BIENVENIDOS !!

TEMA:

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ALTERNATIVAS PARA LA REHABILITACIÓN DEL TRAMO DE VIA: LAGO – INTERSECCION CON VIA PRINCIPAL ESPOL, SOLUCION Y REUBICACION DE LA TUBERIA DE AGUA POTABLE EXISTENTE

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO:

INGENIERO CIVIL

EXPOSITORES:

ASTERIO REYNALDO CORONEL CAMATON

JUAN PABLO FALCONI SOTOMAYOR

CONTENIDO:

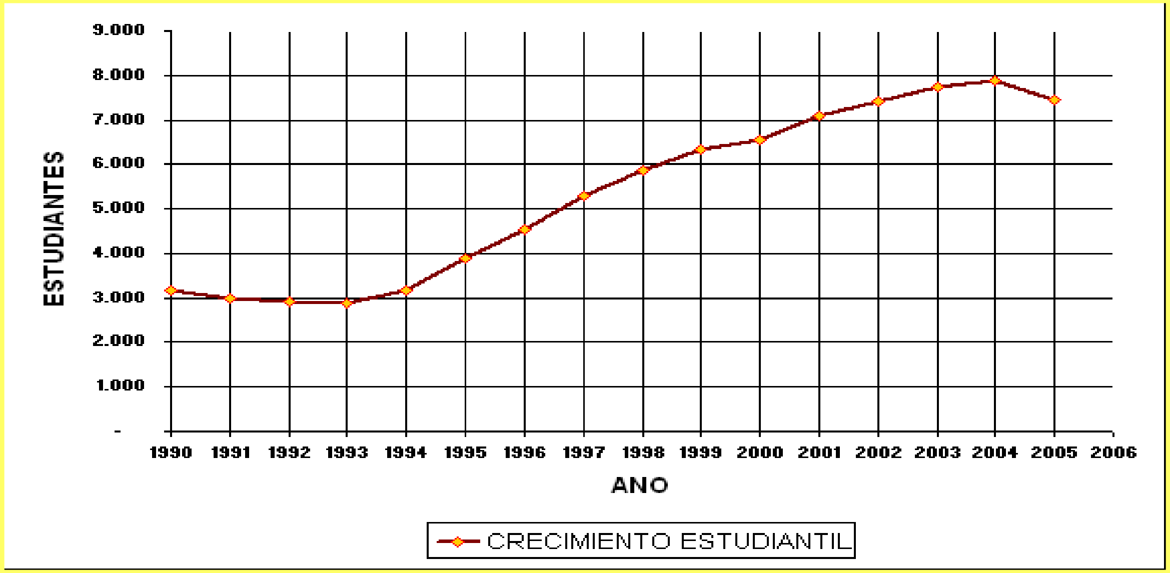
CAPITULO 1: INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

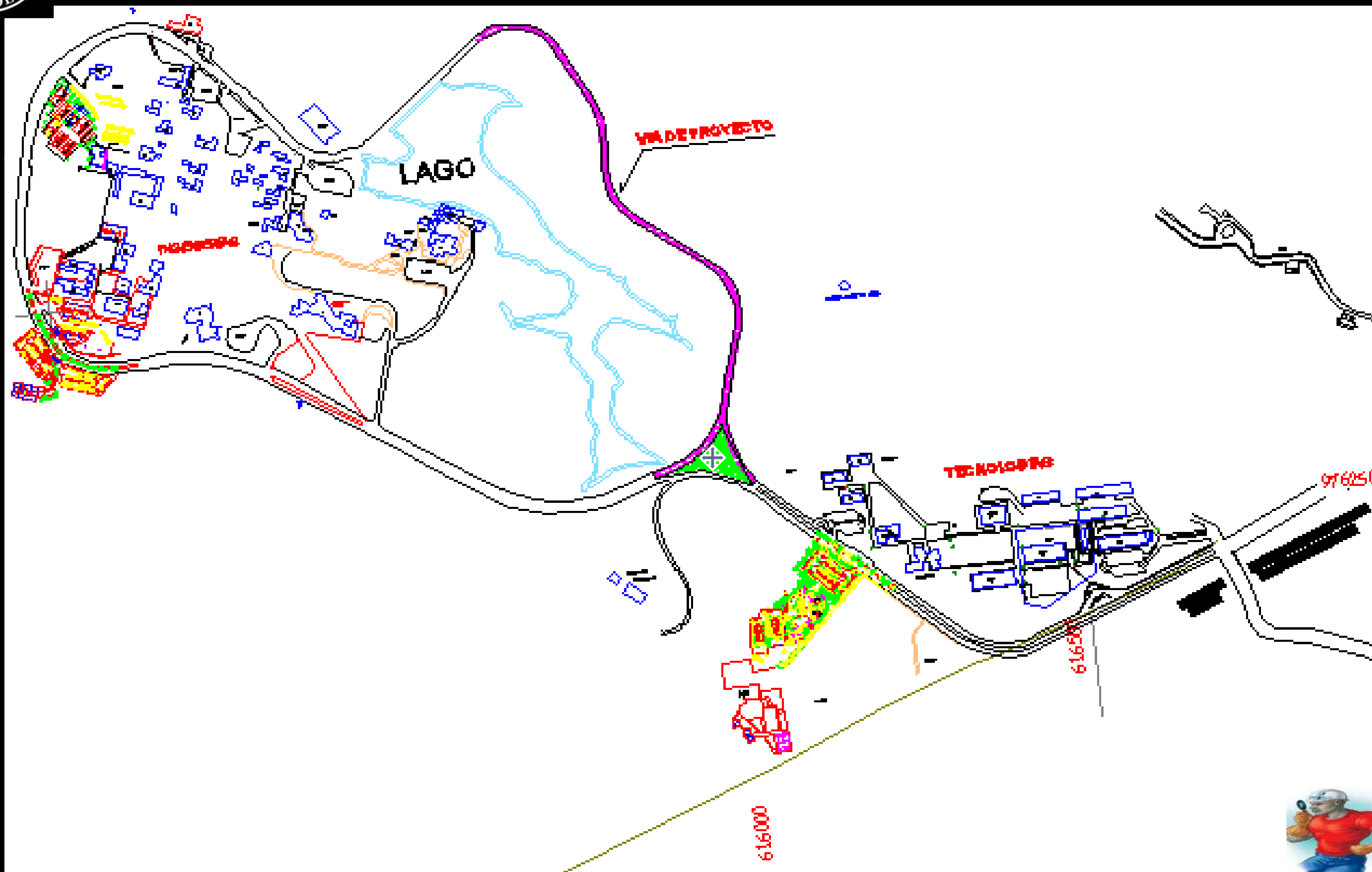
ALUMNOS REGISTRADOS POR FACULTAD O INSTITUTO EN EL CAMPUS PROSPERINA

PERIODO: 1990 - 2005

FACULTAD O INSTITUTO	A Ñ O S															
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
BASICO	298	263	249	620	882	805	831	847	803	945	721	803	927	933	951	
ICM	-	-	-	-	-	247	358	497	565	594	714	755	772	794	805	647
FIEC	1485	1365	1365	1134	1074	1223	1154	1135	1117	1130	1356	1541	1675	1823	1847	2254
FICT	118	130	130	117	91	108	116	125	141	150	168	170	158	203	198	347
FIMCP	495	503	503	399	289	354	387	482	533	613	767	898	1040	1146	1263	1308
FIMCM	333	281	270	226	195	267	325	436	483	513	475	508	534	582	594	591
ICHE	-	-	-	-	241	552	944	1230	1745	1976	1964	1981	1898	1813	1802	1908
CEAA	22	15	15	17	20	12	11	9	2	-	-	-	-	-	-	-
PROTEL	187	195	184	190	179	158	191	226	195	150	169	204	204	207	221	209
PROTAL	125	123	119	110	114	90	136	202	209	196	142	133	107	98	70	57
PROTMEC	109	98	99	84	79	84	89	86	78	80	87	90	102	125	132	121
TOTAL	3.172	2.973	2.934	2.897	3.164	3.900	4.542	5.275	5.871	6.347	6.563	7.083	7.417	7.724	7.883	7.442



1.2 Ubicación geográfica del proyecto



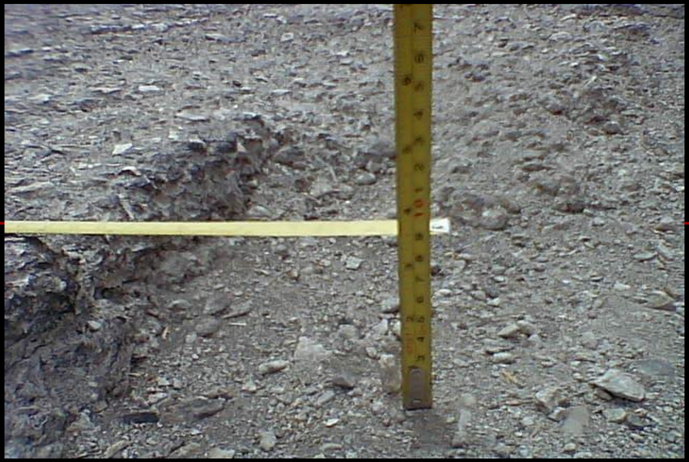
1.3 Justificación del proyecto

0 + 100 / Capa de rodadura deteriorada

0 + 270 / Capa de rodadura deteriorada

0 + 570 / Capa de rodadura deteriorada

1.3 Justificación del proyecto



Baches existentes en la vía

Agregados expuestos en superficie

Baches rellenos de hormigón hidráulico

1.3 Justificación del proyecto

Estado actual de los espaldones

Reducción del ancho de la calzada

Inexistencia de peraltes en curvas

1.3 Justificación del proyecto

Señalización Vial existente

Estructura de drenaje actual

Reubicación de tubería AAPP

CAPITULO 2: ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1 Estudios de Tráfico Vehicular

2.1.1 Aforo de Tráfico

2.1.2 Encuesta de Origen y Destino

2.1.3 Vehículo de Diseño

2.1.4 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

2.1.5 Clasificación de la Vía

2.1.6 Velocidad de Diseño y Circulación

2.1.1 Aforo de Tráfico

Definición.- Procedimiento de conteo que permite determinar la cantidad de vehículos que circula por una determinada sección de la vía en un periodo de tiempo definido.

- Contadores manuales o automáticos
- Puntos estratégicos de conteo (caseta de guardianía a la entrada de la ESPOL)
- Realizar en días más representativos en horas de mayor afluencia vehicular

Tipo de Vehículo	DIAS			Promedio
	Lunes	Miércoles	Viernes	
Livianos	2946	2710	2620	2759
Pesados	105	103	115	108

Resultados del Aforo de Tráfico

2.1.2 Encuesta de Origen y Destino

Propósito

- Determinar la procedencia y destino de los conductores
- Conocer puntos de vista de los conductores acerca del estado actual de la vía
- Obtener un porcentaje real vehículos que utilizarían la vía de proyecto

Procedimientos

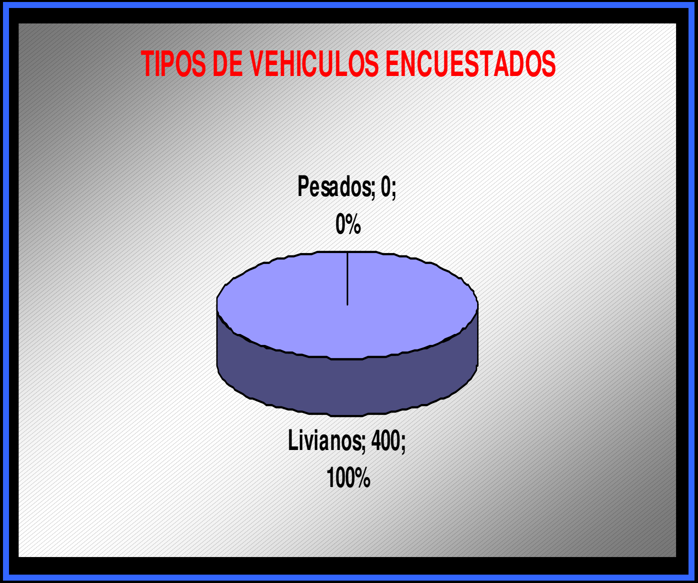
1. Entrevista a los conductores
2. Tarjetas de entrada y salida
3. Tarjetas por correo
4. Encuestas a domicilio

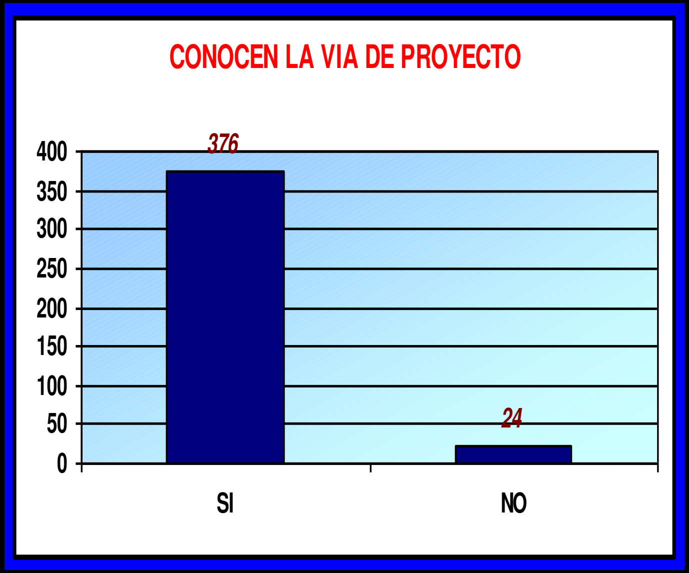
Resultados

Análisis resultados

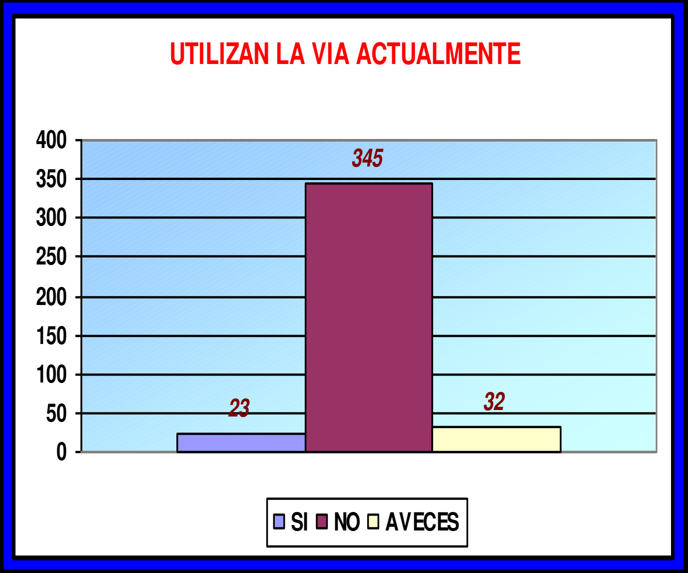


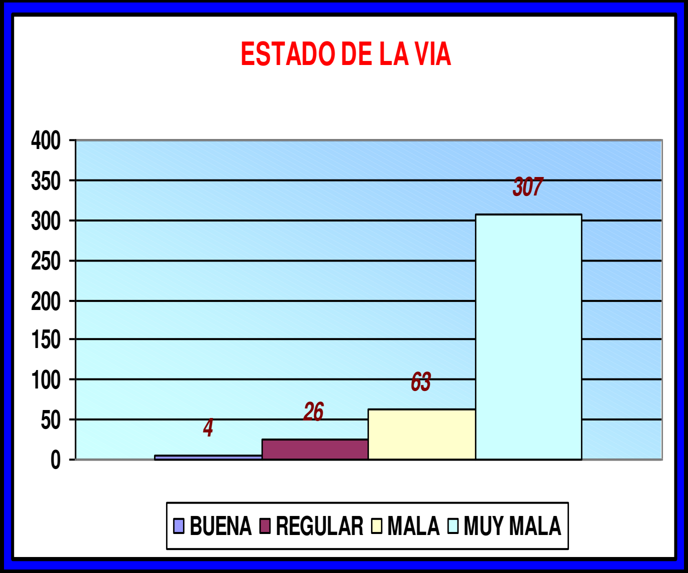
2.1.2 Encuesta de Origen y Destino



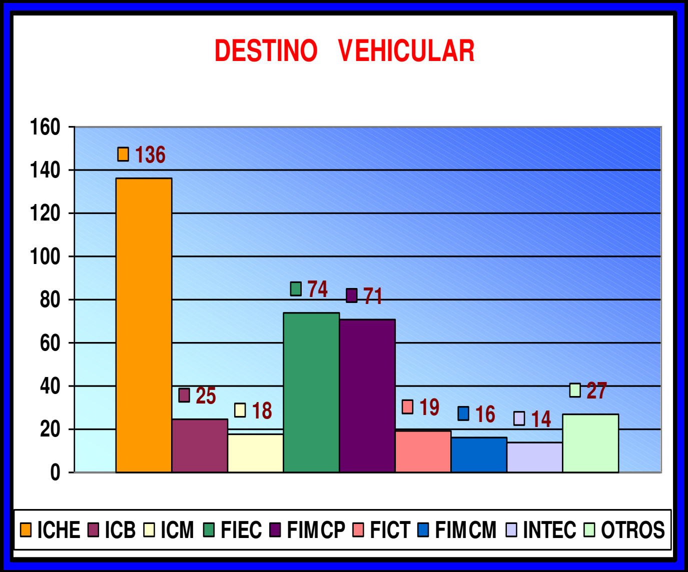


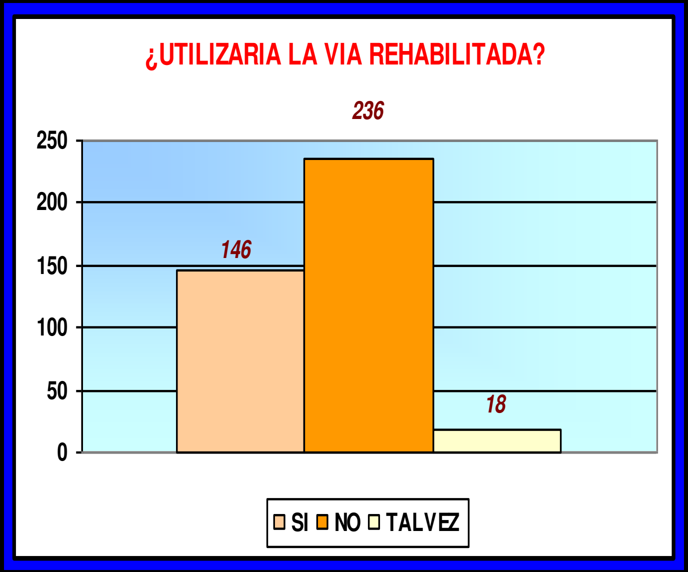
2.1.2 Encuesta de Origen y Destino





2.1.2 Encuesta de Origen y Destino





ANALISIS DE RESULTADOS

% Vehículos que utilizarían la vía rehabilitada = (146 / 400) x 100

% Vehículos que utilizarían la vía rehabilitada = 36,5 %

Del Aforo de Tráfico se obtienen promedios de:

- Vehículos livianos >>> 2759
- Vehículos pesados >>> 108 (descartar)

Por lo tanto:

Cantidad Vehículos que utilizarían la vía = 2759 x 36,5%

Cantidad Vehículos que utilizarían la vía = 1007



Transformación Vehicular

Vehículos	Equivalencia
4 livianos	1 vehículo de diseno
1 pesado	1 vehículo de diseno
1 doble trailer	2.5 vehículos de diseno

Para éste proyecto:

4 livianos = 1 vehículo de diseño

Por lo tanto:

Vehículos de diseño = ¼ (1007 vehículos livianos)

Vehículos de diseño (Tráfico existente) = 252 vehículos



2.1.4 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Definición.- Es la unidad de medida de tráfico de una carretera igual al número de vehículos que pasan en uno y otro sentido en un punto determinado de la vía, las 24 horas del día en un año.

Matemáticamente:

TPDA = Tp + Td + Tg

Donde:

Tp: Tráfico Proyectado $Tp = Ta\,(1+i)^n$

Td: Tráfico Desviado $Td = 0.20\ Tp$

Tg: Tráfico Generado $Tg = 0.25\ Tp$

Además:

$Ta = 1.25\ Te$

Donde:

Ta: Tráfico Actual

Te: Tráfico Existente

i: Tasa de crecimiento vehicular

n: Periodo de proyección (años)

Calcular


2.1.4 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Si Te = 252 veh.

Ta = 1.25 Te

Ta = 1.25 * 252

Ta = 315 veh.

Td = 0.20 Tp

Td = 0.20 * 569

Td = 114 veh.

Tg = 0.25 Tp

Tg = 0.25 * 569

Tg = 142 veh.

Si i = 3.0 %

n = 20 años

$Tp = Ta\ (1+i)^n$

$Tp = 315\ (1+0.03)^{20}$

Tp = 569 veh.

TPDA = Tp + Td + Tg

TPDA = (569 + 114 + 142) veh.

TPDA = 825 veh / día



Si TPDA = 825 veh / día

ESPECIFICACIONES MOP - "CLASES DE CARRETERAS"	
CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO (TPDA)
R-I o R-II	Más de 8000 (vehículos)
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	**De 300 a 1000**
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Carretera Clase III



2.1.6 Velocidad de Diseño y Circulación

Si la Clase de Carretera es III y se asienta

sobre región topográfica montañosa,

ESPECIFICACIONES MOP - "VELOCIDAD DE DISEÑO"			
CLASE DE CARRETERA	REGION TOPOGRAFICA		
	LLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO
R-I o R-II	120	110	90
I	110	100	80
II	110	100	80
III	100	80	60
IV	90	70	60
V	70	60	50

Velocidad de Diseño = 60 Km./h


2.1.6 Velocidad de Diseño y Circulación

Si Velocidad de Diseño = 60 Km./h y

El Volumen de Tráfico es Bajo,

ESPECIFICACIONES MOP - " VELOCIDAD DE CIRCULACION"		
Vd (Km/h)	Volumen de Tráfico Bajo Vc (Km/h)	Volumen de Tráfico Alto Vc (Km/h)
40	39	35
50	47	44
60	55	50
70	65	58
80	71	66
90	79	73
100	87	79
110	95	87
120	103	95

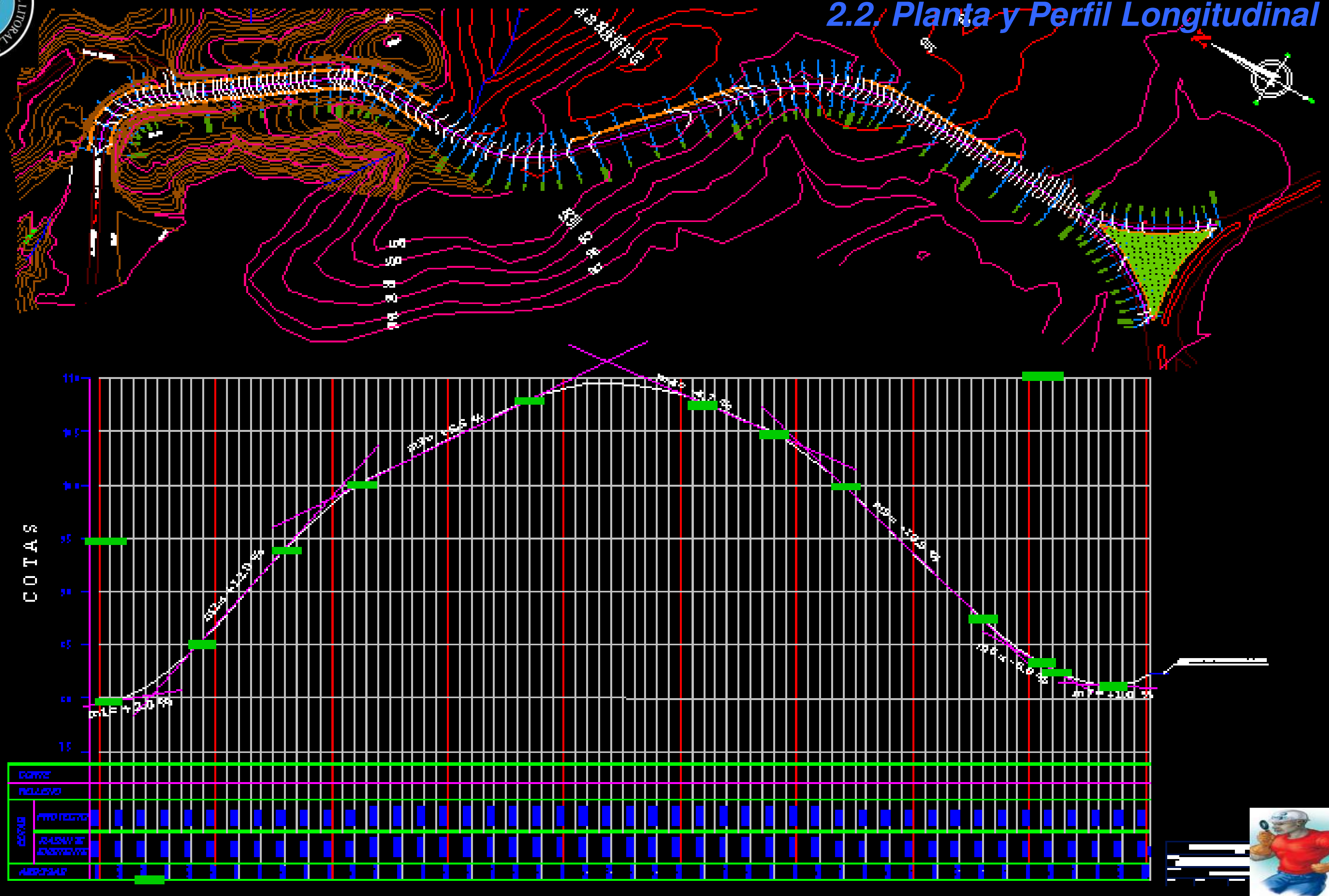
Velocidad de Circulación = 55 Km./h



2.2.1 Levantamiento Topográfico

1. Levantamiento Planimétrico
2. Levantamiento Altimétrico

2.2. Planta y Perfil Longitudinal



2.3 Inventario Vial

2.3.1 Longitud de la Vía

2.3.2 Alineamiento Horizontal

2.3.3 Alineamiento Vertical

2.3.4 Velocidad

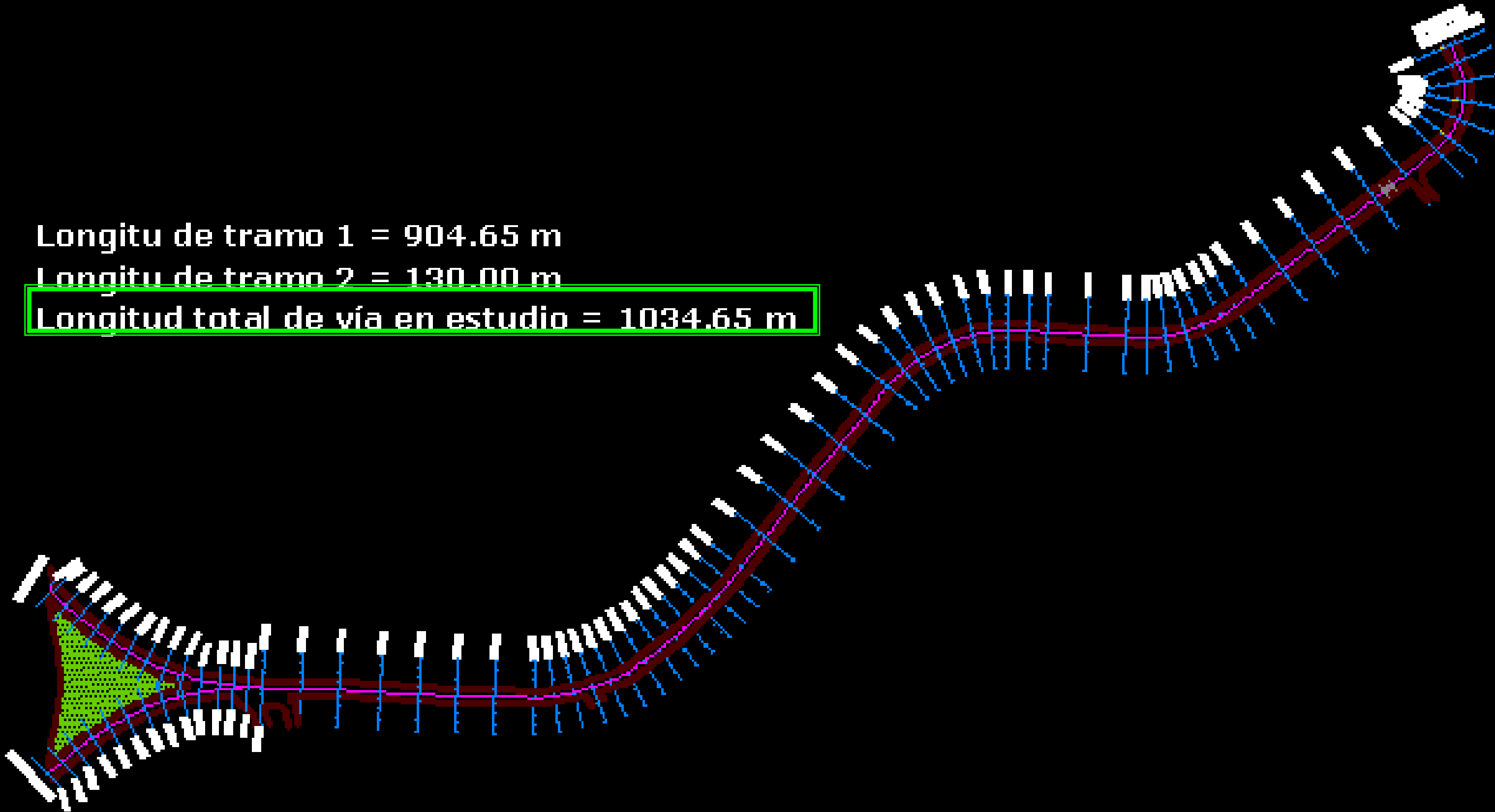
2.3.5 Tipo de Pavimento

2.3.6 Estado del Pavimento

2.3.7 Señalización Vial

2.3.8 Localización de Alcantarillas y Cunetas

2.3.1 Longitud de la Vía



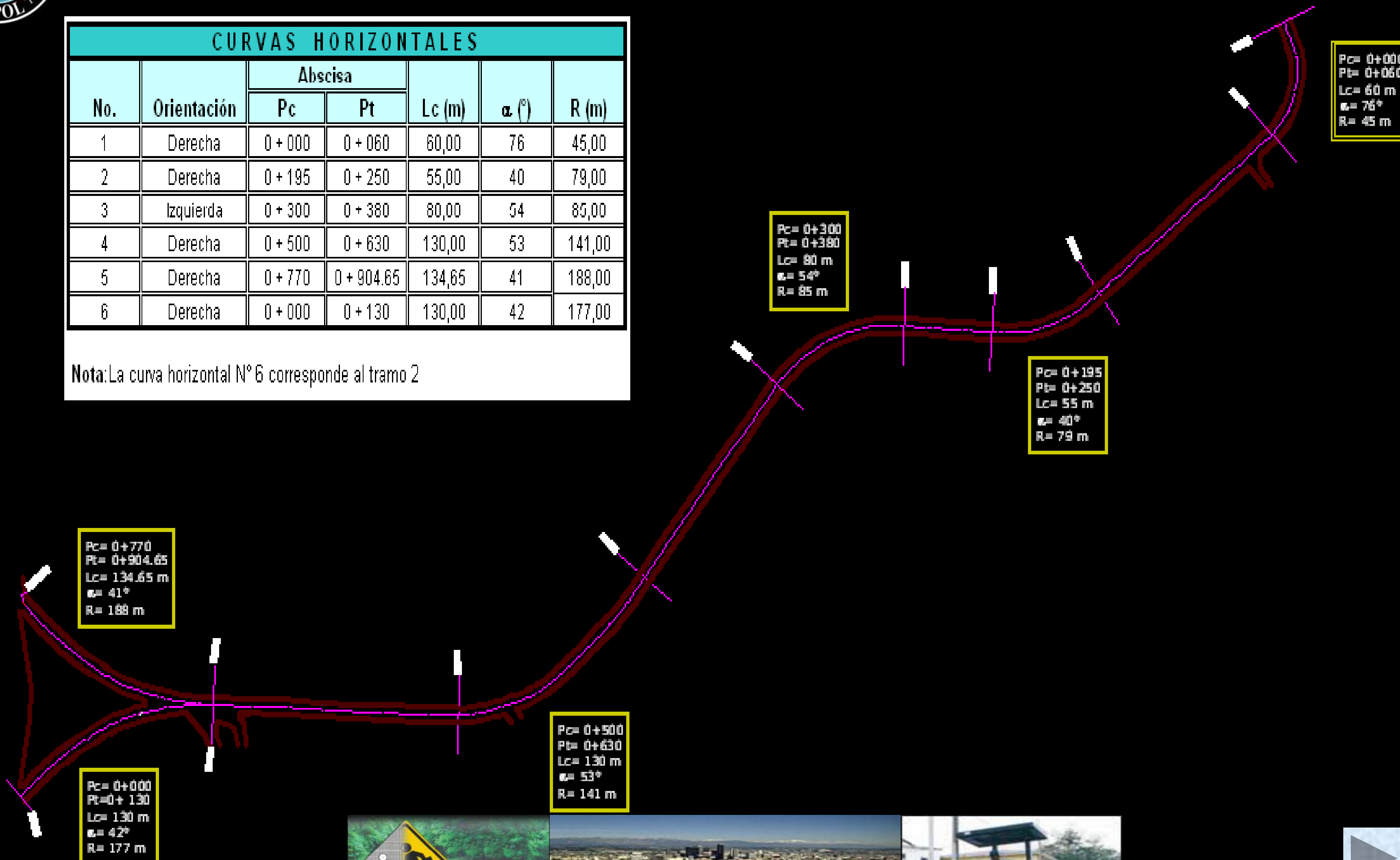
2.3.2 Alineamiento Horizontal

Curvas horizontales existentes

2.3.2 Alineamiento Horizontal

CURVAS HORIZONTALES						
No.	Orientación	Abscisa		Lc (m)	α (°)	R (m)
		Pc	Pt			
1	Derecha	0 + 000	0 + 060	60,00	76	45,00
2	Derecha	0 + 195	0 + 250	55,00	40	79,00
3	Izquierda	0 + 300	0 + 380	80,00	54	85,00
4	Derecha	0 + 500	0 + 630	130,00	53	141,00
5	Derecha	0 + 770	0 + 904.65	134,65	41	188,00
6	Derecha	0 + 000	0 + 130	130,00	42	177,00

Nota: La curva horizontal N° 6 corresponde al tramo 2




2.3.2 Alineamiento Horizontal

ESPECIFICACIONES MOP - RADIOS MINIMOS			
Clase Carretera	Tipo de Terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
I	440	350	210
II	440	350	210
III	350	210	115
IV	280	165	115
V	160	115	115

Especificaciones MOP –

Radio Mínimos

CURVAS HORIZONTALES						
No.	Orientación	Abscisa		Lc (m)	α (°)	R (m)
		Pc	Pt			
1	Derecha	0 + 000	0 + 060	60,00	76	45,00
2	Derecha	0 + 195	0 + 250	55,00	40	79,00
3	Izquierda	0 + 300	0 + 380	80,00	54	85,00
4	Derecha	0 + 500	0 + 630	130,00	53	141,00
5	Derecha	0 + 770	0 + 904.65	134,65	41	188,00
6	Derecha	0 + 000	0 + 130	130,00	42	177,00

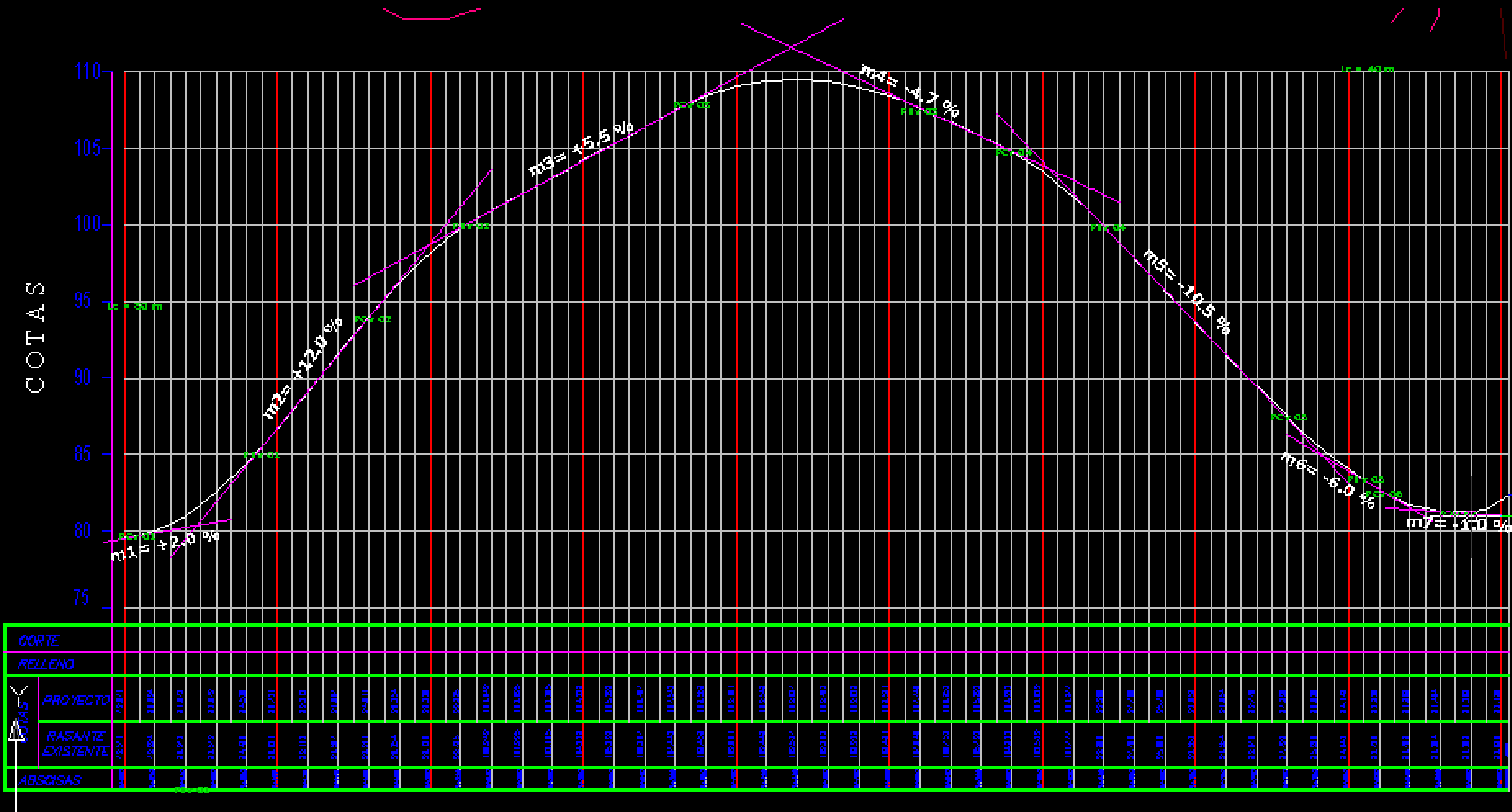
Nota: La curva horizontal N° 6 corresponde al tramo 2

Registro del Inventario Vial

2.3.3 Alineamiento Vertical

Curvas verticales existentes

2.3.3 Alineamiento Vertical



Curvas verticales existentes

2.3.3 Alineamiento Vertical

CURVAS VERTICALES		
No.	**Tipo**	**Lcv (m)**
1	Cóncava	78,00
2	Convexa	65,00
3	Convexa	150,00
4	Convexa	60,00
5	Cóncava	50,00
6	Cóncava	60,00

TANGENTES			
		Abscisa	
No.	**m (%)**	**Pc**	**Pt**
m1	+ 2.00 %	0 + 000	0 + 047
m2	+ 12.00 %	0 + 047	0 + 200
m3	+ 5.50 %	0 + 200	0 + 435
m4	- 4.70 %	0 + 435	0 + 603
m5	- 10.50 %	0 + 603	0 + 783
m6	- 6.00 %	0 + 783	0 + 842
m7	- 1.00 %	0 + 842	0 + 904.65

Especificaciones MOP – Pendientes Máximas

Clase	Tipo de Terreno		
Vía	Llano	Ondulado	Montañoso
I	3	4	6
II	3	4	6
III	3	5	7
IV	4	6	8
V	4	6	8



2.3.4 Velocidad

MAX

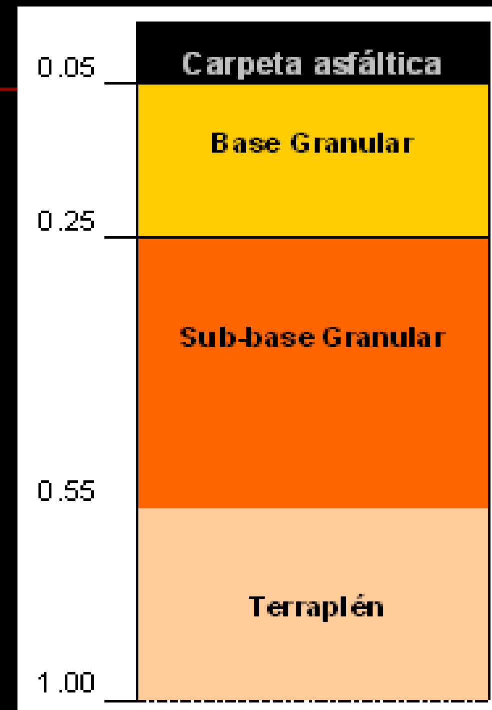
MIN

Velocidades experimentales de circulación				
Inicio	Fin	d (m)	t (s)	V (Km/h)
0 + 000	0 + 080	80,00	8,52	33,80
		80,00	7,20	**40,00**
		80,00	8,15	35,34
0 + 100	0 + 160	60,00	10,55	**20,47**
		60,00	9,65	22,38
		60,00	9,95	21,71
0 + 380	0 + 480	100,00	11,95	**30,13**
		100,00	15,72	22,90
		100,00	17,23	20,89
0 + 610	0 + 680	70,00	9,05	27,85
		70,00	8,85	28,47
		70,00	8,38	**30,07**
0 + 810	0 + 900	90,00	7,54	42,97
		90,00	8,25	39,27
		90,00	7,36	**44,02**



2.3.5 Tipo de Pavimento

Perforación de Calicatas



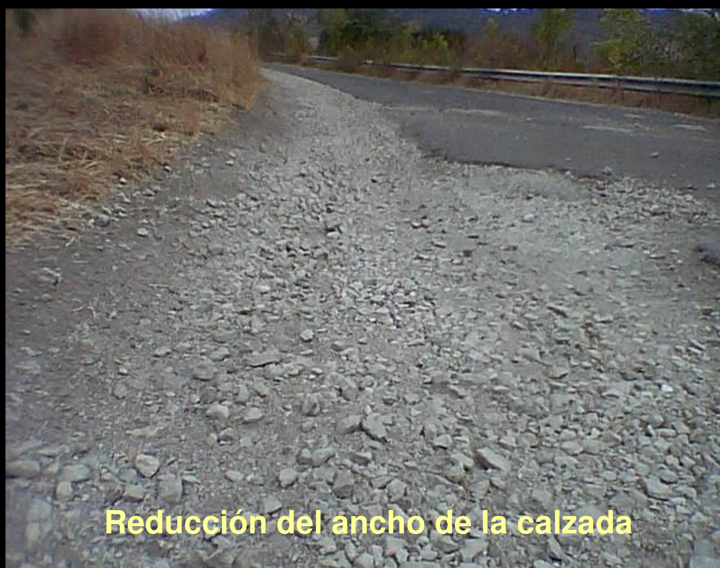
Pavimento FLEXIBLE

2.3.6 Estado del Pavimento


Calzada deteriorada


Superficie rugosa

2.3.6 Estado del Pavimento



2.3.6 Estado del Pavimento

Registro

2.3.6 Estado del Pavimento

BACHES		
No.	Diámetro (cm.)	Profundidad (cm.)
1	40,00	9,00
2	30,00	6,00
3	26,00	4,00
4	34,00	4,00
5	23,00	3,00
6	16,00	8,50
7	45,00	5,00
8	68,00	8,50
9	33,00	6,00
10	40,00	6,50
11	36,00	3,00
12	31,00	4,00
13	22,00	3,00
14	18,00	2,00
15	16,00	3,50
16	22,00	4,00
17	35,00	5,00
18	22,00	6,00
19	19,00	2,50
20	25,00	4,50
Valores Promedios	30,05	4,90

Registro de baches en

10 metros lineales de vía



2.3.7 Señalización Vial

Curva Pronunciada

Abscisa 0 + 788

Dos Vías

Abscisa 0 + 788

Pare

Abscisa 0 + 899

2.3.7 Señalización Vial

SEÑALIZACION VIAL				
Abscisa	**Tipo de Señalización**	**Señal de Tránsito**	**Visibilidad**	**Estado**
0 + 788	Vertical	Curva Pronunciada	Oculto entre la maleza	Bueno
0 + 788	Vertical	Dos Vías	Fácil visibilidad	Bueno
0 + 817	Vertical	No Entre / Una Vía	Fácil visibilidad	Bueno
0 + 899	Vertical	Pare	Semioculto entre la maleza	Falta estructura vertical
* 0 + 082	Vertical	No Entre / Una Vía	Semioculto entre la maleza	Falta estructura vertical
* 0 + 004	Vertical	De destino	Fácil visibilidad	Bueno

* Señales de Tránsito existentes en la bifurcación "Y" (Ramal de Entrada)

Registro de Señalización Vial existente



2.3.8 Localización de Alcantarillas y Cunetas

Alcantarilla Sección Circular

Ubicación: Abscisa 0 + 072

Longitud: 8.40 m

Diámetro: 30 cm.

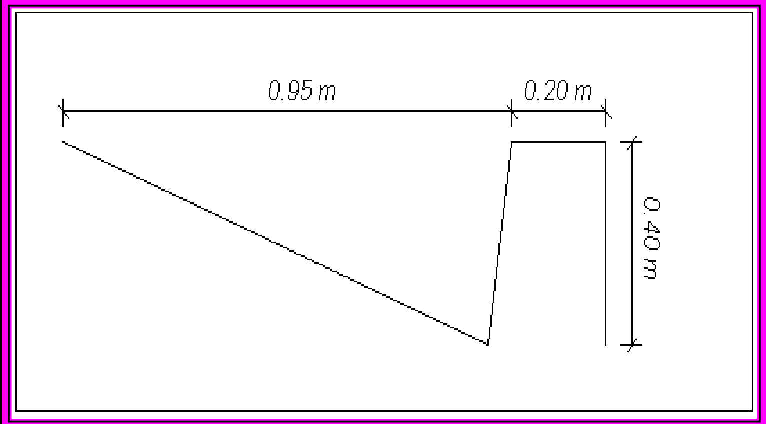
Bordillo - Cuneta

Registro

2.3.8 Localización de Alcantarillas y Cunetas

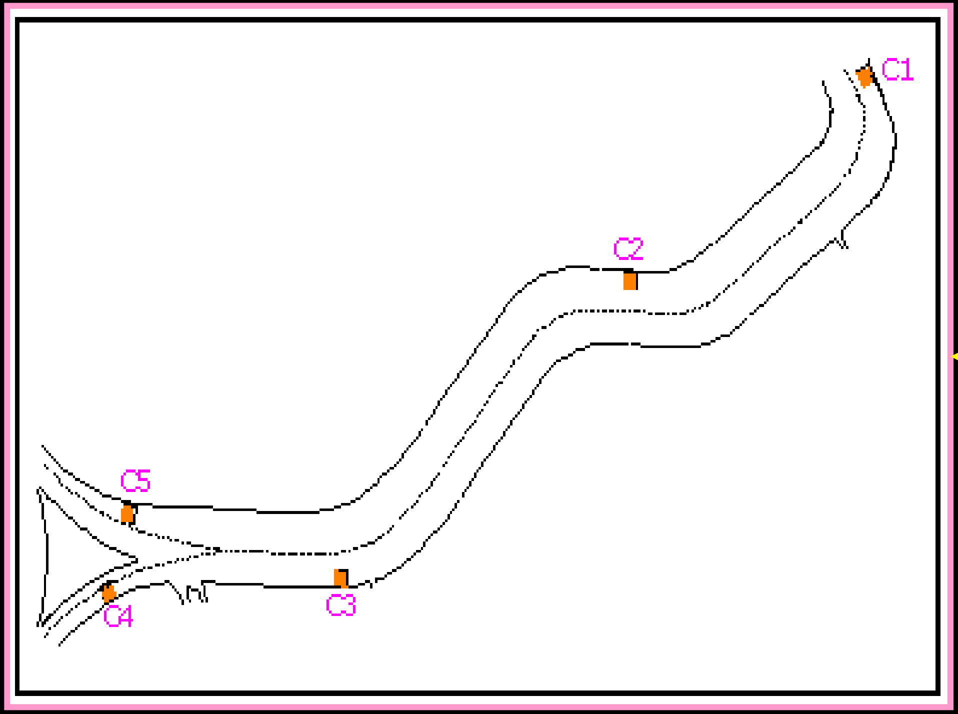
Ubicación en la Carretera	Abscisas		Longitud (m)
	Inicio	Fin	
Lado Derecho	0 + 000	0 + 277	277.00
Lado Izquierdo	0 + 000	0 + 075	75.00
Lado Izquierdo	0 + 084	0 + 268	184.00
Lado Izquierdo	0 + 387	0 + 519	132.00
Lado Izquierdo	0 + 605	0 + 730	125.00

Registro de bordillo – cuneta existente



Sección transversal bordillo – cuneta existente

Perforación de Calicatas



Calicata	Abscisa
1	0 + 000
2	0 + 300
3	0 + 650
4 (Entrada "Y")	0 + 050
5 (Salida "Y")	0 + 830

Ensayos realizados

- Granulometría
- CBR
- Proctor



ENSAYOS DE GRANULOMETRIA:

Especificaciones del MOP *Material de Sub-Base*

GRANULOMETRIA DE SUB-BASE			
Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	Clase I	Clase II	Clase III
3" (76.2 mm)	---	---	100
2" (50.4 mm)	---	100	---
1 1/2" (38.1 mm)	100	70 - 100	---
No. 4 (4.75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
No. 40 (0.425 mm)	10 - 35.	15 - 40	---
No. 200 (0.075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 -20

Ver Ensayos Laboratorio

2.4 Estudios de Suelo

ENSAYOS DE GRANULOMETRIA:

Especificaciones del MOP *Material de Base*

GRANULOMETRIA DE BASE CLASE I		
Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.4 mm)	100	---
1 1/2" (38.1 mm)	70 - 100	100
1" (25.4 mm)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19 mm)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9.5 mm)	35 - 60	45 - 75
No. 4 (4.75 mm)	25 - 50	30 - 60
No. 10 (2 mm)	20 - 40	20 - 50
No. 40 (0.425 mm)	10 - 25.	10 - 25.
No. 200 (0.075 mm)	2 - 12.	2 - 12.

GRANULOMETRIA DE BASE CLASE II	
Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm)	100
3/4" (19 mm)	70 - 100
3/8" (9.5 mm)	50 - 80
No. 4 (4.75 mm)	35 - 65
No. 10 (2 mm)	25 - 50
No. 40 (0.425 mm)	15 - 30
No. 200 (0.075 mm)	3 - 15.

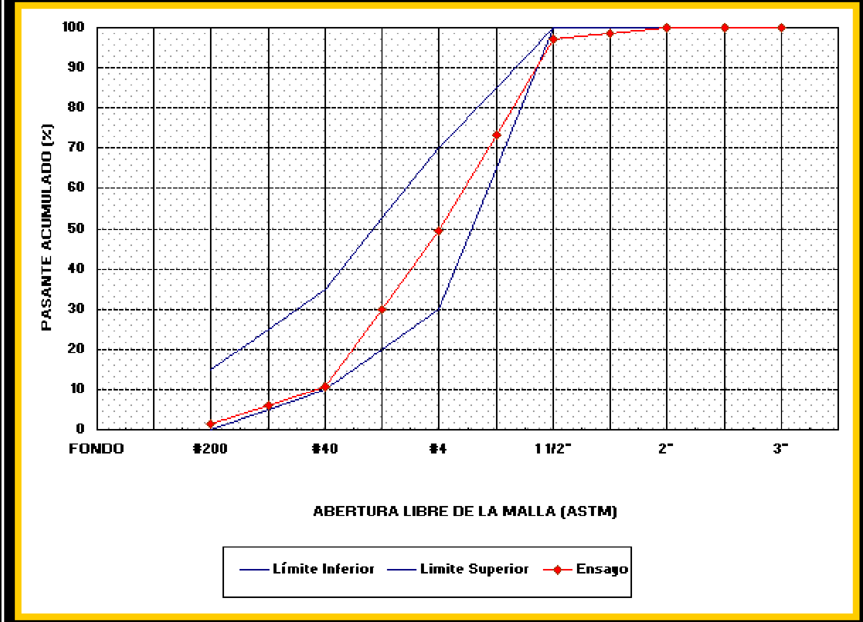
GRANULOMETRIA DE BASE CLASE III	
Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
3/4" (19 mm)	100
No. 4 (4.75 mm)	45 - 80
No. 10 (2 mm)	30 - 60
No. 40 (0.425 mm)	20 - 35
No. 200 (0.075 mm)	3 - 15.

GRANULOMETRIA DE BASE CLASE IV	
Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
N° 4 (4.76 mm.)	20 - 50
N° 200 (0.075 mm.)	0 - 15

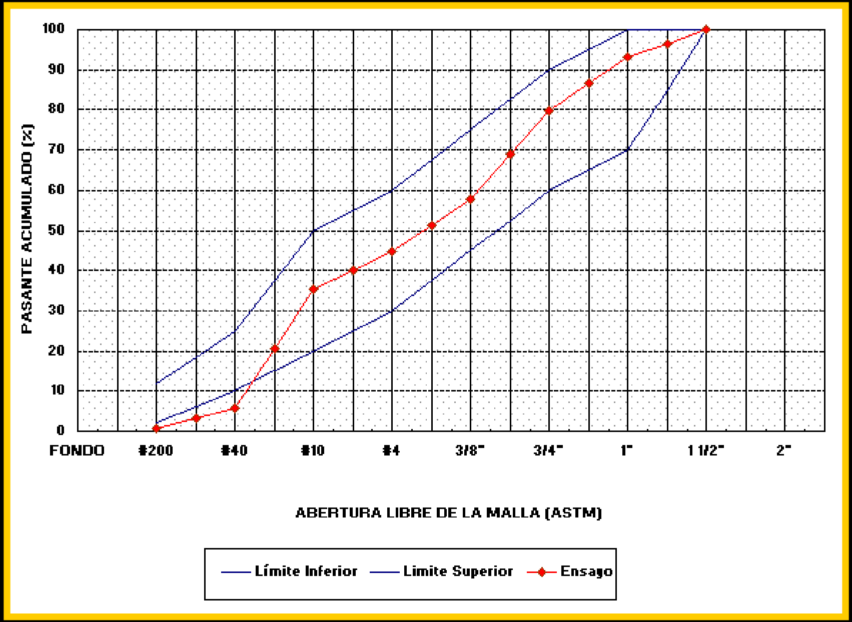
Ver Ensayos Laboratorio

Resultados Granulométricos

Sub-Base: Clase I



Base: Clase I – Tipo B

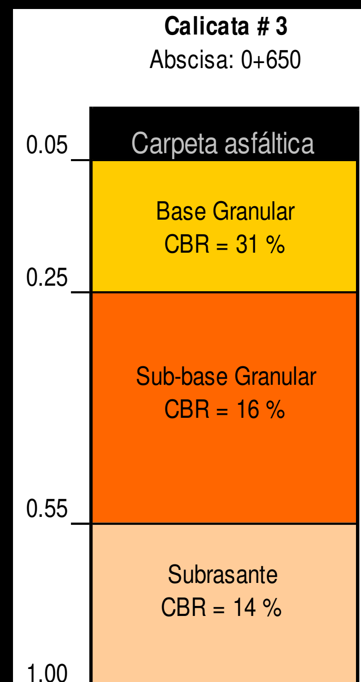


ENSAYO CBR:

Especificaciones del MOP

Especificaciones MOP			
	Subrasante	Sub-base	Base
CBR	20%	> 30 %	>80 %

Ver Ensayos Laboratorio

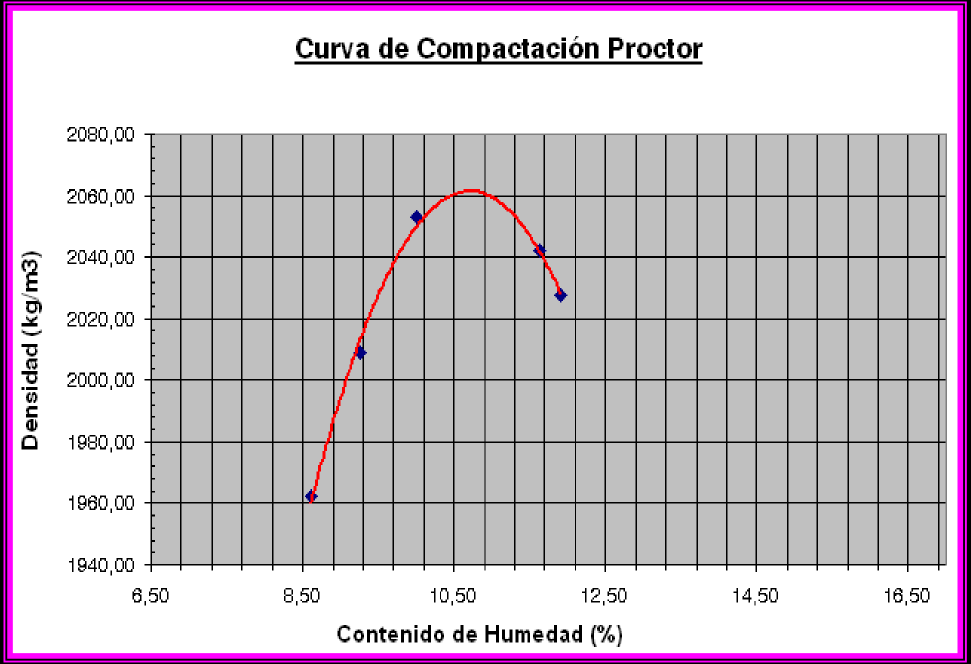


Resumen de Resultados

Calicata	Abscisa	CBR		
		Sub-rasante	Sub-base	Base
1	0 + 000	---	23%	35%
2	0 + 300	35%	13%	19%
3	0 + 650	14%	16%	31%
4 (Entrada "Y")	0 + 050	21%	20%	37%
5 (Salida "Y")	0 + 830	---	10%	19%

ENSAYO PROCTOR:

Material de Sub-Base

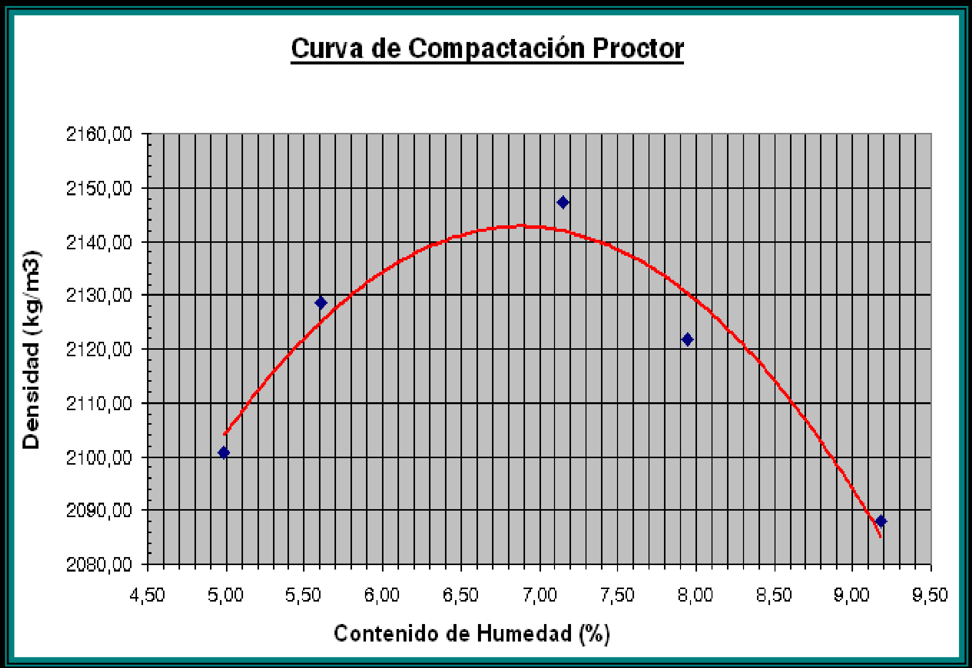


Humedad Optima	10,70	%
Densidad máxima	2061,42	kg/m3

Ver Ensayos Laboratorio

ENSAYO PROCTOR:

Material de Base



Humedad Optima	6,90	%
Densidad máxima	2142,77	kg/m3

Ver Ensayos Laboratorio

CAPITULO 3: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

3.1 ALTERNATIVA 1

Pavimento Rígido.- Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)

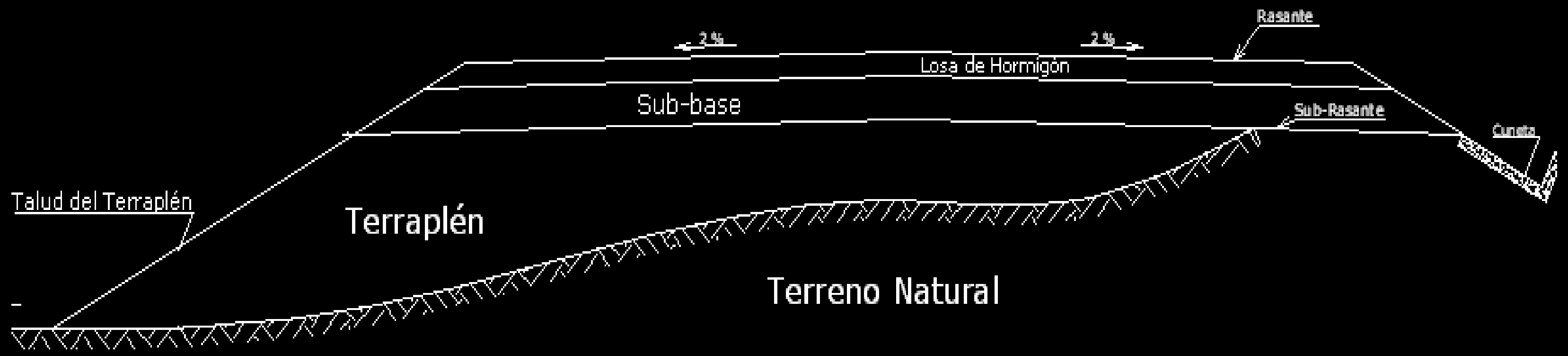
3.2 ALTERNATIVA 2

Pavimento Flexible.- Hormigón Asfáltico

3.3 Análisis Costo-Beneficio

3.1 Pavimento Rígido: HCP

3.1.1 Introducción



Sección Típica de un Pavimento Rígido

En consecuencia de que:

I. La capa de **Sub-base** existente **no cumple** con los mínimos valores de CBR recomendados en las especificaciones del MOP, esto es, CBR mayor o igual al 30%, y

II. La capa de **Base** existente **tampoco satisface** los mínimos valores de CBR recomendados en las especificaciones del MOP, esto es, CBR mayor o igual al 80%.

Se propone:

Rediseñar la estructura del pavimento flexible existente mediante nueva estructura de pavimento rígido, considerando que la capa de base actualmente existente sea la nueva capa de sub-base.

Técnica:

Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)


3.1.1 Introducción

Definición HCP

- Hormigón de Consistencia Dura
- Sin asentamiento en el Cono de Abrams
- Tamaño máximo del agregado grueso no superior a 19 mm.

Aplicaciones del HCP

- Calles, carreteras
- Aeropuertos
- Pavimentos industriales
- Construcción de bases, como también en carpetas de rodadura en carreteras y calles


3.1.1 Introducción

Características principales del HCP

- Hormigones muy seco
- Baja relación AGUA / CEMENTO
- Abiertos al tráfico después de pocas horas

Ventajas del HCP

- Economía
- Rapidez
- Flexibilidad
- Durabilidad
- Resistencia

Equipo

- Pavimentadora vibro-compactadora
- Rodillo mixto
- Rodillo neumático
- Aserradora de juntas
- Densímetro nuclear
- Moldes y equipos para especimenes

PROPIEDADES MECANICAS DEL HCP

1. Módulo de la Rotura a la Flexión (σ_f)

Varía desde 3.5 MPa. hasta algo más de 5.0 MPa. a los 28 días

$$\boxed{\sigma_f = C_2 * (\sigma'_b)^{0.5}}$$

Donde:

σ_f = la resistencia a flexión, en MPa;

σ'_b = la resistencia a compresión, en MPa;

C_2 = constante que depende de los diferentes diseños de mezclas del hormigón y cuyo valor es aproximadamente 0.74.

2. Comportamiento a la fatiga

Ligeramente superior al de un hormigón convencional

$$SR = 1.20 - 0.10 \log N \qquad para\ N \geq 100$$

$$SR = 1.0 \qquad para\ N < 100$$

Siendo:

SR = la relación entre la tensión debida a la carga y el módulo de rotura a flexión del HCP

N = el número de repeticiones de las cargas

3. Módulo de Elasticidad

Valores similares o un tanto superiores a los de un hormigón convencional

$$E = C_3 * (\sigma'_b)^{0.5}$$

Siendo:

σ'_b = la resistencia a la compresión, del HCP, en MPa

C_3 = constante cuyo valor varía entre 4600 a 5200 según las diferentes mezclas ensayadas.

4. Resistencia a la Compresión

Valores superiores a los del hormigón convencional

BAJA RELACION AGUA / CEMENTO

+

ALTO GRADO DE COMPACTACION

=

MAXIMA RESISTENCIA

Lo que equivale a:

MINIMO CONSUMO DE CEMENTO

y

MAXIMA ECONOMIA

3.1.2 Especificaciones de Diseño

Método Carmigiani-Di Pace

Para determinar el espesor de un pavimento de HCP es necesario conocer:

1. Valor soporte de la subrasante (o de la combinación de subbase y subrasante)

2. Características del vehículo
   * cargas de rueda
   * separación entre ruedas
   * presión de inflado de los neumáticos

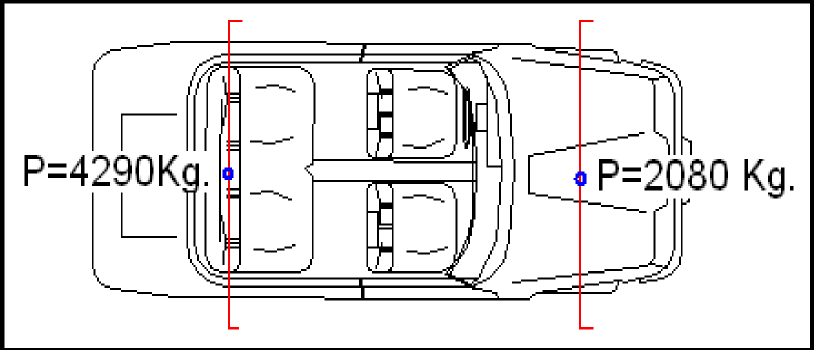
3. Número de las repeticiones de las cargas esperable durante la vida útil de diseño

4. Módulo de Rotura a flexión del HCP

5. Módulo de Elasticidad del HCP



1. Carga de Rueda



$$\text{Máxima carga de Rueda Simple } (P) = \frac{\text{Carga del eje más pesado}}{2}$$

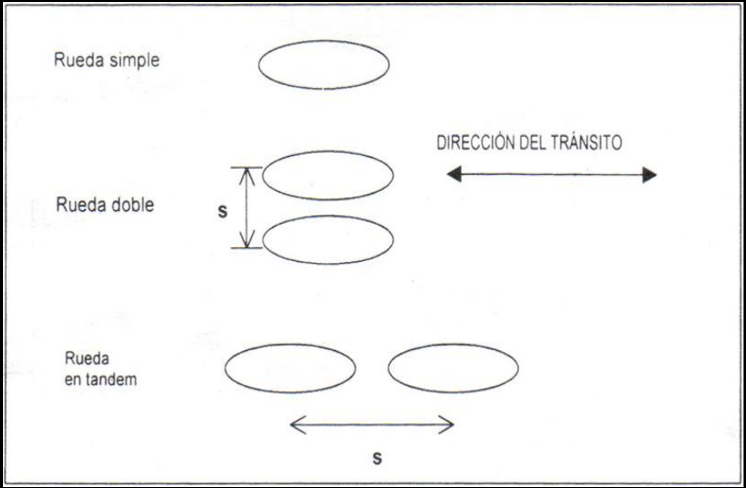
$$\text{Máxima carga de Rueda Simple } (P) = \frac{4290\ Kg.}{2}$$

$$\text{Máxima carga de Rueda Simple } (P) = 2145\ Kg.\ (0.021\ MN)$$

2. Presión de inflado de neumáticos

Presión de Inflado (p) = 0.69 MPa

3. Separación entre centro de ruedas



Separación entre los centros de las ruedas (s) = 0

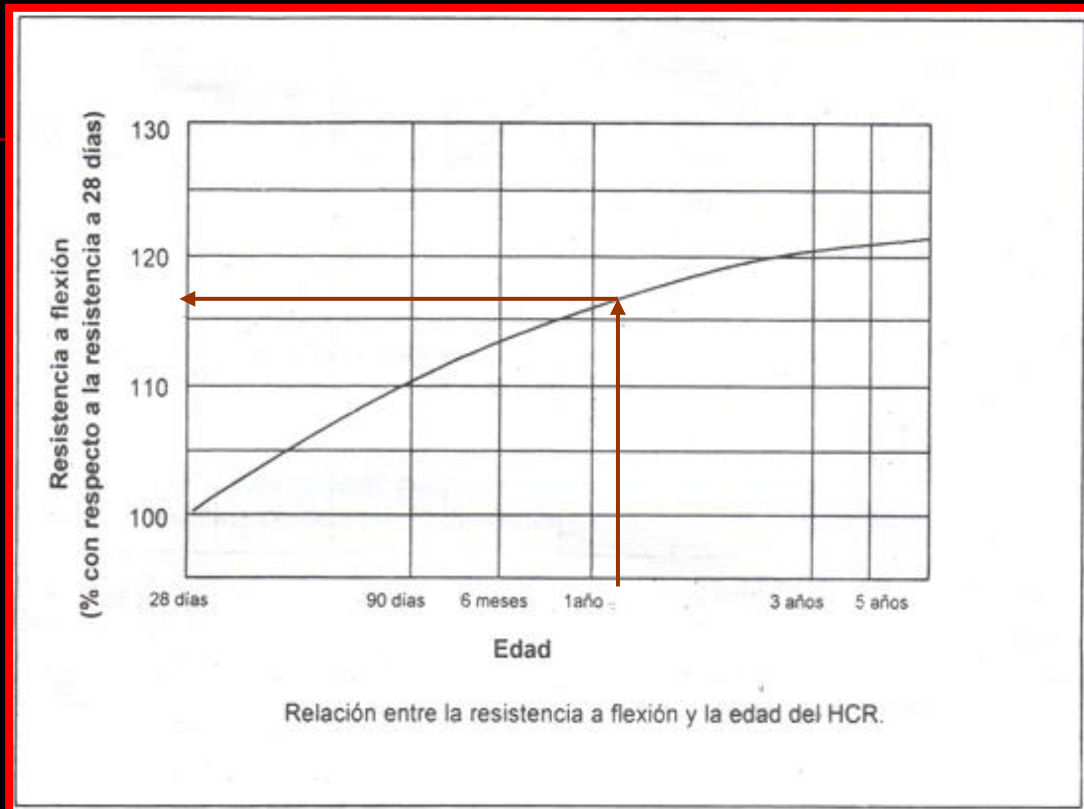
4. Módulo de Rotura a la Flexión

$$\sigma_f = C_2 * (\sigma'_b)^{0.5}$$

País	Edad del Núcleo	Cemento (Kg/m3)	Espesor de Capa (cm)	Resistencia Compresión (MPa)
CANADA	4 años	331	15 y 20	29
	8 años	312		40.5
	3 años	192		32.3
	1 año	312		32.4
USA	9 meses	-	17.8	46.6
	19 meses	-	16.5	32.7
	28 meses	-	17.8	32.3 / 29.2
	32 meses	-	21.6	47.5 / 33.9
ECUADOR	8 años	200	15	20.1
	7 años	260	18	29.2
	15 meses	280	18	31.3
	14 meses	**280**	**15**	**31.2**

Resultados ensayos HCP


3.1.3 Diseño Estructural



Porcentaje de resistencia a la flexión a los 28 días

$$\sigma'_{b\,14\,meses} = 1.17 * \sigma'_{b\,28\,días}$$

Despejando:

$$\sigma'_{b\,28\,días} = \frac{\sigma'_{b\,14\,meses}}{1.17}$$

$$\sigma'_{b\,28\,días} = \frac{31.2\ MPa}{1.17}$$

$$\sigma'_{b\,28\,días} = 26.67\ MPa.$$

Finalmente:

$$\sigma_f = C_2 * (\sigma'_b)^{0.5}$$

$$\sigma_f = 0.74 * (26.67)^{0.5}$$

$$\sigma_f = 3.82\ MPa.$$

5. Módulo de Reacción de la Subrasante

k (MPa/m	Tipo de suelo	Comportamiento
28	limo y arcilla	satisfactorio
55	arenoso	bueno
83	grava arenosa	excelente

Valor "k" de la subrasante (MPa/m)	Valor "k" en función del espesor de la subbase granular, en MPa/m			
	0,10 m	0,15 m	0,225 m	0,30 m
28	38	41	47	56
55	64	67	78	78
83	93	96	107	125

e prom. Sub-base = 0.16 m

$$\textit{Módulo de Reacción de la Subrasante } (K) = 96\ MPa/m$$

6. Periodo de Diseño

$$PD = 20\ años$$

7. Número diario de repeticiones de la Carga de Rueda

$$A = 825 \quad vehículos / día$$

8. Tasa de Crecimiento (%)

$$Crecimiento\ de\ Tráfico\ Anual\ (r) = 3.0\ \%$$


9. Módulo Elástico del HCP

$E = C_3 * (\sigma'_b)^{0.5}$; asumir $C_3 = 4900$

$E = 4900 * (26.67)^{0.5}\ MPa$

$E = 253005.07\ MPa$

De donde se asume $E = 28000\ MPa$

10. Coeficiente de Poisson

$\mu = 0.15$


***Radio del Área equivalente**

$$a = \left(\frac{P}{p * \pi}\right)^{0.5}$$

$$a = \left(\frac{0.021\ MN}{\pi * 0.69\ MPa}\right)^{0.5}$$

$$a = 0.098\ m$$

***Radio de Rigidez Relativa**

$$l = \left(\frac{E * h^3}{12\ (1-\mu^2)\ k}\right)^{0.25}$$

$$l = \left(\frac{28000 * 0.12^3}{12\ (1-0.15^2)\ 96}\right)^{0.25}$$

$$l = 0.455\ m$$

ASUMIR h = 12 cm.

***Relación "a/l"**

$$\frac{a}{l} = \frac{0.098\ m}{0.455\ m}$$

$$\frac{a}{l} = 0.216$$

***Relación "s/a"**

- Relación "s/a"

$$\frac{s}{a} = \frac{0\ m}{0.098\ m}$$

$$\frac{s}{a} = 0$$


11. Expresión (σ h² / P)

Si a/l = 0.216, entonces:

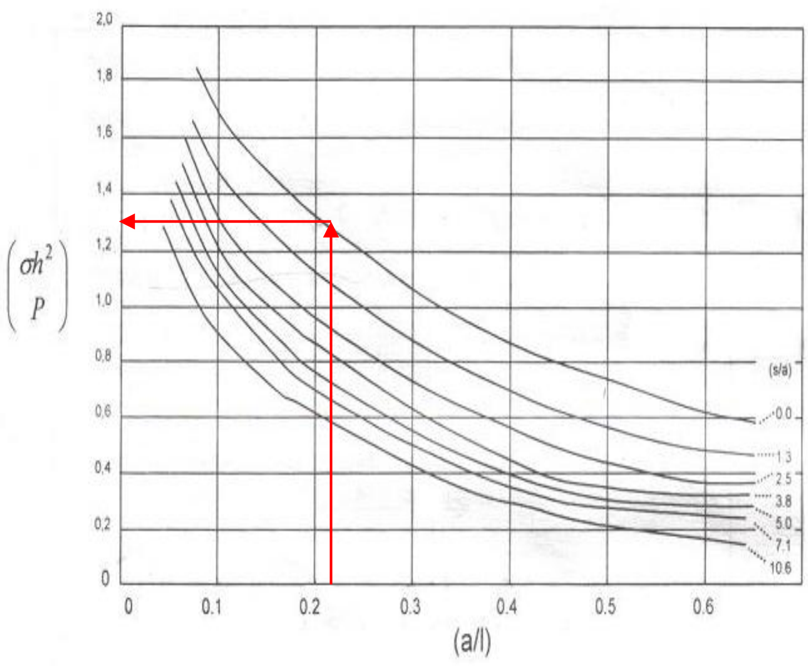


Gráfico para determinar el espesor del pavimento de HCR.

Por lo tanto $\left(\dfrac{\sigma * h^2}{P}\right) = 1.30$

Despejando se obtiene:

Tensión debido a la carga

$$\sigma = \left(\frac{1.30 * P}{h^2}\right)$$

$$\sigma = \left(\frac{1.30 * 0.021}{0.12^2}\right)$$

$$\sigma = 1.90\ MPa$$


*** Factor de Crecimiento**

$$F = \frac{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^{per} - 1}{\frac{r}{100}}$$

$$F = \frac{\left(1 + \frac{3.00}{100}\right)^{20} - 1}{\frac{3.00}{100}}$$

$$F = 26.87$$

*** Número de repeticiones en periodo de diseño**

$$N = Per * A * 365 * \left(1 + \frac{F}{100}\right)$$

$$N = 20 * 825 * 365 * \left(1 + \frac{26.87}{100}\right)$$

$$N = 7640768.30$$

*** Relación Tensión / Módulo de Rotura**

$$SR = 1.20 - 0.10 \log N$$

$$SR = 1.20 - 0.10 \log 7640768.30$$

$$SR = 0.512$$

*** Tensión Admisible**

$$SR = \frac{\sigma_{f \quad adm}}{\sigma_f}$$

* Despejando:

$$\sigma_{f \quad adm} = SR * \sigma_f$$

$$\sigma_{f \quad adm} = 0.512 * 3.82\ MPa$$

$$\sigma_{f \quad adm} = 1.95\ MPa$$

12. Verificación

Finalmente, se verifica que:

$$\sigma \leq \sigma_{f\ adm}$$

$$\boxed{1.90\ MPa < 1.95\ MPa}$$

OK !!

Por lo tanto:

Espesor de Losa HCP = 12 cm.



3.1.5 Presupuesto Referencial

PRESUPUESTO REFERENCIAL ALTERNATIVA 1: HCP

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	**OBRAS PRELIMINARES**				
1,1	Cerramiento provisional	ml	100,00	3,06	305,99
1,2	Limpieza y desbroce de espaldones	m2	2500,00	0,49	1222,59
1,3	Limpieza de alcantarillas	ml	15,00	3,65	54,69
1,4	Limpieza de cunetas	ml	815,00	2,95	2406,16
1,5	Replanteo y nivelación lineal	ml	1005,00	0,34	342,03
1,6	Demolición y desalojo de reductor de velocidad	m2	35,00	2,96	103,62
1,7	Escarificación de carpeta asfáltica	m2	7245	6,47	46873,59
				Subtotal =	**$ 51.308,67**
2	**PAVIMENTO**				
2,1	Conformación y compactación de sub-base clase 1	m2	1320,00	12,57	16593,80
2,2	Suministro de Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)	m3	920,00	95,29	87669,05
2,3	Juntas de dilatación (incluye relleno)	ml	2400,00	1,10	2644,58
2,4	Imprimación asfáltica MC-0 en espaldones (ancho = 2.50 m)	m2	3000,00	0,99	2962,45
2,5	Construcción de reductor de velocidad	m3	3,50	84,51	295,79
				Subtotal =	**$ 110.165,67**

COSTO DIRECTO DE OBRA:	161474,34
FISCALIZACIÓN (5%):	8073,72
IVA (12%):	19376,92
COSTO TOTAL DE OBRA:	$ 188.924,97



3.1.6 Especificaciones Técnicas de Construcción

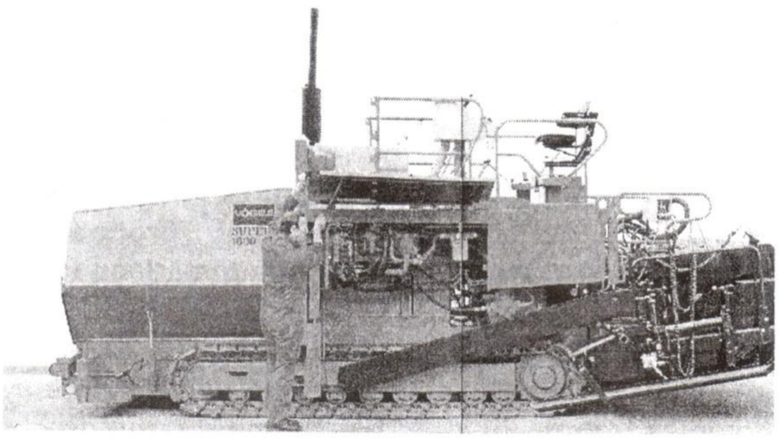
Rubro: ***Suministro de Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)***

1. Descripción
2. Materiales
3. Diseño de Espesores
4. Ensayos
5. Medición
6. Pago



Rubro: *Suministro de Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)*

DESCRIPCION.- El pavimento de hormigón compactado con pavimentadora (HCP) consiste en una capa de rodadura constituida por una losa de hormigón con muy poco contenido de agua, cuya densificación se obtiene mediante el uso de pavimentadoras con reglas de alto poder de compactación, de acuerdo con lo especificado en los planos, disposiciones especiales y documentos contractuales.



El equipo es básicamente una pavimentadora de asfalto con una regla modificada para obtener elevada compactación

MATERIALES

1.- Cemento

- Pórtland Tipo 1P
- Contenido: 200 – 300 Kg. / m^3
- Mínima Retracción
- Bajo Calor de Hidratación
- Elevada Resistencia a largo Plazo

2.- Agregados

TMA = 19 mm.

Tabla Granulometría

Tamiz		% que pasa (acumulado)
mm	(pulgadas)	
25,4	(1)	100
19,1	(3/4)	84-100
12,7	(1/2)	73-91
9,5	(3/8)	62-81
4,76	(No.4)	51-69
2,38	(No.8)	39-58
1,19	(NO.16)	29-48
0,595	(No.30)	20-38
0 ,296	((No.50)	12-29
0, 149	(No.100)	7-20
0, 074	(No.200)	2-10


MATERIALES

3.- Agua

- Limpia
- Libre de Impurezas
- Carecerá de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar y materia orgánica

Impurezas	Porcentaje
Alcalinidad calculada en términos de carbonato de calcio.	0,05
Sólidos orgánicos total.	0,05
Sólidos inorgánicos total.	0,05

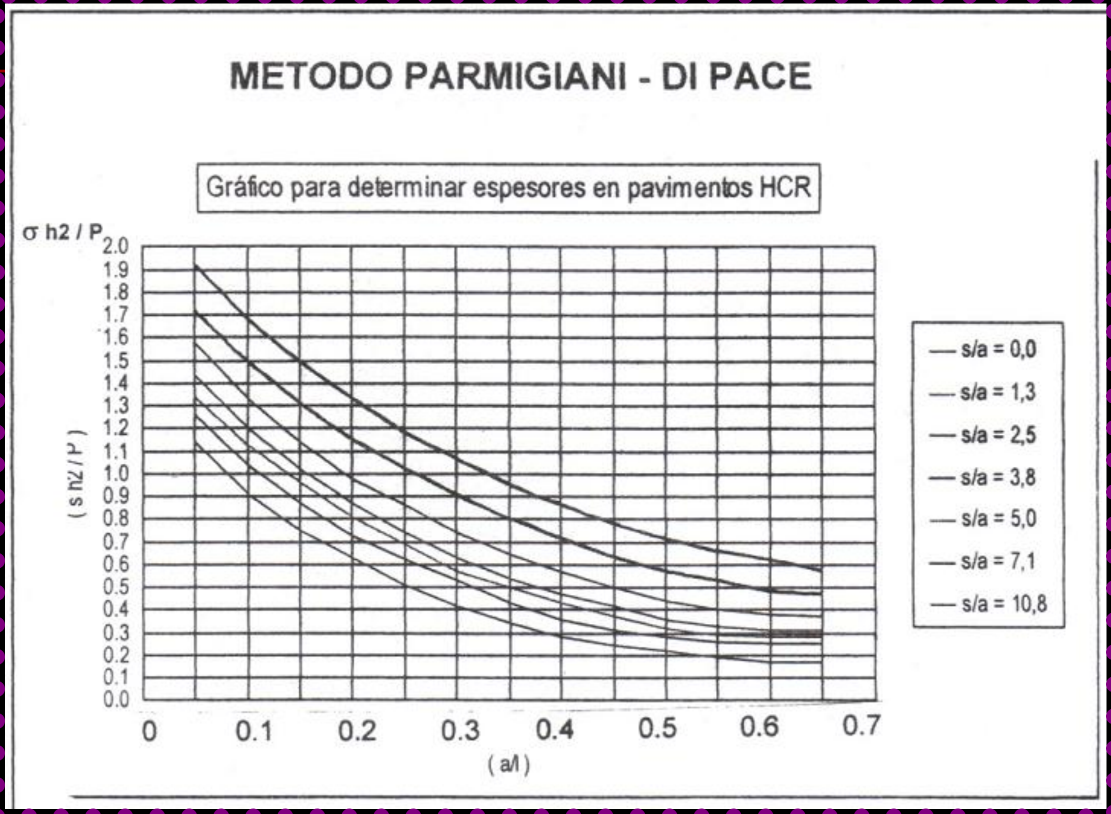
4.- Aditivo

Retardador de Fraguado

Rubro: *Suministro de Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)*

DISENO DE ESPESORES

Se emplea el método planteado en 1994 por M. Parmigiani y G. Di Pace, el mismo que considera todas las ventajas del HCP.



Rubro: *Suministro de Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)*

ENSAYOS

- Resistencia promedio a la tracción por flexión (Módulo de Rotura) de 4.5 MPa.
- Resistencia a la Compresión Simple
- Se tomará como mínimo una muestra por cada 120 m^3 de hormigón compactado o por cada 500 m^2 de pavimento colocado.

MEDICION

- Las cantidades a pagarse son el **volumen** efectivamente realizado y medido en **metros cúbicos.**

- La longitud a pagarse por las juntas transversales aserradas y/o de construcción será la longitud realmente aserrada, debidamente rellenada, medida en metros lineales.

- No serán objeto de pago ni el agua utilizada para la mezcla, el acabado y el curado, ni los demás materiales que se usen en el curado, ni los trabajos de protección



PAGO

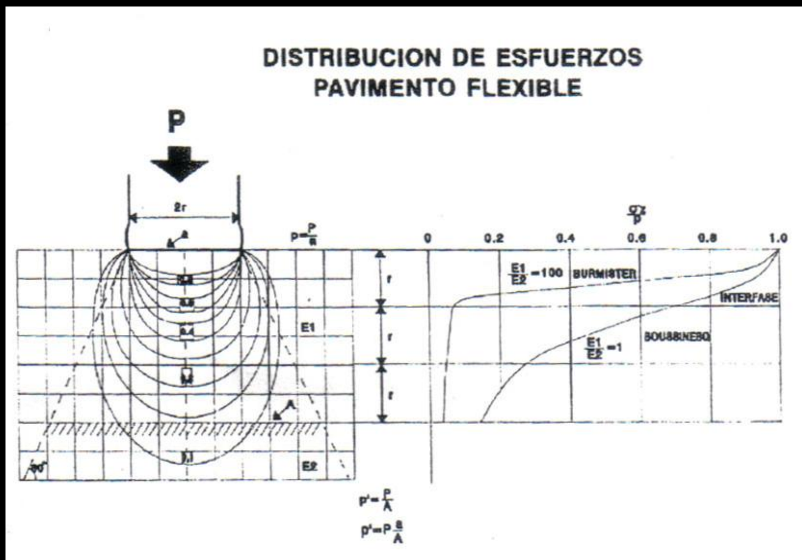
- Las cantidades de **obras debidamente terminadas** serán pagadas a precio unitario contractual.

- Estos precios comprenden: la preparación, transporte y suministro de los agregados, transporte y suministro de aditivos; preparación, colocación, distribución, compactación, acabado y curado del hormigón; mantenimiento, preparación y colocación de los moldes.

3.2 Hormigón Asfáltico

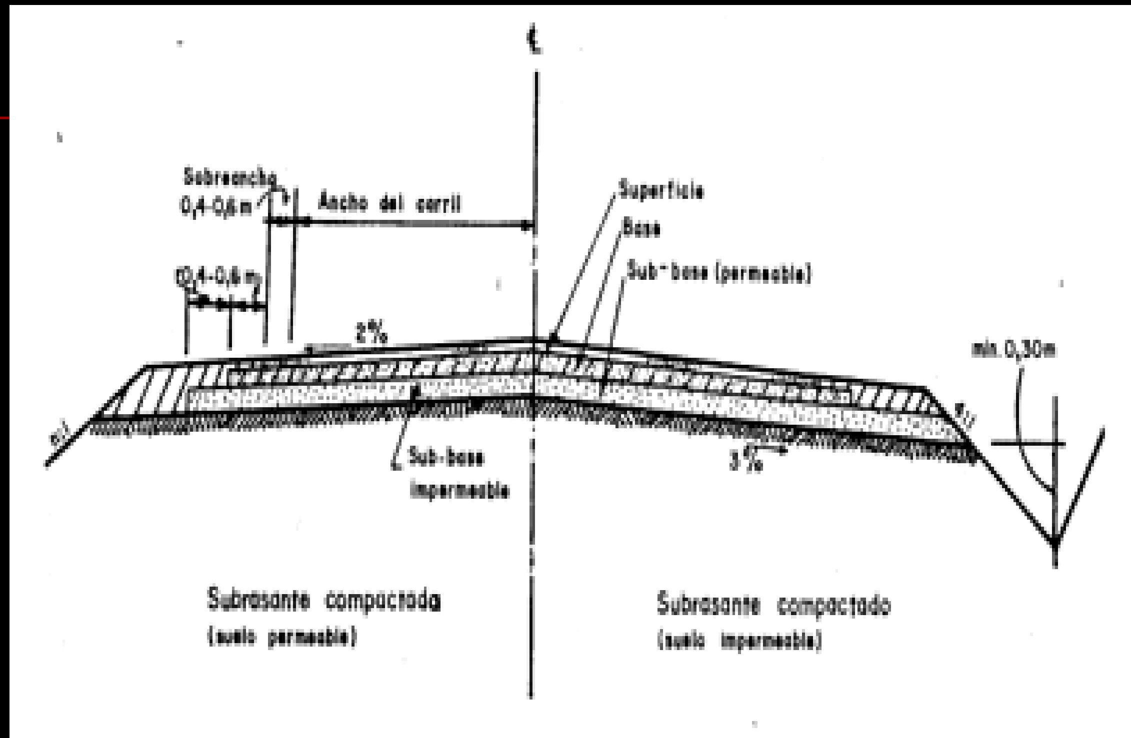
3.2.1 Introducción

Pavimentos Flexibles.- Aquellos que tienen la capacidad de adaptarse a pequeños asentamientos diferenciales de la explanación sin que se produzcan agrietamientos y manteniendo su integridad estructural y capacidad de transmisión de cargas.



Distribución de esfuerzos de un pavimento flexible

Superficie de rodadura de un pavimento flexible

Sección típica de un pavimento flexible

3.2.2 Especificaciones de Diseño

Método de diseño AASHTO 93: American Association State Highway and Transportation Officials

Factores que rigen el diseño:

- Tráfico (T)
- Valor Soporte del Suelo (CBR)
- Índice de Servicio (Pt)
- Factor Regional (Fr)
- Número Estructural (N.E)

- Predicción del Tráfico (T): Determinación de los Ejes Equivalentes

TPDA proyectado = 825 vehículos / día

Total de Ejes Equivalentes (periodo de diseño 10 años) $\Rightarrow$ $TEE_{10} = 150940.197 = 1.5*10^5$

Total de Ejes Equivalentes (periodo de diseño 20 años) $\Rightarrow$ $TEE_{20} = 405779.671 = 4.05*10^5$


• Valor soporte del suelo (C.B.R.)

Calicata	Abscisa	C B R		
		Sub-rasante	Sub-base	Base
1	0 + 000	---	23%	35%
2	0 + 300	35%	13%	19%
3	0 + 650	14%	16%	31%
4 (Entrada "Y")	0 + 050	21%	20%	37%
5 (Salida "Y")	0 + 830	---	10%	19%

Resultados del Ensayo CBR de la carretera a rehabilitar

Especificaciones MOP			
	Subrasante	Sub-base	Base
C BR	20%	> 30 %	>80 %
IP	< 9	< 6	< 6
WL max.	35	25	25

Especificaciones del MOP
para diferentes ensayos de materiales

- ❑ **La Sub-Base presenta características Clase 1**
- ❑ **Base corresponde a Clase 1 - Tipo B**

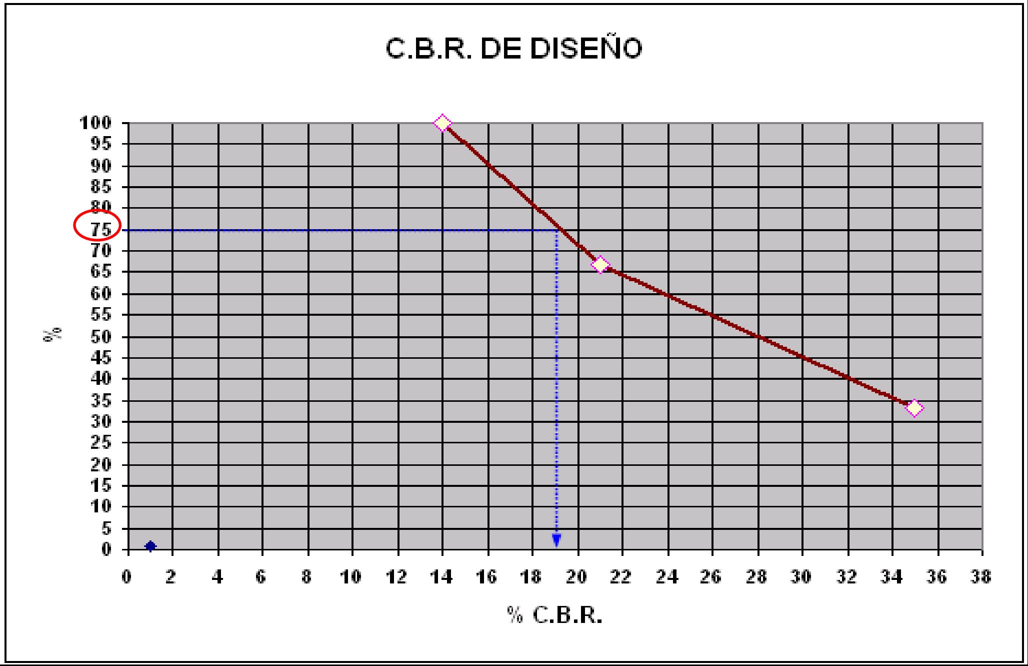

CBR de diseño: Con los datos de CBR de la subrasante analizados en el laboratorio de las muestras tomadas en campo, se grafican para obtener la curva de intersección con el que se obtendrá el CBR de diseño

Nivel de Tráfico (EE)	% de C.B.R Diseño
EE < 10e4	60%
10e4 < E E < 10e6	75%
EE > 10e6	87.5% = 88%

$$TEE_{10} = 150940.197 = 1.5*10^5$$

$$TEE_{20} = 405779.671 = 4.05*10^5$$

CBR de diseño = 19 %



Elección del CBR de Diseño

3.2.3 Diseño Estructural

•Índice de servicio (Pt): Es un número que varía de 0 a 5 que permite estimar la condición de un pavimento.

Condición del Pavimento	Indice de Servicio (Pt)
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Malo	1
Pésimo	0

$$Indice\ de\ Servicio(Pt) = 2$$

Índices de servicio recomendables


3.2.3 Diseño Estructural

- **Factor regional (Fr):** El procedimiento diseño del método de la AASHTO incluye una escala que ajusta el número estructural a la condiciones climáticas y ambientales bajo el cual el pavimento deberá rendir su trabajo

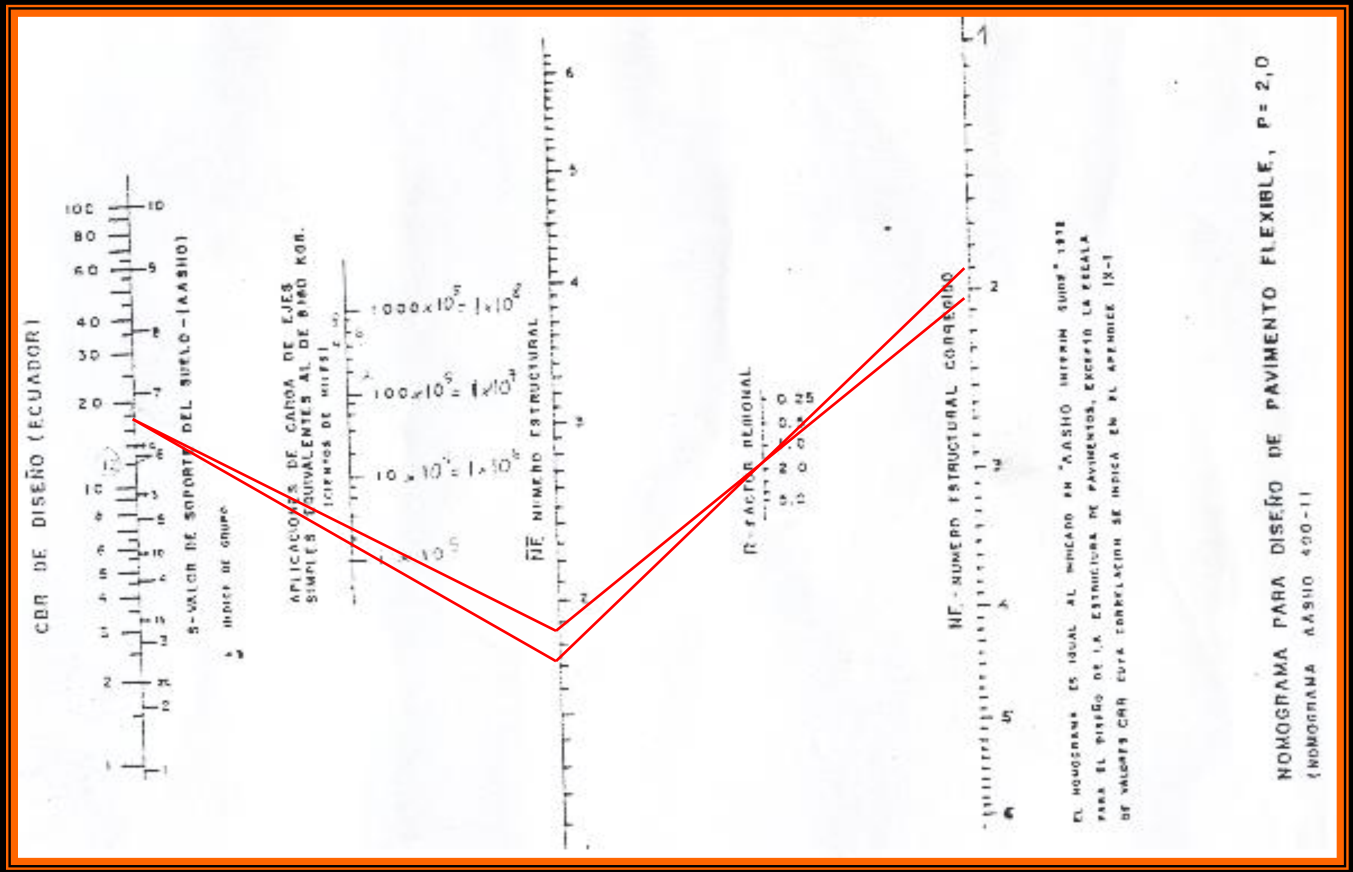
Precipitación = 1975 mm

Precipitación Pluviométrica Anual (mm)	Fr
menor de 250	0.25
250 - 500	0.50
500 - 1000	1.00
1000 - 2000	1.50
2000 - 3000	1.75
mayor de 3000	2.00

$$Factor\ regional\,(Fr) = 1.5$$

Factor regional en función de la precipitación

- **Número Estructural (N.E.):** Para determinar el Número Estructural (NE), se ingresa al nomograma con los valores de T.E.E., CBR Promedio y se corrige por medio del Factor Regional (Fr)



Cuyos resultados para 10 y 20 años son:

Periodo de Diseño	T.E.E.	C.B.R. Promedio	FR	NE nomograma
10 anos	1.50E+05	19%	1.50	1.85
20 anos	4.05E+05	19%	1.50	2.05

Cálculo del Número Estructural (teórico)

3.2.3 Diseño Estructural

CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEFICIENTE
CAPA DE SUPERFICIE		
Concreto Asfáltico	Estabilidad de Marshal 1000 - 1600 Lbs	0.134 - 0.173
Arena Asfáltica	Estabilidad de Marshal 500 - 800 Lbs	0.079 - 0.118
Carpeta Bituminosa Mezclada en el Camino	Estabilidad de Marshal 300 - 600 Lbs	0.059 - 0.098
CAPA DE BASE		
Agregado Triturado Graduados Uniformemente	PI 0 - 4, CBR > 100%	0.047 - **0.055**
Grava Graduada Uniformemente	PI 0 - 4, CBR > 30 - 80%	0.028 - 0.051
Concreto Asfáltico	Estabilidad de Marshal 1000 - 1600 Lbs	0.098 - 0.138
Arena Asfáltica	Estabilidad de Marshal 500 - 800 Lbs	0.059 - 0.098
Agregado Grueso Estabilizado con Concreto	Resistencia a la Compresion 28 - 46 kg/cm2	0.079 - 0.138
Agregado Grueso Estabilizado con Cal	Resistencia a la Compresion 7 kg/cm2	0.059 - 0.118
Suelo - Cemento	Resistencia a la Compresion 18 - 32 kg/cm2	0.047 - 0.079
CAPA DE SUB.-BASE		
Arena - Grava Graduada Uniformemente	PI 0 - 6, CBR > 30 + %	0.035 - **0.043**
Suelo - Cemento	Resistencia a la Compresion 18 - 32 kg/cm2	0.059 - 0.071
Suelo - Cal	Resistencia a la Compresion 5 kg/cm2	0.059 - 0.071
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE		
Arena o Suelo Seleccionado	PI 0 - 10	0.020 - 0.035
Suelo con Cal	5% Minimo de Cal en Peso de los Suelos	0.028 - 0.039
TRATAMIENTO SUPERFICAL BITUMINOSO		
Triple Riego		* 0.40
Doble Riego		* 0.25
Simple Riego		* 0.15
	* Usar estos valores para los diferentes tipos de tratamientos bituminosos, sin calcular espesores	

Cálculo del Número Estructural (teórico)


Cálculo de los espesores de las capas del Pavimento Flexible:

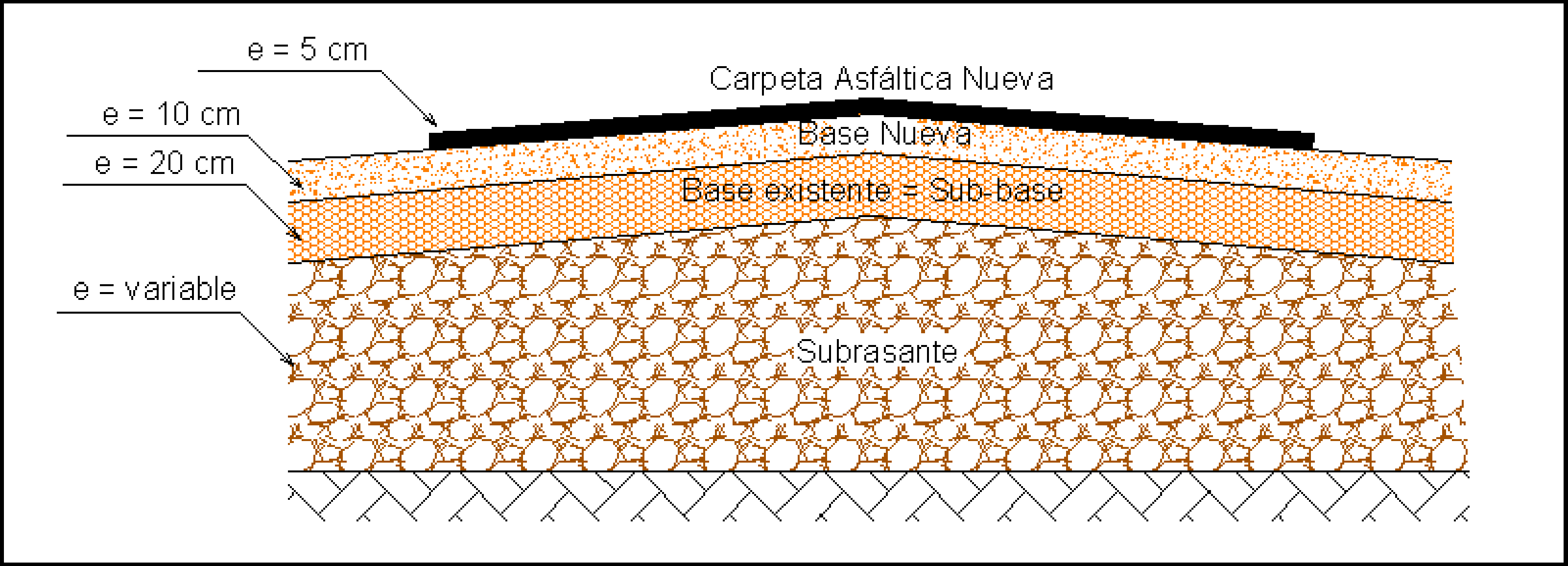
$$\sum NE \geq NE\ nomograma$$

DISEÑO DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (20 años)				
NE nomograma	2.05	Coef. Estructural (a)	Espesor (cm)	NE
Carpeta de rodadura de Concreto Asfáltico		0.173	5.00	0.865
Base granular		0.055	10.00	0.550
Sub-Base granular		0.043	20.00	0.860
			Σ NE =	2.28

Condición: NE calculado > NE nomograma

2.28 > 2.05 OK


Solución:



Rediseño de las Capas del Pavimento Flexible

3.2.5 Presupuesto Referencial

PRESUPUESTO REFERENCIAL ALTERNATIVA 2: Pavimento Flexible					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	OBRAS PRELIMINARES				
1,1	Cerramiento provisional	ml	100,00	3,06	305,99
1,2	Limpieza y desbroce de espaldones	m2	5175,00	0,49	2530,77
1,3	Limpieza de alcantarillas	ml	15,00	3,65	54,69
1,4	Limpieza de cunetas	ml	815,00	2,95	2406,16
1,5	Replanteo y nivelación lineal	ml	1035,00	0,34	352,24
1,6	Demolición y desalojo de reductor de velocidad	m2	35,00	2,96	103,62
1,7	Escarificación de carpeta asfáltica	m2	7245	6,47	46873,59
1,8	Excavacion a máquina	m3	1550	3,25	5041,09
				Subtotal =	$ 57.668,14
2	PAVIMENTO				
2.1	Base Clase 1 (e=0.10 m)	m3	780,00	13,53	10550,44
2,2	Asfalto emulsionado RC-250 para riego de liga	m2	7250,00	0,67	4857,50
2,3	Carpeta de rodadura asfáltica (e = 5 cm)	m2	7250,00	7,67	55603,79
2.4	Imprimación asfásltica MC-0 en espaldones (ancho = 2.50 m)	m2	3000,00	0,99	2962,45
2.5	Construcción de reductor de velocidad	m3	3,50	84,51	295,79
				Subtotal =	$ 74.269,96
		COSTO DIRECTO DE OBRA:			131938,10
		FISCALIZACIÓN (5%):			6596,91
		IVA (12%):			15832,57
		COSTO TOTAL DE OBRA:			$ 154.367,58



3.2.6 Especificaciones Técnicas de Construcción

Rubro: Base Clase 1 (e = 0.10 m)

Introducción:

Son bases constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% de acuerdo con lo establecido
En la subseccion 814-2 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP)
y graduados uniformemente dentro de os limites granulométricos indicados en la subseccion 814-2 del MOP
En todo caso el limite liquido de la fracción que pase el tamiz N 40 deberá ser menor de 25% y el índice de plasti;
cidad menor de 6, el porcentaje de abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor del soporte CBR
deberá ser igual o mayor del 80%.

Medición y forma de pago

Para el cobro y medición de este rubro será por m3


3.2.6 Especificaciones Técnicas de Construcción

Rubro: Carpeta de Rodadura Asfáltica (e = 5 cm)

Introducción:

Es la parte superior y la capa mas rígida del pavimento flexible, es comparativamente mas fina que el resto e las capas pero de mayor resistencia y calidad. Debe ser resistente a las presiones verticales y horizontales impuestas por la acción directa de los neumáticos de los vehículos, impermeable y a la vez de elevado coeficiente de fricción. La granulometría de los áridos utilizados serán de acuerdo a lo especificado en en las normas del MOP, mezclados en caliente en una planta central, el cemento asfáltico deberá tener una penetración de 60 – 70, el desgaste de abrasión a los Ángeles de los agre; gados no será mayor de 40 y su desgaste a la acción del sulfato de sodio luego de 5 ciclos no excederá al valor del 12%

Medición y forma de pago

Para el cobro y medición de este rubro será por m2

a) Desde el punto de vista de sus Costos:

Costo del Ciclo de vida de un pavimento:

Costo Total = C. Construcción + C. Mantenimiento + C. Reconstrucción + C. Operación – Valor Residual

Tipo de Pavimento	Valor Residual
Flexible, con base asfáltica	50% del Costo de Construcción
Flexible, con base granular	40% del Costo de Construcción
Rígido, con hormigón convencional	60% del Costo de Construcción
Rígido, con HCR	60% del Costo de Construcción
Asfáltico, con HCR y carpeta asfáltica	55% del Costo de Construcción

Valores residuales de los pavimentos

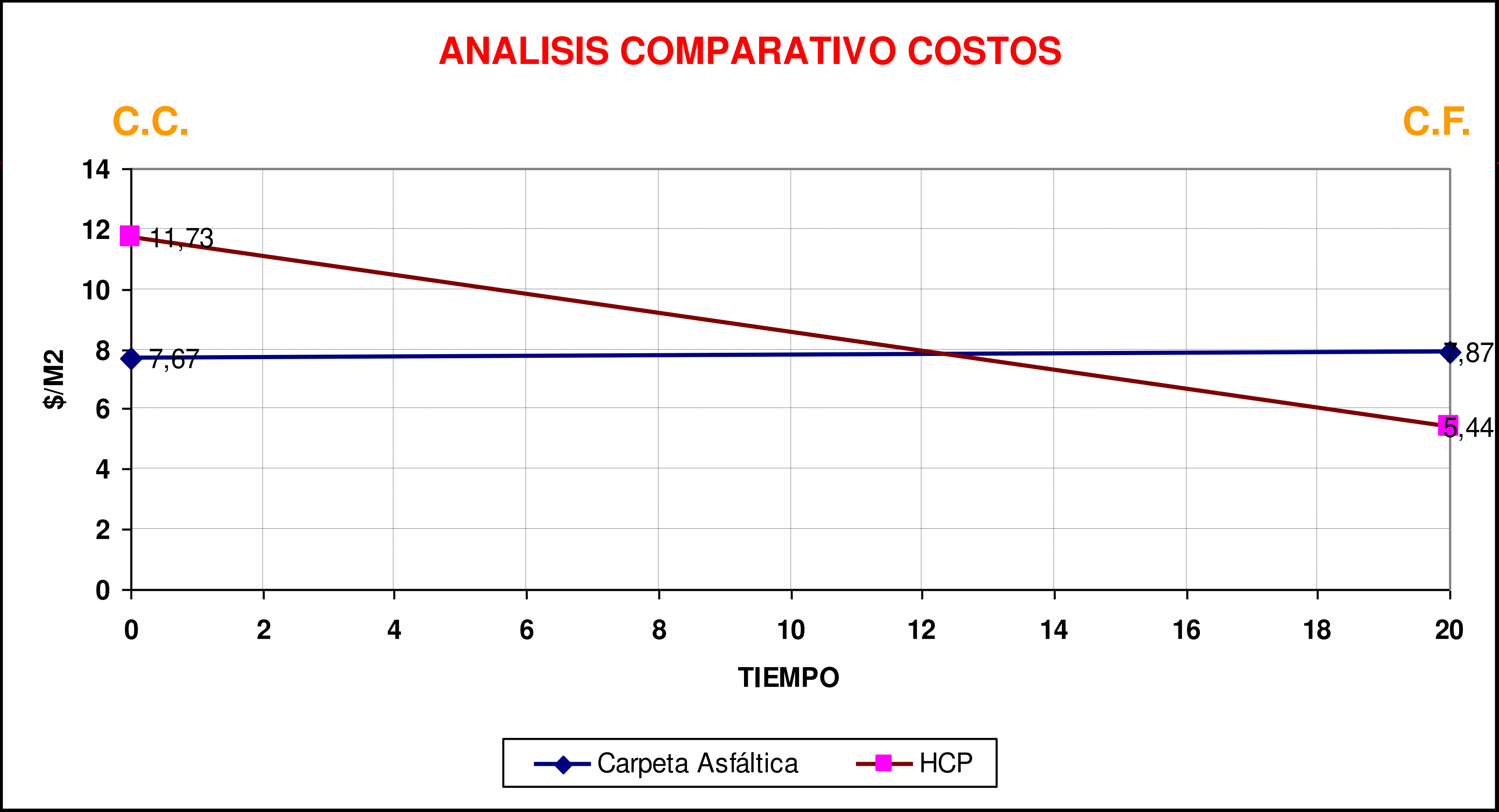

ANALISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE LAS 2 ALTERNATIVAS

Tasa de actualización (%)	7

CAPA RODADURA	Periodo de Diseño	Espesor	Unidad	P. Unitario	C. Unitario	Costo de Construcción	Costo de Mantenimiento	Costo de Reconstrucción	Costo Total	Valor Residual	Costo Final Total
	(Años)	(cm)		US$	por m2 US$/m2	US$/m2 (1)	(US$/m2) (2)	US$/m2 (3)	(1+2+3) US$/m2 (4)	US$/m2 (5)	(4-5) US$/m2 (6)
Carpeta Asfáltica	20	5	m3	153,4	7,67	7,67	0,49	2,78	10,94	3,07	**7,87**
Hormigón Compactado HCP	20	12	m3	97,75	11,73	11,73	0,75	0	12,48	7,04	**5,44**

Análisis Comparativo de Costos de las alternativas propuestas

3.3 Análisis Costo - Beneficio



Análisis comparativo de costos de las 2 alternativas propuestas

3.3 Análisis Costo - Beneficio

b) Desde el punto de vista de sus Beneficios:

Razones por las cuales elegir construir pavimentos de HCP:

1. Más durables
2. Mínimo Mantenimiento
3. Evitan cortes en el tránsito
4. Más seguros
5. Más resistentes
6. Mejor comportamiento sobre bases débiles
7. Flexibilidad en su construcción
8. Ecológico
9. Financiable



CAPITULO 4: DISENO VIAL

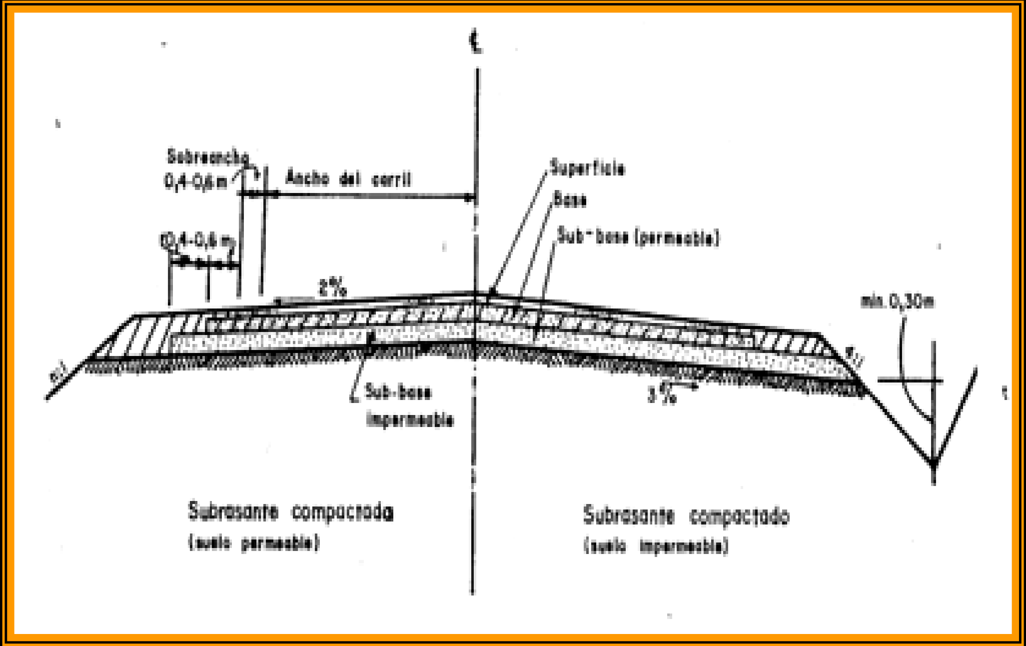
4.1 Sección de la vía

La sección transversal de una carretera es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera

Ancho existente de la vía = 7.0 m

4.1 Sección de la vía

Los elementos que integran y definen la sección transversal son:



Sección típica de una vía

4.2 Curvas Horizontales

Fines generales por los que se hace necesario El uso de curvas horizontales:

- ❑ Topográfico
- ❑ Construcciones existentes
- ❑ Hidráulico
- ❑ Vial
- ❑ Técnico
- ❑ Geométrico

Curva horizontal Abscisa 0 + 000

4.2 Curvas Horizontales

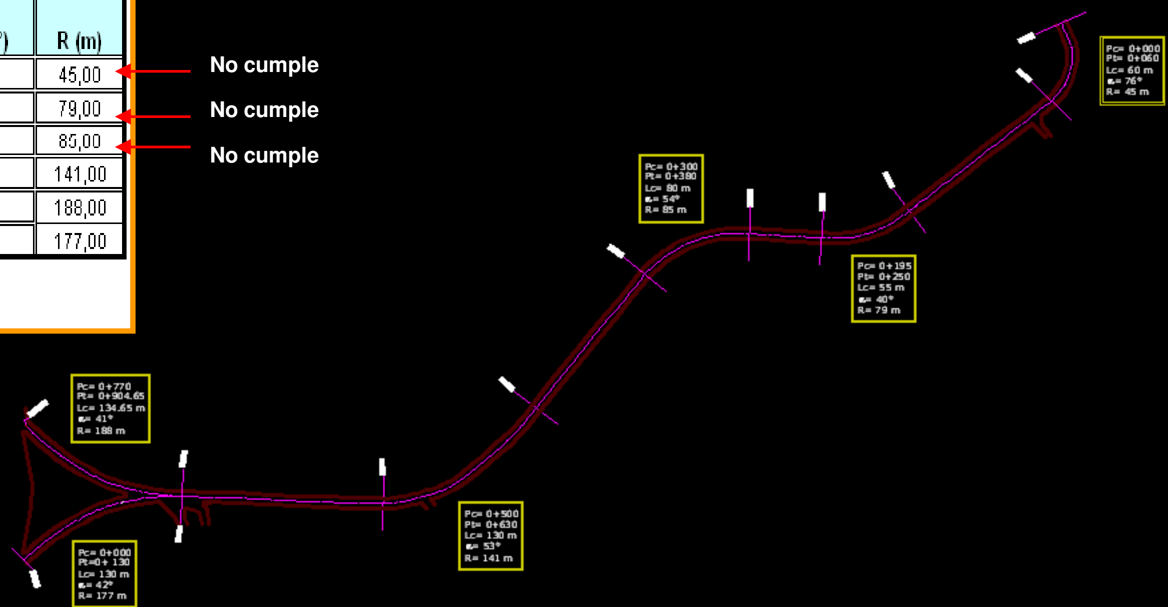
CURVAS HORIZONTALES						
		Abscisa				
No.	Orientación	Pc	Pt	Lc (m)	α (°)	R (m)
1	Derecha	0 + 000	0 + 060	60,00	76	45,00
2	Derecha	0 + 195	0 + 250	55,00	40	79,00
3	Izquierda	0 + 300	0 + 380	80,00	54	85,00
4	Derecha	0 + 500	0 + 630	130,00	53	141,00
5	Derecha	0 + 770	0 + 904.65	134,65	41	188,00
6	Derecha	0 + 000	0 + 130	130,00	42	177,00

Nota:La curva horizontal N° 6 corresponde al tramo 2

No cumple

No cumple

No cumple



Curvas existentes en la vía


4.2 Curvas Horizontales

Radios Mínimos en Curvas Horizontales:

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) recomienda radios mínimos en función de la clase de carretera y el tipo de terreno que presenta la vía, así tenemos:

Clase Carretera	Tipo de Terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
I	440	350	210
II	440	350	210
III	350	210	**115**
IV	280	165	115
V	160	115	115

Especificaciones del MOP
Radios Mínimos recomendados



Gradientes longitudinales Máximos:

Ver Plano

Los gradientes longitudinales dependen directamente de la topografía del terreno y sus valores tienen que ser bajos en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos.

$$\textit{Gradiente Máximo Recomendado} = 7\%$$

Clase Vía	Tipo de Terreno: Llano	Ondulado	Montañoso
I	3	4	6
II	3	4	6
III	3	5	7
IV	4	6	8
V	4	6	8

Especificaciones MOP - Gradientes Máximos (%)

TANGENTES			
No.	m (%)	Abscisa: Pc	Pt
m1	+ 2.00 %	0 + 000	0 + 047
m2	+ 12.00 %	0 + 047	0 + 200
m3	+ 5.50 %	0 + 200	0 + 435
m4	- 4.70 %	0 + 435	0 + 603
m5	- 10.50 %	0 + 603	0 + 783
m6	- 6.00 %	0 + 783	0 + 842
m7	- 1.00 %	0 + 842	0 + 904.65

Pendientes en curvas verticales existentes

Longitud Crítica:

Es aquella longitud de vía que origina una reducción de la velocidad de los vehículos pesados en 25 Km/h., en este momento se debe disminuir la pendiente para que el vehículo recupere su velocidad normal.

Gradiente (%)	3	4	5	6	7	8	9
Longitud Crítica (m)	500	330	240	160	150	125	100

Especificaciones MOP - Longitud Crítica (m)

CURVAS VERTICALES		
No.	Tipo	Lcv (m)
1	Cóncava	78,00
2	Convexa	65,00
3	Convexa	150,00
4	Convexa	60,00
5	Cóncava	50,00
6	Cóncava	60,00



4.4 Peraltes

Es la inclinación transversal, en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por un alineamiento en curva. Dicha acción está contrarrestada también por el rozamiento entre ruedas y pavimento.

La fuerza centrífuga "F" se calcula según la siguiente fórmula:

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{P * V^2}{g\,R}$$

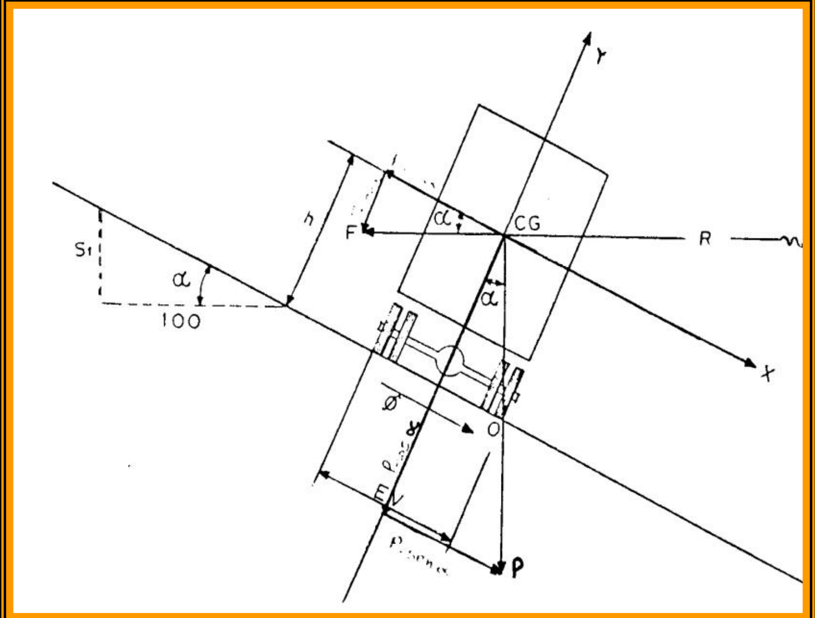
Donde:

P = Peso del vehículo, Kg.

V = Velocidad de diseño, m/seg.

g = Aceleración de la gravedad.

R = Radio de la curva circular, m.



Estabilidad del vehículo en las curvas

4.4 Peraltes

La fórmula para el cálculo del peralte es la siguiente:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro de ancho de la calzada).
V = Velocidad de diseño, Km/h.
R = Radio de la curva, m.

f = Máximo coeficiente de fricción lateral

4.4 Peraltes

Debido a la fricción desarrollada entre las llantas del vehículo y la calzada, el MOP recomienda máximos valores de coeficiente de fricción lateral "f" en función de la velocidad de diseño Vd. que presenta la vía como se muestra, además el MOP también recomienda un porcentaje de gradiente longitudinal "i" en función de la Velocidad de Diseño "Vd", así:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Vd (Km/h)	f máx
40	0.165
50	0.159
60	0.152
70	0.146
80	0.140
90	0.134
100	0.127
110	0.121
120	0.115

Especificaciones MOP - Coeficientes de fricción lateral

Donde:

V = 60 Km/h
F = 0.152
R = 45 m

e = 47.79 %

4.4 Peraltes

Velocidad de diseño (Km/h)	Peralte máximo recomendado (e)	Fricción lateral (f máx)	Factor e + f	Radio Mínimo (m)	
				Calculado	Redondeado
40	0.10	0.1650	0.2650	47.54	50.00
50	0.10	0.1588	0.2588	76.06	80.00
60	0.10	0.1524	0.2524	112.31	115.00
70	0.10	0.1462	0.2462	156.71	160.00
80	0.10	0.1400	0.2400	209.97	210.00
90	0.10	0.1337	0.2337	272.91	275.00
100	0.10	0.1274	0.2274	346.26	350.00
110	0.10	0.1211	0.2211	430.92	435.00

Radios Mínimos Absolutos recomendados - MOP


Resultados:

Curva Horizontal	Orientación	Pc	Pt	Vd (Km/h)	R	f	e calculado (%)	e máx (%)	e diseño (%)
1	Derecha	0 + 000	0 + 060	60	45.00	0.152	47.79	10.00	**10.00**
2	Derecha	0 + 195	0 + 250	60	79.00	0.152	20.68	10.00	**10.00**
3	Izquierda	0 + 300	0 + 380	60	85.00	0.152	18.15	10.00	**10.00**
4	Derecha	0 + 500	0 + 630	60	141.00	0.152	4.90	10.00	**10.00**
5	Derecha	0 + 770	0 + 904.65	60	186.00	0.152	0.04	10.00	**3.50**
6	Derecha	0 + 000	0 + 130	60	177.00	0.152	0.81	10.00	**3.50**

Peraltes calculados, peraltes máximos y peraltes de diseño



4.5 Espaldones

Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un mayor ancho que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril, por lo que se hace necesario proporcionar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente.

Tipo Carretera	Berma (m)
I	2.00 - 2.50
II	1.50 - 2.00
III	1.00 - 1.50
IV	0.50 - 1.00
V	0.50

Ancho de espaldón existente = 2,50 m

Ancho de las bermas en función del tipo de carretera

CAPITULO 5: OBRAS COMPLEMENTARIAS

5.1 Obras de Estructuras de Drenaje

Generalidades:

Las obras complementarias constituidas para el drenaje de la vía, son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad proveniente de las precipitaciones pluviales que ocasionan las escorrentías superficiales y subterráneas por infiltración.

Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- Proporcionar la salida del agua superficial que se acumula en el camino.
- Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- Evitar que el agua provoque daños estructurales en el pavimento.

Tipos de Estructuras para Drenaje:

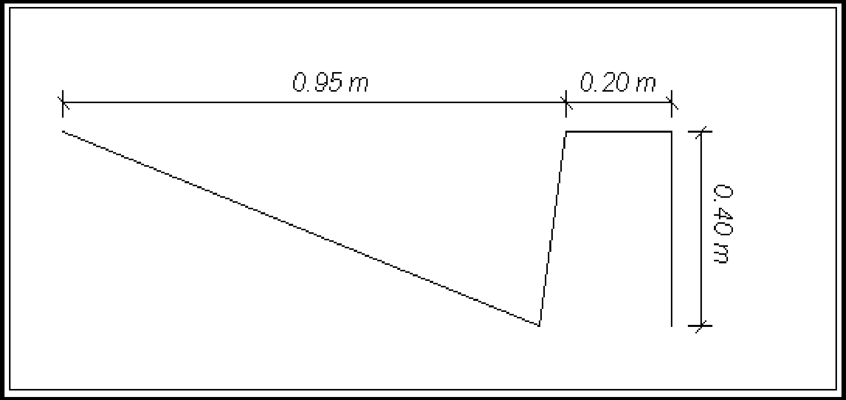
- Alcantarillas
- Cunetas
- Cunetas de coronación
- Bombeo de la sección
- Sub-drenes


5.1.1 Cunetas

Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños.

Su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

Pueden ser construidos con mampostería, hormigón ciclópeo u hormigón simple.



Sección del bordillo- cuneta existente

Verificación de sección de cuneta existente :

INFORMACION CUNETA EXISTENTE			
1.- Ubicación y Cotas			
Inicio cuneta	0 +080	Fin cuneta	0 + 270
Cota Inicio	84 m.s.n.m	Cota Fin	102 m.s.n.m
Pendiente (s)			0,095
2.- Características geométricas			
Area mojada (A)	0,19 m2	Perímetro mojado (P)	2,34 m
3.- Características físicas			
Material	H°S°	Coeficiente de rugosidad (n)	0,013

Información Técnica de cuneta existente

Máximo Caudal permisible de cuneta existente

La ecuación de Manning permite calcular el máximo caudal “Q “de la cuneta existente mediante la siguiente expresión:

$$Q = A\left(\frac{1}{n}\right)R^{2/3}\ S^{1/2}$$

$$Q = 0.19\left(\frac{1}{0.013}\right)0.08^{2/3}\ 0.095^{1/2}$$

$$Q = 0.84\ m^3/s \therefore 840\ Lts/s$$

Donde:

Q: Caudal (m3/s)

A: Área mojada (m2)

n: Coeficiente de rugosidad material

R: Radio hidráulico = A/P (m)

S: Pendiente del canal

5.1 Obras de Estructuras de Drenaje

Diseño de cuneta: Método Racional

La ecuación del caudal de diseño es:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$ en (m3/seg.)

Donde:

C = es el coeficiente de escurrimiento que expresa la relación entre la cantidad de agua que escurre por el terreno y la que cae sobre el, es decir el porcentaje de impermeabilidad del área.

I = intensidad máxima de precipitación fluvial que puede caer sobre toda la cuenca durante el tiempo de concentración, expresada en milímetros por hora

A = es el área de la cuenca aguas arriba del sitio en el que estará ubicada la estructura de drenaje propuesta, expresada en hectárea


Intensidades:

$$i = \frac{\text{Precipitación } [mm]}{\text{Duración de la precipitación } [h]}$$

De la tabla mostrada se tiene que la máxima precipitación es 1975 mm, la misma que fue registrada en el mes de mayo del año 1998, en un periodo máximo de 24 horas, por lo tanto:

$$i = \frac{1975\,mm}{24\,h}$$

$$\boxed{i = 82.29\,mm/h}$$

REGISTRO HISTORICO DE LA PLUVIOSIDAD MAXIMA EN 24 HORAS. EN mm
AEROPUERTO " SIMON BOLIVAR "
GUAYAQUIL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ΣT	Promedio
1962	49.9	53.9	34.2	21.2	39.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**199.0**	**16.6**
1963	22.4	50.7	42.5	27.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**146.6**	**12.2**
1964	34.9	19.9	37.1	47.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**139.6**	**11.6**
1965	50.4	38.1	55.6	52.7	41.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**237.9**	**19.8**
1966	125.3	34.5	34.2	9.9	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**212.8**	**17.7**
1967	51.8	85.3	50.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**187.2**	**15.6**
1968	34.0	91.7	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**188.7**	**15.7**
1969	29.2	16.9	95.4	60.8	15.7	124.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**342.7**	**28.6**
1970													**0.0**	**0.0**
1971	40.8	38.8	43.9	86.4	7.6	3.7			1.6		0.6	0.5	**223.9**	**18.7**
1972													**0.0**	**0.0**
1973													**0.0**	**0.0**
1974													**0.0**	**0.0**
1975	91.3	121.4	75.1	41.7	1.0	2.8	1.1	0.7	13.0	8.4	1.4	1.2	**359.1**	**29.9**
1976	115.1	105.5	72.1	47.9	113.5	9.2	0.3	0.0				61.0	**524.6**	**43.7**
1977	33.1	70.0	64.3	26.2		0.4	0.7		18.1	0.9		2.8	**216.5**	**18.0**
1978	35.9	59.5	55.1	38.6	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**209.1**	**17.4**
1979	25.4	18.2	30.0	88.6	13.1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**175.3**	**14.6**
1980	43.3	23.4	49.6	108.5	12.3	0.0	0.0		0.0	0.4	0.2	1.2	**238.9**	**19.9**
1981	40.6	95.7	67.3	36.5	0.2		0.2		0.0			23.6	**264.1**	**22.0**
1982	55.5	17.7	3.8	6.7	7.3			0.0	0.4	4.8	30.4	55.8	**182.4**	**15.2**
1983	55.3	126.0	149.3	158.2	164.4	111.6	51.3	12.2	6.2	2.3	0.5	26.4	**863.7**	**72.0**
1984	6.1	80.5	40.7	42.9	16.3	1.5	0.1	0.0	0.3	0.5		9.7	**198.6**	**16.6**
1985	34.7	31.2	34.0	11.5	3.0		0.0					6.5	**120.9**	**10.1**
1986	60.4	29.7	18.1	110.1	1.6	0.0	0.0			4.7	0.3	29.7	**254.6**	**21.2**
1987	57.3	97.4	104.0	72.1	20.3	3.0	0.4	1.3	0.4	0.8		16.4	**373.4**	**31.1**
1988	117.1	58.0	3.6	92.4	13.4		0.3	0.0			0.6	18.0	**303.4**	**25.3**
1989	120.6	73.6	113.8	33.6	1.1	3.2				1.4	0.5	0.0	**347.8**	**29.0**
1990	19.6	52.8	87.9	33.4	2.0	13.1	0.0		0.0	2.3	0.0	11.6	**222.7**	**18.6**
1991	68.2	76.2	118.2	5.4	15.6	1.6	0.3		0.0		0.8	15.4	**301.7**	**25.1**
1992	78.6	32.5	113.6	99.9	34.7	35.7	2.2	0.2	0.0		0.1	5.8	**403.3**	**33.6**
1993	47.4	79.4	82.4	72.7	91.2	0.4			0.0			35.3	**408.8**	**34.1**
1994	43.1	50.2	60.3	49.2	12.4	4.3	0.0		0.0	0.3	0.4	121.4	**341.6**	**28.5**
1995	47.0	69.4	47.0	30.2	5.7	0.9	3.0	0.0	0.2	0.2	1.4	1.4	**206.4**	**17.2**
1996	39.6	73.2	47.9	35.9	0.4		0.0	0.0	0.5	0.4	0.5	7.4	**205.8**	**17.2**
1997	31.0	70.7	154.4	50.3	121.1	15.6	64.2	1.7	5.6	47.0	169.2	185.7	**916.5**	**76.4**
1998	392.2	785.1	905.8	1147.3	1975.0	68.7	7.5	0.0				1.5	**5283.1**	**440.3**
1999	85.3	362.1	277.5	157.7	11.7	1.7	0.0	0.0	1.7	0.2	0.3	60.1	**958.3**	**79.9**
2000	59.0	198.6	347.1	243.8	175.9	8.5	0.0	0.0	0.5	0.0	5.2	1.4	**1040.0**	**86.7**
ΣT	**2241.4**	**3287.8**	**3578.9**	**3147.1**	**2950.2**	**410.6**	**131.6**	**16.1**	**46.3**	**74.4**	**206.9**	**699.8**	**16791.1**	**1399.3**

Registro Histórico Pluviosidad Máxima en Guayaquil (mm)


Coeficiente de Escorrentía: “ C “

$$Coeficiente\ de\ escurrimiento = 0.85$$

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q = \frac{0.85 * 82.29 * 2.0}{360}$$

$$Q = 0.388\, m3/s \therefore 388\, Lts/s$$ < **840 Lt/s** **OK !!**

Tipo de área drenaje	Mínimo	Máximo
Pavimento hormigón o asfalto	0.75	0.95
Zonas comerciales	0.60	0.80
Zonas residenciales	0.35	0.70
Áreas rurales, parques en césped	0.15	0.30
Arena con poca vegetación	0.15	0.30
Arena bajo bosques o matorrales espesos	0.15	0.30
Grava con escasa vegetación	0.20	0.40
Grava bajo bosques o matorrales espesos	0.15	0.35
Arcilla con escasa vegetación	0.35	0.75
Arcilla bajo abundante vegetación	0.25	0.60

Coeficientes de escorrentía para diferentes tipos de materiales



CAPITULO 6: ESTUDIOS Y DISEÑO PARA REUBICACIÓN DE TUBERIA DE AAPP EXISTENTE

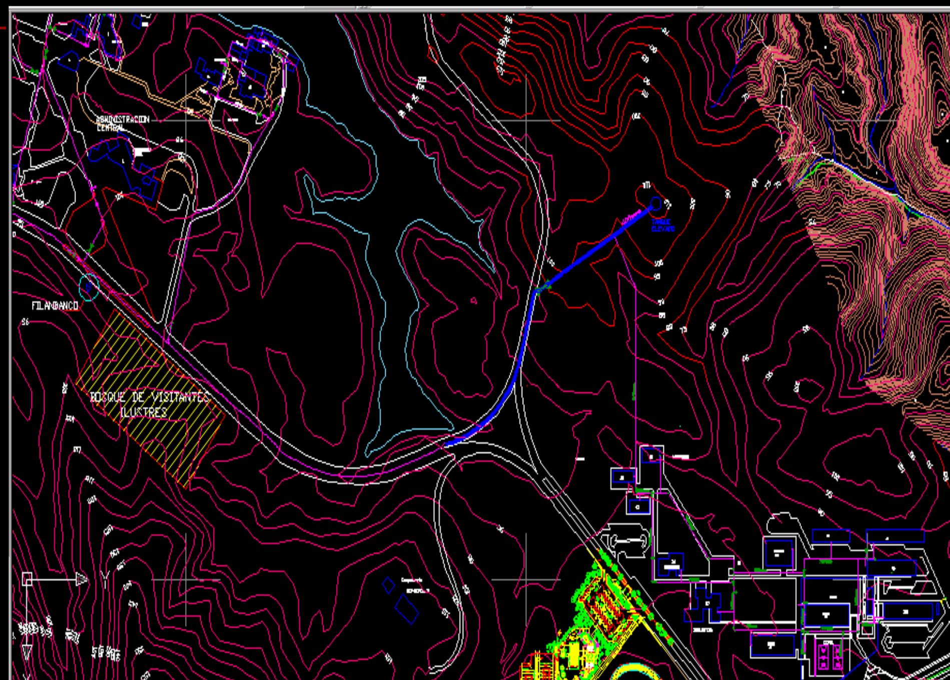
3.1 Trazado actual de la red

Diámetro = 400 mm

Longitud = 380 m

Profundidad = 1.80 m

Material: PVC



V = 1200 m3

H = 20.0 m

Cota = 110.0 m

Dotación

Para el cálculo del caudal se debe considerar las siguientes dotaciones que dependen del grado de desarrollo de la población y del factor climático así como también de la calidad del mismo, establecidas por la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental

Zonas rurales	**120 Lts/hab./día**
Hasta 20000 habitantes	200 Lts/hab./día
Hasta 50000 habitantes	250 Lts/hab./día
Mas de 50000 habitantes	300 Lts/hab./día

Tabla 3.2.1.1. Dotaciones establecidas por la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental


Caudal

Para el desarrollo de éste estudio se debe adoptar una dotación de 120 Lts./hab./día correspondiente a zonas rurales. La ecuación para el cálculo del caudal promedio diario en (lt / seg.) es:

$$Q = \frac{2\ x\ Dotación\ x\ Habitantes}{86400}$$

Donde:

$$Dotación = 120 Lts / hab / día$$

$$Número\ de\ Habitantes = 7055\ (Sector\ Ingenierías)$$

$$Número\ de\ Habitantes = 387\ (Sector\ Tecnologías)$$

Suman un total de habitantes existente = 7442 hab.


Población Futura

$$Pf = Pa(1+i)^n$$

Donde:

Pf: Población futura

Pa: Población actual

i: Tasa de crecimiento = 8%

n: Numero de años proyectados

Población futura para 20 años = 34687 hab.

Caudal Proyectado

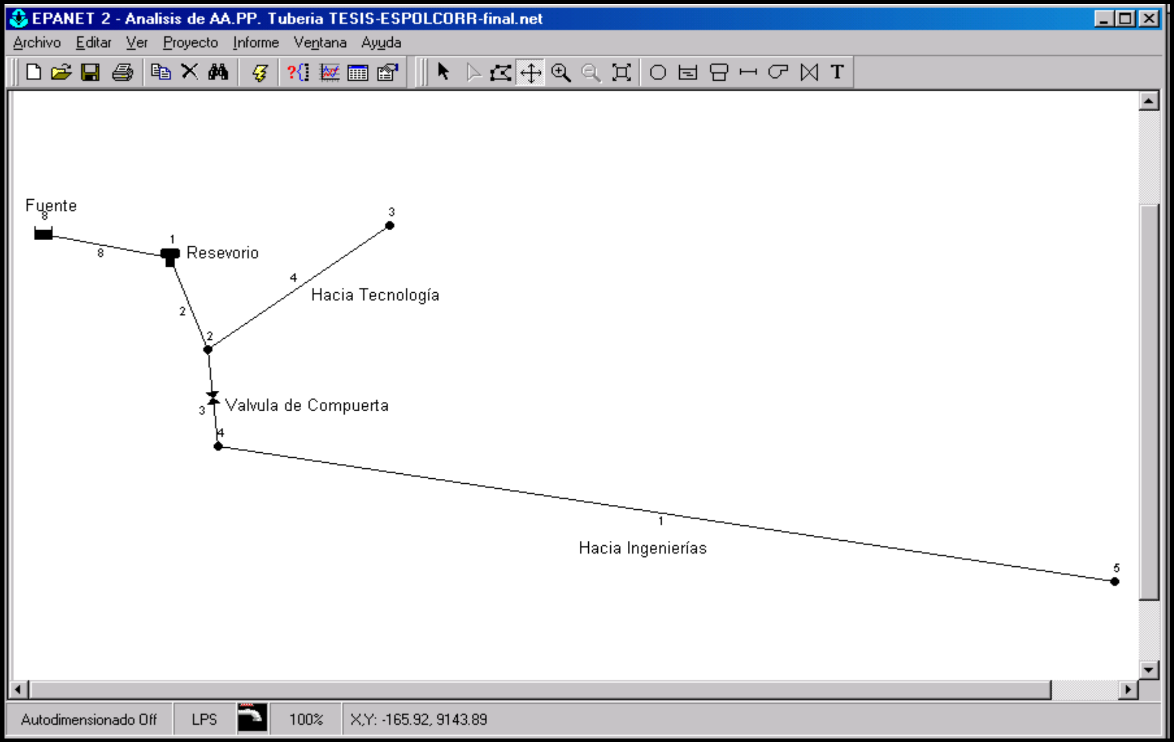
$$Q = \frac{2\ x\ Dotación\ x\ Habitantes}{86400}$$

$$Q = \frac{2\ x\ 120\ x\ 41708}{86400}$$

Q = 101.35 Lt/s


Presión

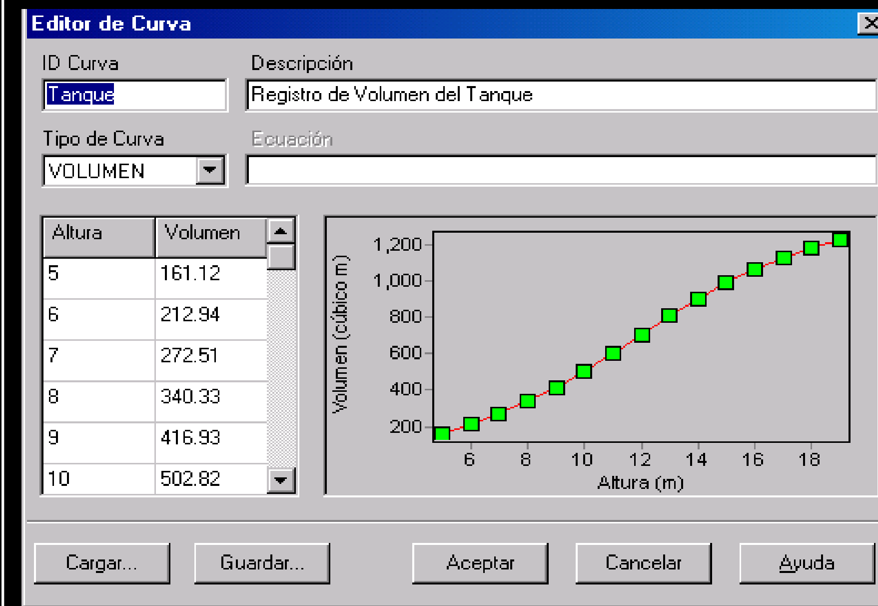
Simulación en EPANET:

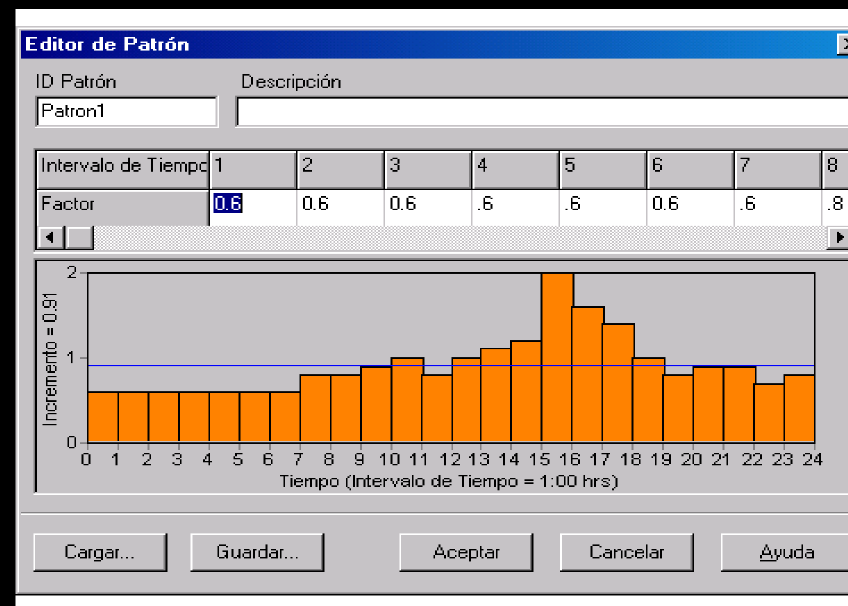


Presión

Simulación en EPANET:

Datos de entrada:





Presión

Simulación en EPANET:

Resultados de la Simulación:

Tabla de Red - Nudos en 0:00 Hrs

ID Nudo	Elevación m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conex 5	80	11.76	129.99	49.99
Conex 3	82	1.05	130.00	48.00
Conex 4	93	0.00	130.00	37.00
Conex 2	100	0.00	130.00	30.00

Presiones resultantes en los nodos

Diámetro

Para determinar si el diámetro satisface las condiciones hidráulicas, utilizamos la ecuación de Hazen-Williams dada por:

$$D = (Q / 0.2785 * C * J^{0.54})^{1/2.63}$$

Donde:
D = diámetro de la tubería en metros
Q = caudal (m3/s)
C = coeficiente de rugosidad del material = 150 (PVC)
J = perdida de carga unitaria en el tramo (m/m) = 0.010 m/m

D = 0.274 m = 315 mm (diámetro comercial)

D existente = 400mm **OK**

Velocidad de Flujo

Este parámetro esta ligado al caudal que conduce la tubería y que deben estar en el rango de los límites de velocidades máximos y mínimos, que según la norma son:

- Velocidad Mínima = 0.6 m/seg.
- Velocidad Máxima = 2.0 m/seg.

Para determinar la velocidad de flujo en la tubería utilizaremos la formula de Manning para secciones llenas dada por:

$$V = \frac{0.397 \ x \ D^{2/3} \ x \ S^{1/2}}{n}$$

Donde:
V = velocidad en la tubería (m/s)
D = diámetro de tubería (m)
S = pendiente de la tubería que se asume es la del terreno (m/m)
n = coeficiente de rugosidad recomendable para PVC = 0.011


Velocidad de Flujo

Por lo tanto:

$$V = \frac{0.397\ x\ 0.4^{2/3}\ \ x\ 0.010^{1/2}}{0.011}$$

V = 1.95 m/s **OK**

Por tanto la velocidad esta dentro de los rangos permisibles.



Problemas:

Por informe del personal de Mantenimiento ESPOL el tramo en mención de tubería de AAPP presenta los siguientes problemas:

1.- Fugas de agua se presentan como afloramientos en las partes bajas de la vía (bifurcación)

2.- Roturas a lo largo del tramo de tubería de AAPP en mención

Causas:

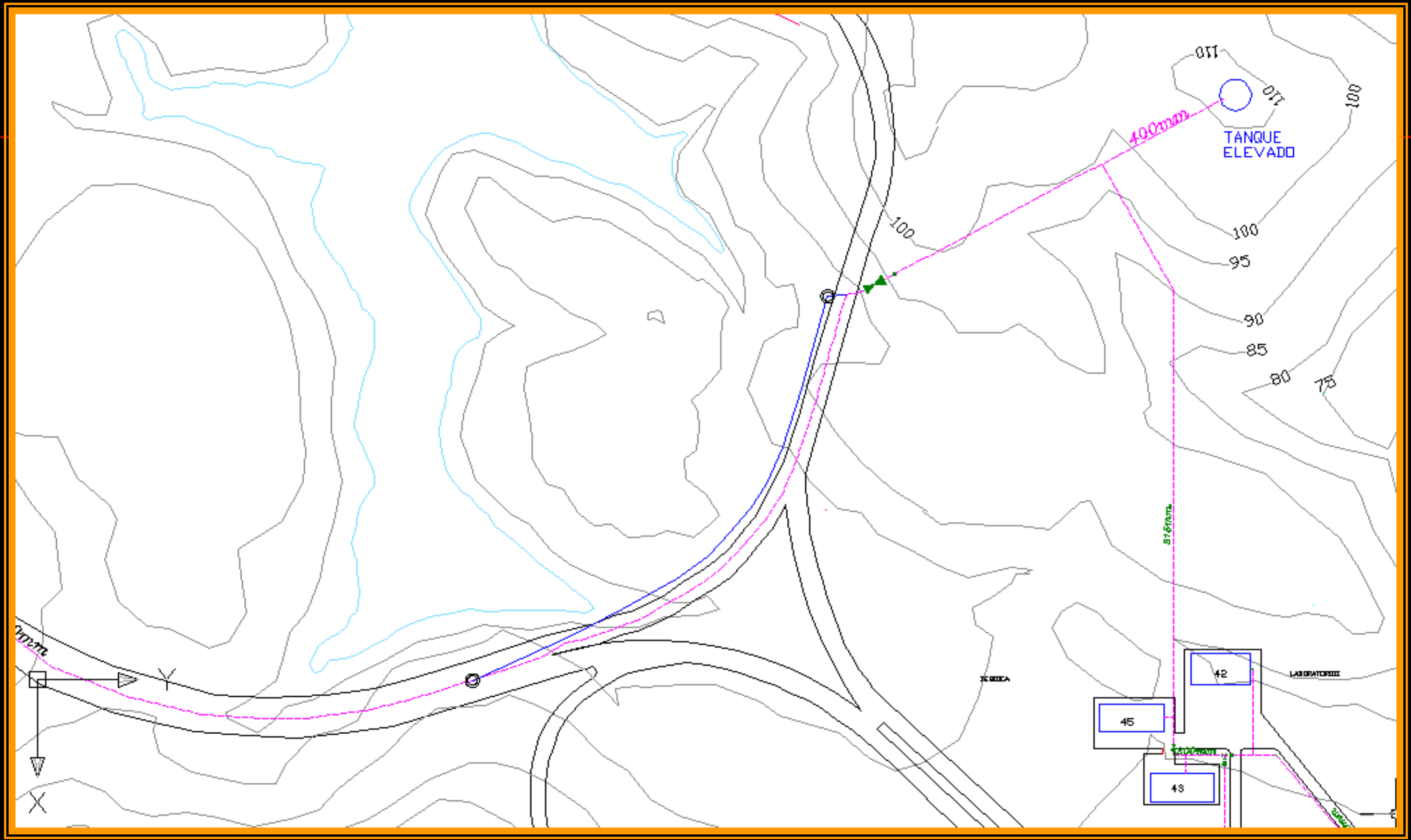
1.- La tubería de AAPP no se asienta sobre cama de arena alguna, sino que se apoya directamente sobre la capa de agregados, los mismos que actúan como cuñas en la tubería de PVC.

2.- Procedimientos constructivos no adecuados

3.- Inexistencia de válvulas disipadoras de presión



3.4 Propuesta

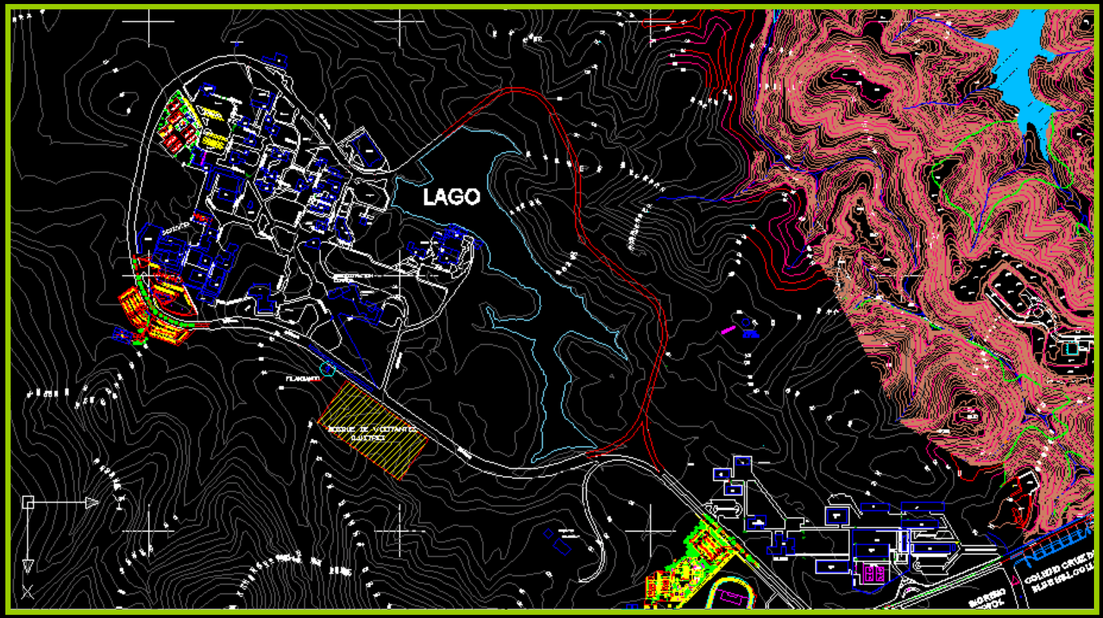


Nuevo trazado de tubería

CAPITULO 7: ESTUDIOS IMPACTO AMBIENTAL

7.1 Mitigación y Evaluación

Un impacto ambiental, es todo cambio neto, positivo o negativo, que se produce con el desarrollo de una actividad de un proyecto o instalación, y la Evaluación de Impactos constituye un pronóstico de los cambios sobre el medio ambiente que se producirán por las actividades a realizarse como resultado de una acción de desarrollo a ejecutarse, sin embargo; constituye también una herramienta de comprobación de impactos producidos una vez rehabilitado la vía y cuando las actividades ya se están desarrollando en el medio.



Área de influencia de la vía de estudio

7.1 Mitigación y Evaluación

Identificación de los Posibles Impactos

A continuación se expresa la lista de chequeo utilizada en la evaluación ambiental del proyecto: Rehabilitación de la vía “Lago – Intersección con vía principal de la ESPOL”.

Acciones del Proyecto:

- Emanaciones de polvo
- Ruido e introducción de maquinaria.
- Corte y Relleno
- Limpieza y Desbroce
- Campamento Provisional
- Reconstrucción de vía
- Construcción de obras de drenaje


7.1 Mitigación y Evaluación

Identificación de Impactos Potenciales:

Fase de Reconstrucción

Impactos Negativos:

* Movimiento de tierra.
* Generación de polvo y ruido.
* Reconstrucción del pavimento.
* Transporte, manejo y almacenamiento de materiales tóxicos y nocivos.

Impactos Positivos:

* Buena aceptación social.
* Darle un mejor acabado y estética a la vía.
* Generar futuras proyectos de infraestructuras físicas en la ESPOL.


7.1 Mitigación y Evaluación

Identificación de Impactos Potenciales:

❑ Fase de Operación

Este caso hace referencia a la operación de la vía una vez rehabilitada.

Impactos Negativos

* Incremento de riesgos personales y vehiculares.
* Incremento en los riesgos por accidentes debido a la velocidad que alcanzaran los vehículos.

Impactos Positivos

* Generación de Continuidad en el flujo vehicular normal de la vía.
* Ahorro en tiempo a los destinos de los potenciales usuarios de la vía- a los sectores de: FICT. FIEC, FIMCP y CEMA, entre otros.
* Aumento en la productividad de los sectores en desarrollos de proyectos
* Atracción turística.



7.2 Recomendaciones y Conclusiones Ambientales

Recomendaciones para la Fase de Construcción:

Las recomendaciones siguientes están dirigidas para el constructor y al fiscalizador:

- Establecer un horario fijo para el acarreo y el suministro de materiales de construcción que impliquen el uso de equipos pesados, sobre todo el la parte urbana del proyecto. Se recomienda las primeras horas de la mañana, hasta máximo 08H00.

- Es necesario prever la disponibilidad suficiente de agua para la construcción, para lo cual se deberá instalar un número suficiente de tanques de reserva, para la eventualidad de escasez de agua en el sector.

Se recomienda para evitar despliegue excesivo de polvo, ruidos, olores y demás molestias causadas por el proceso de construcción, seguir y cumplir las siguientes medidas:

- Los camiones de transporte deberán cubrir el material de desalojo, el material pétreo y otros, con lonas para evitar su caída en la carretera.

- La basura deberá ser colocada en recipientes fijos para su evacuación diaria.

- En el caso de despliegue excesivo de polvo, se humedecerá para su respectivo control, ya sea durante el transporte o en el proceso constructivo.


7.2 Recomendaciones y Conclusiones Ambientales

Recomendaciones para la Fase de Operación y Mantenimiento:

Las recomendaciones están dirigidas a la entidad contratante, y a la o las instituciones públicas o privadas que se le asigne la tarea de operación y mantenimiento y son las siguientes:

- Revisión periódica de la vía de acceso principal y la respectiva limpieza de las obras de arte y drenajes, para que siga ofreciendo las seguridades debidas.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1. Se justifica la rehabilitación de la vía de proyecto por las condiciones actuales que presenta y el crecimiento estudiantil de la última década.
2. La rehabilitación de la vía contribuye al desarrollo de las infraestructuras viales en el Campus Politécnico, así como al mejoramiento paisajístico de su entorno.
3. Las curvas horizontales no presentan peraltes por lo que fue necesario su cálculo y diseño.
4. La alternativa del HCP resulta más ventajosa que el Hormigón Asfáltico desde el punto de vista de su costo y de sus beneficios.
5. Las secciones de las obras de drenaje resultan hidráulicamente satisfactoria para el drenaje de las precipitaciones pluviales..
6. Las fugas de agua se presentan a lo largo del tramo de la tubería por procedimientos constructivos no adecuados y expansión del suelo.
7. La tubería de AAPP no presenta caídas de presiones y la velocidad del flujo se encuentra dentro del rango permisible.
8. El diámetro de la tubería AAPP satisface el consumo de la población estudiantil.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES:

1. Aprovechar las propiedades mecánicas y ventajas económicas que presenta el HCP al diseñar capas de rodadura.

2. Ubicar señales de tránsito al ingreso de las curvas horizontales 1, 2 y 3 debido al alto riesgo que presentan.

3. Implementar barandas metálicas de seguridad en los tramos de vía que se consideren de potencial peligro de accidentes.

4. Mantener siempre claramente visible las señales de tránsito para los conductores.

5. Reubicar la Tubería de AAPP en el espaldón derecho de la vía para facilitar su mantenimiento en el futuro, evitando así destruir la nueva capa de rodadura.

POR SU ATENCION...

MUCHAS GRACIAS!!