | 1 gal.         | 2.4/20      |
|                                   |                | 0.12        |
| Aceite                            | 1/32 gal. x 40 | 1.25/20     |
|                                   |                | 0.07        |
| Operador                          | 30/20          | 1.50        |
| Leyes sociales                    | 50%            | 0.75        |
| Depreciación herramientas         |                | <u>2.00</u> |

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| Equipo ...                  | 18.29         |
| Resumen:                    |               |
| Materiales                  | 227.40        |
| Mano de obra                | 27.00         |
| Equipo                      | 18.29         |
|                             | <u>272.69</u> |
| Generales e imprevistos 15% | 40.61         |
|                             | <u>313.30</u> |
| Utilidad 10%                | 31.33         |
|                             | <u>344.63</u> |

PRECIO UNITARIO S/. 344.65 m<sup>3</sup>

4.02 - Concreto de 175 K/cm<sup>2</sup>

Materiales:

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Cemento: 9 bolsas x 17.70 | 159.00        |
| Arena : 0.59 x 22.00      | 13.00         |
| Piedra : 0.705 x 34.00    | 23.90         |
|                           | <u>195.90</u> |

Mano de obra:

Igual al anterior 27.00

Equipo:

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| Igual al anterior           | 18.29         |
|                             | <u>241.19</u> |
| Generales e imprevistos 15% | 36.11         |
|                             | <u>277.30</u> |
| Utilidad 10%                | 27.73         |
|                             | <u>305.03</u> |

PRECIO UNITARIO S/. 305.00 m<sup>3</sup>

4.03 - Concreto de 140 K/cm<sup>2</sup>

Materiales:

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| Cemento: 6.5 bolsas x 17.70 | 115.00        |
| Arena : 0.415 x 22.00       | 9.15          |
| Piedra : 0.830 x 34.00      | 28.20         |
|                             | <u>152.35</u> |

|                                  |     |               |  |
|----------------------------------|-----|---------------|--|
| Material                         |     | 152.35        |  |
| Mano de obra: igual a anteriores |     | 27.00         |  |
| Equipo : igual a anteriores      |     | 18.29         |  |
|                                  |     | <u>197.64</u> |  |
| Generales e imprevistos          | 15% | 29.61         |  |
|                                  |     | <u>227.25</u> |  |
| Utilidad                         | 10% | 22.70         |  |
|                                  |     | <u>249.95</u> |  |

PRECIO UNITARIO S/. 249.95 m<sup>3</sup>

5.00 - Terrajes fretachado.- Mezcla 1 : 5 Capas de 1<sup>ra</sup>

Material:

|                    |                          |               |      |
|--------------------|--------------------------|---------------|------|
| Cemento:           | 36 bolsas x 17.70        | 637.00        |      |
| Arena              | 5 m <sup>3</sup> x 22.00 | <u>110.00</u> |      |
|                    |                          | 747.00        |      |
| Per m <sup>3</sup> | 747 x 1.25/6             | 153.00        |      |
| Per m <sup>2</sup> | 153 x 0.025              | 3.90          | 3.90 |

Mano de obra:

|                |                        |       |             |
|----------------|------------------------|-------|-------------|
| 1 albañil      | 10 m <sup>2</sup> /día | 40/10 | 4.00        |
| 1 ayudante     |                        | 27/10 | <u>2.70</u> |
|                |                        |       | 6.70        |
| Leyes sociales | 50%                    |       | <u>3.35</u> |
|                |                        |       | 10.05       |

Resumen:

|                         |     |              |  |
|-------------------------|-----|--------------|--|
| Material                |     | 3.90         |  |
| Mano de obra            |     | <u>10.05</u> |  |
|                         |     | 13.95        |  |
| Generales e imprevistos | 15% | 2.09         |  |
|                         |     | <u>16.04</u> |  |
| Utilidad                | 10% | 1.60         |  |
|                         |     | <u>17.64</u> |  |

PRECIO UNITARIO S/. 17.70 m<sup>2</sup>

6.00 - Pintura.-

|                         |     |             |  |
|-------------------------|-----|-------------|--|
| Subcontrata             |     | 5.00        |  |
| Generales e imprevistos | 15% | 0.75        |  |
|                         |     | <u>5.75</u> |  |
| Utilidad                | 10% | 0.57        |  |
|                         |     | <u>6.32</u> |  |

PRECIO UNITARIO S/. 6.40 m<sup>2</sup>

|                                  |     |               |  |
|----------------------------------|-----|---------------|--|
| Materiales                       |     | 152.35        |  |
| Mano de obra: igual a anteriores |     | 27.00         |  |
| Equipo : igual a anteriores      |     | 18.29         |  |
|                                  |     | <u>197.64</u> |  |
| Generales e imprevistos          | 15% | 29.61         |  |
|                                  |     | <u>227.25</u> |  |
| Utilidad                         | 10% | 22.70         |  |
|                                  |     | <u>249.95</u> |  |

PRECIO UNITARIO S/. 249.95 m<sup>3</sup>

5.00 - Terrajes fretachado.- Mezcla 1 : 5 Capas de 1<sup>ra</sup>

Materiales:

|                    |                          |               |      |
|--------------------|--------------------------|---------------|------|
| Cemento:           | 36 bolsas x 17.70        | 637.00        |      |
| Arena              | 5 m <sup>3</sup> x 22.00 | <u>110.00</u> |      |
|                    |                          | 747.00        |      |
| Per m <sup>3</sup> | 747 x 1.25/6             | 153.00        |      |
| Per m <sup>2</sup> | 153 x 0.025              | 3.90          | 3.90 |

Mano de obra:

|                |                        |       |             |
|----------------|------------------------|-------|-------------|
| 1 albañil      | 10 m <sup>2</sup> /día | 40/10 | 4.00        |
| 1 ayudante     |                        | 27/10 | <u>2.70</u> |
|                |                        |       | 6.70        |
| Leyes sociales | 50%                    |       | <u>3.35</u> |
|                |                        |       | 10.05       |

Resumen:

|                         |     |              |  |
|-------------------------|-----|--------------|--|
| Materiales              |     | 3.90         |  |
| Mano de obra            |     | <u>10.05</u> |  |
|                         |     | 13.95        |  |
| Generales e imprevistos | 15% | 2.09         |  |
|                         |     | <u>16.04</u> |  |
| Utilidad                | 10% | 1.60         |  |
|                         |     | <u>17.64</u> |  |

PRECIO UNITARIO S/. 17.70 m<sup>2</sup>

6.00 - Pintura.-

|                         |     |             |  |
|-------------------------|-----|-------------|--|
| Subcontrata             |     | 5.00        |  |
| Generales e imprevistos | 15% | <u>0.75</u> |  |
|                         |     | 5.75        |  |
| Utilidad                | 10% | <u>0.57</u> |  |
|                         |     | 6.32        |  |
|                         |     | <u>6.40</u> |  |

PRECIO UNITARIO S/. 6.40 m<sup>2</sup>

## CAPITULO XII

### METRADOS

1) Ruptura de pavimentos.- La ruptura de pavimentos se hará en un área tal, que ocupe la zona de las rampas y el sobreecho necesario para las zapatas:

( 18.70 x 245 ) ( 7.20 x 110 ) 4,581.5 792.0 5,373.5

RUPTURA DE PAVIMENTOS: 5,373.5 m<sup>2</sup>

2)- Excavación con equipo.- Esta excavación se hará por gradas, debido a que los muros de contención serán escalonados cada metro de diferencia, hay que aumentar el volumen de abajo del puente:

16 x 17.80 ( 5.6 4.6 3.6 2.6 1.6 0.6 ) 5,487.30 m<sup>3</sup>

Como la rampa de este ancho es doble, tenemos: 10,974.60

16 x 9.20 ( 5.6 4.6 3.6 2.6 1.6 0.6 ) 2,841.02 m<sup>3</sup>

Volumen en el sitio del puente principal:

22 x 40 x 5.60 4,934.00 m<sup>3</sup>

Sumando: 10,974.60 2,841.02 4,934.00 18,749.62 m<sup>3</sup>

EXCAVACION CON EQUIPO: 18,749.62 m<sup>3</sup>

3)- **Excavación a mano.**- Este tipo de excavación se usará para las zapatas:

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| 232 x 1.10 x 0.40 | 102.08        |
| 58 x 1.10 x 0.40  | 25.52         |
| 58 x 1.50 x 0.60  | 52.20         |
| 58 x 2.00 x 0.60  | 69.60         |
| 58 x 2.40 x 0.60  | 83.52         |
| 58 x 2.80 x 0.80  | 129.92        |
| 39.2x 1.60 x 1.10 | <u>68.99</u>  |
|                   | <u>531.83</u> |

EXCAVACION A MANO: 531.83 m<sup>3</sup>

4)- **Relleno compactado.**- Lo que estará detrás de los muros una vez vaciados éstos:

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 232 x 0.40 x 0.60 | 55.68           |
| 58 x 0.40 x 1.60  | 37.12           |
| 58 x 0.70 x 2.60  | 108.16          |
| 58 x 1.20 x 3.60  | 250.06          |
| 58 x 1.40 x 4.60  | 373.52          |
| 58 x 1.80 x 5.60  | <u>519.68</u>   |
|                   | <u>1,344.82</u> |

RELLENO COMPACTADO: 1,344.82 m<sup>3</sup>

5)- **Eliminación de desmonte.**- Será igual al volumen total excavado menos el volumen de relleno:

$$18,749.62 \quad 531.83 \quad - \quad 1,344.82 \quad 17,936.63$$

ELIMINACION DE DESMONTE: 17,936.63 m<sup>3</sup>

6)- **Concreto de 210 k/cm<sup>2</sup>.**- El volumen total será igual al volumen del pórtico más los voladizos, más la losa de concreto del pavimento:

$$\begin{array}{cccccc} ( 26.80 \times 17.20 ) & ( 260 \times 14.40 \times 0.225 ) & ( 94 \times 7.70 \times 0.225 ) & & & \\ 3 \times ( 1.40 \times 0.15 \times 20 ) & 450.96 & 58.50 & 152.28 & 12.60 & 674.34 \end{array}$$

CONCRETO DE 210 K/cm<sup>2</sup> : 674.34 m<sup>3</sup>

7)- Concreto de 175 K/cm<sup>2</sup>.- Muros de contención.-

|                  |                    |                       |
|------------------|--------------------|-----------------------|
| 232 x 1.60 x 0.3 | 371.6 x 0.3        |                       |
| 58 x 2.60 x 0.3  | 150.8 x 0.3        |                       |
| 58 x 3.60 x 0.3  | 208.8 x 0.3        |                       |
| 58 x 4.60 x 0.3  | 266.8 x 0.3        |                       |
| 58 x 5.60 x 0.3  | 324.8 x 0.3        |                       |
| 58 x 6.60 x 0.3  | <u>382.8 x 0.3</u> |                       |
|                  | 1,705.6 x 0.3      | 511.68 m <sup>3</sup> |

CONCRETO DE 175 K/cm<sup>2</sup>: 511.68 m<sup>3</sup>

8)- Concreto de 140 K/cm<sup>2</sup>.- Igual que zapatas más separación de tránsito:

|        |                   |        |       |                       |
|--------|-------------------|--------|-------|-----------------------|
| 531.83 | 0.70 x 0.20 x 320 | 531.83 | 44.80 | 576.63 m <sup>3</sup> |
|--------|-------------------|--------|-------|-----------------------|

CONCRETO DE 140 K/cm<sup>2</sup>: 576.63 m<sup>3</sup>

## 9)- Encofrado de los muros.- En este rubro hay que considerar que los muros van encofrados por los dos lados.

1,705.6 x 2      3,411.20 m<sup>2</sup>

ENCOFRADO MUROS DE CONTENCION: 3,411.20 m<sup>2</sup>

## 10)- Encofrado pórticos.-

|                   |                      |              |                       |
|-------------------|----------------------|--------------|-----------------------|
| ( 30.80 x 17.20 ) | ( 0.90 x 30.80 ) x 4 | 3x(140 x 20) | 3( 1 x 20)            |
| 530.60            | 111.20               | 84.00        | 60.00                 |
|                   |                      |              | 385.80 m <sup>2</sup> |

ENCOFRADO PORTICOS: 385.80 m<sup>2</sup>

## 11)- Fierro Pórticos.-

|                    |  |  |            |                                |
|--------------------|--|--|------------|--------------------------------|
| P                  | 90 barras de 1 <sup>m</sup> /m x 17.20 | 1548 barras de 1 <sup>m</sup>                            |            |                                |
|                    | 3 barras de 5/8 <sup>m</sup> x 17.20   | 42 barras de 5/8 <sup>m</sup>                            |            |                                |
| L                  | 30.8/0.4                               | 77 per hilera, 154 per sección, como en los 17.20 entran |            |                                |
| 2 barras se tiene: | 154 x 2                                | 308 barras de 7/8 <sup>m</sup>                           |            |                                |
| Separadores:       | 30.8/0.5                               | 60 x 1.00  | 60 m/m     | 7 barras/m                     |
|                    |  |  |            | 120 barras de 3/8 <sup>m</sup> |
| Articulación:      | 20 x 2.28/m                            | 45.6 m/m   | 5 barras/m | 172 barras de 1 <sup>m</sup>   |
| Zapatas:           | 1/8 @ .14                              | 1.4 barras/m   | 1.4x17.2x2 | 48 barras de 1 <sup>m</sup>    |

∅ 1/2" ● .25 7 x 17.20 14 barras/ zap. 28 barras de 1/2"

Resumen :

| ∅    | Nº. de barras | Kg/barra | Kgs;             |
|------|---------------|----------|------------------|
| 1"   | 1,720         | 36.67    | 73,072.70        |
| 7/8" | 308           | 27.78    | 8,556.24         |
| 5/8" | 42            | 14.30    | 600.60           |
| 1/2" | 76            | 9.26     | 703.66           |
| 3/8" | 120           | 5.21     | 625.20           |
|      |               |          | <u>83,558.20</u> |

A este valor hay que aumentar el fierro del voladizo:

|                           |     |              |                |
|---------------------------|-----|--------------|----------------|
| ∅ 3/4" @ 12.5 ( 90cm )    | 8/m | 0.8 barra/m  | 48 barras 3/4  |
| ∅ 1/2" @ 12.5 cm.         | "   | 8 ∅/m        | 48 barras 1/2  |
| ∅ 1/2" @ 12.5 cm. ( 1.55) | "   | 1.6 barra/m. | 96 barras 1/2  |
| ∅ 1/2" @ 12.5 cm. ( 2.20) | "   | 2.0 barra/m  | 120 barras 1/2 |

Long.- ∅ 1/4" @ 10 cm. ( 25 15 ) x 60 2,400 m 258 barras 1/4

Resumen voladizo:

|                |   |       |                   |
|----------------|---|-------|-------------------|
| 48 barras 3/4  | x | 20.63 | 990.24 Kg.        |
| 264 barras 1/2 | x | 9.26  | 2444.64 Kg.       |
| 258 barras 1/4 | x | 2.32  | 598.56 Kg.        |
|                |   |       | <u>4033.44 Kg</u> |

Sumando: **83,558.20** 4,033.44 **87,591.64**

FIERRO PORTICO, ARTICULACION, VOLADO, ZAPATA: 87,591.64 Kg

12)- Fierro muros de contención.-

|               |            |           |              |               |           |
|---------------|------------|-----------|--------------|---------------|-----------|
| Muro de 0.60: | ∅ 3/8 @ 20 | 50/m      | 0.5 barra/m  | 58 x 0.5      | 29 de 3/8 |
| 1.60:         | ∅ 3/8 @ 20 |           | 1.66 barra/m | 58 x 1.66     | 97 de 3/8 |
| 2.60:         | 97 ∅ 3/8   |           | 0.85 barra/m | 97 barras 3/8 | 50 de 1/2 |
| 3.60:         | 97 ∅ 3/8   | 100 ∅ 1/2 |              |               |           |
| 4.60:         | 97 ∅ 3/8   | 293 ∅ 1/2 |              |               |           |
| 5.60:         | 97 ∅ 3/8   | 293 ∅ 1/2 | 310 ∅ 3/4    |               |           |

El longitudinal:  $\varnothing \frac{1}{2}$  @ 20 cm.

Muro de 0.60: 51 barras  
 1.60: 51 32 83 barras  
 2.60: 83 32 115 barras  
 3.60: 115 32 147 barras  
 4.60: 147 32 179 barras  
 5.60: 179 32 211 barras

Resumen:

| $\varnothing$ | barras | Kg/barra | Kgs.            |
|---------------|--------|----------|-----------------|
| $\frac{3}{8}$ | 514    | 5.21     | 2,677.94        |
| $\frac{1}{2}$ | 1522   | 9.26     | 14,093.72       |
| $\frac{3}{4}$ | 310    | 20.63    | <u>6,395.30</u> |
|               |        |          | 23,166.96       |

FIERRO EN LOS MUROS: 23,166.96 Kgs.

13)- Fierro en las zapatas.-

Del muro de 5.60 m.

$\varnothing \frac{1}{2}$  : 1.5 barras/m 1.5 x 58 87 barras  $\frac{1}{2}$   
 : 0.75 barra/m 0.75 x 58 44 barras  $\frac{1}{2}$   
 131 barras  $\frac{1}{2}$   
 $\varnothing \frac{3}{8}$ : 9 x 58 522 m/zap. 55 varillas  $\frac{3}{8}$

Del muro de 4.60 m.

$\varnothing \frac{3}{8}$ : 1.2 barras/m. 1.2 x 58 70 barras  $\frac{3}{8}$   
 : 0.67 barra/m. 0.67 x 58 39 barras  $\frac{3}{8}$   
 : 8 x 58 460 m/zap. 48 barras  $\frac{3}{8}$   
 157 barras  $\frac{3}{8}$

Del muro de 3.60 m.

$\varnothing \frac{3}{8}$ : 1 barra/ m 1 x 58 58 barras  
 : 0.55 barra/m 32 barras  
 : 6 x 58 350 m/zap. 37 barras  
 117 barras  $\frac{3}{8}$

## Resumen:

| $\phi$        | barras | Kg/barra | Kgs.            |
|---------------|--------|----------|-----------------|
| $\frac{1}{2}$ | 131    | 9.26     | 1,213.06        |
| $\frac{3}{8}$ | 284    | 5.21     | 1,479.70        |
|               |        |          | <u>2,692.76</u> |

FIERRO ZAPATAS 2,692.76 Kgs.

14)- Pintura.- Igual a la superficie de muros:

3( 80 x 6.60/2) ( 90 x 6.60/2) 245 180 1,522 m2

PINTURA MUROS: 1,522.00 m2

15)- Pintura pórticos.-

30.80 x 17.20 529.76 m2

PINTURA DE PORTICOS: 529.76 m2

CAPITULO XIII

EL PRESUPUESTO DE LA OBRA

Con los metrados anteriores así como con los costos unitarios ya deducidos anteriormente, se obtiene el siguiente presupuesto, ordenado por partidas:

| <u>PARTIDA No.</u>               | <u>ESPECIFICACION</u>           | <u>METRAO</u> | <u>UNIDAD</u> | <u>P. UNITARIO</u> | <u>TOTAL</u>     |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|--------------------|------------------|
| <u>I- Ins. Provisoriales</u>     |                                 |               |               |                    |                  |
| 1.01                             | Of. Ingenieros, almacen<br>etc. |               |               | Estimado           | 20,000.00        |
| SUB-TOTAL:                       |                                 |               |               |                    | <u>20,000.00</u> |
| <u>II- Movimiento de tierra.</u> |                                 |               |               |                    |                  |
| 2.01                             | Ruptura de pavimentos           | 5,373.5       | m2            | 11.00              | 59,108.50        |
| 2.02                             | Excavación con equipo           | 18,749.62     | m3            | 6.30               | 118,122.60       |
| 2.03                             | Excavación a mano               | 531.83        | m3            | 19.80              | 10,530.23        |
| 2.04                             | Relleno compactado              | 1,344.82      | m3            | 6.40               | 8,606.84         |

| PARTIDA No.                       | ESPECIFICACION   | METRAJO   | UNIDAD | P. UNITARIO          | TOTAL             |
|-----------------------------------|--|-----------|--------|----------------------|-------------------|
| 2.05                              | Eliminacion de des-<br>mento                                   | 17,936.63 | m3     | 10.20                | 182,953.62        |
|                                   |  |           |        | <u>SUB-TOTAL S/.</u> | <u>379,321.79</u> |
| <u>III- Obra falsa.-</u>          |  |           |        |                      |                   |
| 3.01                              | Encofrado de muros   | 3,411.20  | m2     | 48.80                | 166,466.56        |
| 3.02                              | Encofrado de los pér-<br>ticos, incluyendo el<br>falso puente: | 785.80    | m2     | 89.75                | 70,525.55         |
|                                   |  |           |        | <u>SUB-TOTAL S/.</u> | <u>236,992.11</u> |
| <u>IV.- Concreto.-</u>            |  |           |        |                      |                   |
| 4.01                              | Concreto de fb: 210 K/cm2                                      | 674.34    | m3     | 344.65               | 232,411.28        |
| 4.02                              | Concreto fb : 175 K/cm2  | 511.68    | m3     | 305.00               | 156,062.40        |
| 4.03                              | Concreto fb : 140 K/cm2  | 576.03    | m3     | 249.95               | 144,128.66        |
|                                   |  |           |        | <u>SUB-TOTAL S/.</u> | <u>532,602.34</u> |
| <u>V.- Refuerzo metálico.-</u>    |  |           |        |                      |                   |
| 5.01                              | Pérticos, articulaciones,<br>zapatas y voladizo                | 87,591.64 | kg.    | 4.65                 | 407,300.12        |
| 5.02                              | Muros de contención  | 23,166.96 | kg.    | 4.65                 | 107,726.36        |
| 5.03                              | Zapatas de los muros<br>(Incluido corte y colocación)          | 2,692.76  | kg.    | 4.65                 | 12,521.05         |
|                                   |  |           |        | <u>SUB-TOTAL S/.</u> | <u>527,547.53</u> |
| <u>VI.- Terrajes fretachado.-</u> |  |           |        |                      |                   |
| 6.01                              | Muros de contención  | 2,130.60  | m2     | 17.70                | 37,711.62         |
| 6.02                              | Pérticos y barandas  | 529.76    | m2     | 17.70                | 9,376.75          |
|                                   |  |           |        | <u>SUB-TOTAL S/.</u> | <u>47,088.37</u>  |
| <u>VII.- Pintura.-</u>            |  |           |        |                      |                   |
| 7.01                              | Muros de contención  | 1,532.00  | m2     | 6.40                 | 9,804.80          |
| 7.02                              | Pérticos y barandas  | 529.76    | m2     | 6.40                 | 3,391.46          |
|                                   |  |           |        | <u>SUB-TOTAL S/.</u> | <u>13,196.26</u>  |

| <u>PARTIDA</u>                    | <u>ESPECIFICACION</u>                          | <u>METRADO</u> | <u>UNIDAD</u> | <u>P. UNITARIO</u> | <u>TOTAL</u>            |
|-----------------------------------|--|----------------|---------------|--------------------|-------------------------|
| <u>VIII.- Pavimentos.-</u>        |  |                |               |                    |                         |
| 8.01                              | Carpeta asfáltica de<br>4 cm. de espesor.      | 5,717.50       | m2            | 21.00              | 120,067.50              |
| <u>SUB - TOTAL:</u>               |  |                |               |                    | <u>S/. 120,067.50</u>   |
| <u>IX.- Sumideros.-</u>           |  |                |               |                    |                         |
| 9.01                              | Sumideros superiores                           | 3              | u.            | 10,000             | 30,000.00               |
| 9.02                              | Sumideros inferiores                           | 3              | u.            | 8,000              | 24,000.00               |
| <u>SUB - TOTAL</u>                |  |                |               |                    | <u>S/. 54,000.00</u>    |
| <u>X.- BARANDAS</u>               |  |                |               |                    |                         |
| 10.01                             | Barandas metálicas para<br>pórticos y peatones | 100            | m.l.          | 300.00             | 30,000.00               |
| <u>SUB - TOTAL</u>                |  |                |               |                    | <u>S/. 30,000.00</u>    |
| <u>XI.- Iluminación.-</u>         |  |                |               |                    |                         |
| 11.01                             | Iluminación de rampas y<br>pórticos.           |                |               | Estimada           | 80,000.00               |
| <u>SUB - TOTAL</u>                |  |                |               |                    | <u>S/. 80,000.00</u>    |
| <u>XII.- Señalización.-</u>       |  |                |               |                    |                         |
| 12.01                             | Señalización del tránsito                      |                |               | Estimada           | 10,000.00               |
| <u>SUB - TOTAL</u>                |  |                |               |                    | <u>S/. 10,000.00</u>    |
| <u>XIII.- Obras adicionales.-</u> |  |                |               |                    |                         |
| 13.01                             | Remodelamientos, jardines, etc.                |                |               | Estimada           | 150,000.00              |
| <u>SUB - TOTAL</u>                |  |                |               |                    | <u>S/. 150,000.00</u>   |
| <u>TOTAL GENERAL:</u>             |  |                |               |                    | <u>S/. 2'200,815.90</u> |

SON : DOS MILLONES, DOS CIENTOS MIL, OCHOCIENTOS QUINCE SOLES ORO CON  
NOVENTA CENTAVOS.-

BIBLIOGRAFIA DEL PRESENTE TRABAJO

- " CAMINOS " ..... José Luis ESCARIO
- " INGENIERIA DE CARRETERAS " ..... H. J. COLLINS
- " MEMORIA DEL VI CONGRESO PANAMERICANO DE CARRETERAS "
- " APUNTES DE CLASE " ..... Ing. ENRIQUE ECHEGARAY
- " APUNTES DE CLASE " ..... Ing. JUAN QUIROGA
- " APUNTES DE CLASE " ..... Ing. Juan SARMIENTO
- " CONTINUOUS CONCRETE BRIDGES " ..... de la PORTLAND
- " RIGID FRAME BRIDGES " ..... HAYDEN
- " DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO " ..... J. L. HIGUITA
- " CONCRETE REINFORCED DESIGN " ..... PEABODY
- " BITUMINOUS CONSTRUCTION " ..... Barber - Green Company
- " REPLANTEO DE CURVAS " ..... SARRAZIN - OBERBECK
- " APUNTES DE CLASE " ..... Ing. Emilio LE ROUX
- " REGLAMENTO DE LA A. A. S. H. O. "
- " REGLAMENTO DE LA A. C. I. "

## INDICE

|  |      |     |
|--|------|-----|
| INTRODUCCION.....  | Pag. | 4   |
| CAPITULO I.- ESTUDIO DE TRANSITO.- .....                 | Pag. | 7   |
| CAPITULO II.- SOLUCION AL TRANSITO.- .....               | Pag. | 13  |
| CAPITULO III.- LA SOLUCION EN PLANTA.- .....             | Pag. | 21  |
| CAPITULO IV.- LA SOLUCION EN PERFIL.-.....               | Pag. | 27  |
| CAPITULO V .- LA SECCION TRANSVERSAL .- .....            | Pag. | 37  |
| CAPITULO VI. / CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS.               |      |     |
| CALCULO ESTRUCTURAL .(.pórtico).....                     | Pag. | 43  |
| CALCULO DEL REFUERZO METALICO .....                      | Pag. | 62  |
| CALCULO DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN .....                 | Pag. | 73  |
| CALCULO DE ZAPATAS .....                                 | Pag. | 79  |
| CAPITULO VII.- PAVIMENTOS.-.....                         | Pag. | 89  |
| CAPITULO VIII.- DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.....       | Pag. | 96  |
| CAPITULO IX.- INSTALACIONES ANEXAS.....                  | Pag. | 101 |
| CAPITULO X.- PROCEDIMIENTO Y EQUIPO DE CONSTRUCCION..... | Pag. | 109 |
| CAPITULO XI.- ANALISIS DE PRECIOS.....                   | Pag. | 113 |
| CAPITULO XII.- METRADOS.....                             | Pag. | 121 |
| CAPITULO XIII.- PRESUPUESTO .....                        | Pag. | 127 |
| BIBLIOGRAFIA.....  | Pag. | 129 |