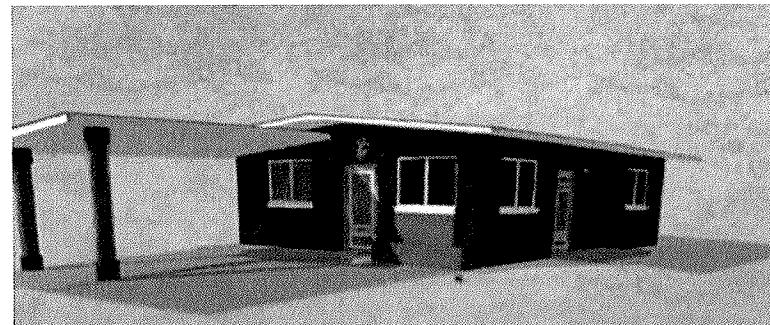
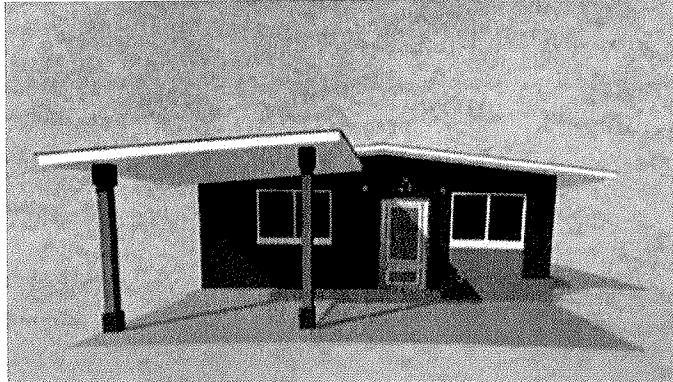
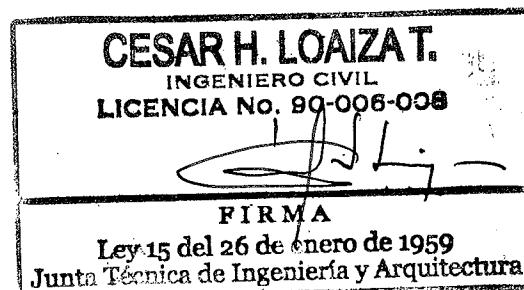


DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE



Casas Campestres Villa Sofía

Elaborado por:
Ing. César Loaiza



Diciembre 2019

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN.....	2
DESCRIPCIÓN DEL PROYECO.....	2
DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	2
Estimaciones de E_{sal}	3
Factor de Diseño.....	4
Definición de Variables de Diseño	4
Característica Estructural del Pavimento	8
CÁLCULO DE DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTO	9
DETALLES CONSTRUCTIVOS.....	13

INTRODUCCIÓN

Este estudio y diseño de pavimentos flexible tiene la finalidad de analizar y dictaminar el diseño de pavimento adecuado para el proyecto en base a las condiciones de uso de la barriada y a una estimación de posible tráfico a futuro.

El diseño se contemplará para una vida útil de 15 años y se utilizará lo establecido por el método AASHTO de 1993 y sus parámetros pertinentes para el diseño de pavimento flexible.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto Casas Campestres Villa Sofía es un desarrollo urbanístico de norma residencial, localizado en la provincia de Coclé, Distrito de Penonomé, corregimiento de Río Grande. El proyecto constará de 10 casas en un lote de aproximadamente 9,800 m² de área.

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

El estudio determinó el tráfico existente en el área próxima al proyecto y la relacionó con la generación esperada del sector que utilizará la carretera proyectada; para así obtener el numero acumulado de repeticiones de carga de eje equivalente de 8.2 toneladas, dato necesario para el diseño de la estructura del pavimento.

Esta información parte de las variables para la determinación de las características de diseño de pavimentos, para estos cálculos se ha considerado autos livianos, microbuses, bus grande, camiones tipo C3, T2-S1, T2-S2.

Tabla 1. Cantidad de Vehículos.

Cantidad % de Composición	Clasificación de Vehículos							Total
	Livianos	Micro Bus	Bus Grande	C2	C3	T2S1		
	1235	185	95	49	41	28	1,633	
	75.63%	11.33%	5.82%	3.00%	2.51%	1.71%		

Estimaciones de E_{sal}

Con datos proporcionados del tránsito de diseño se determinó el numero acumulado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas, el cual lo obtendremos por la fórmula:

$$E_{sal} = 365 * Fd * \sum FD * IMDA * \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

En donde:

F_d= Factor Direccional

FD = Factor Destructivo del tipo de vehículo

IMDA = Índice Medio Diario Anual del Tipo de Vehículo

R = Tasa de Crecimiento promedio anual

r = Período de diseño en años

los factores de Ejes estándar de carga Equivalente (18 Kips), F_{E_{sal}}, se han estimado a base de registros de pesos por ejes de los camiones en las estaciones de pesaje de la chorrera y para los vehículos pequeños en base a pesos especificados por los fabricantes.

En la siguiente tabla se muestran factores destructivos del tipo de Vehículo:

Tabla 2. Factores de Equivalencia de E_{sal} para pavimentos flexibles.

	Livianos	Micro Bus	Bus Grande
F _{E_{sal}} (Flexible)	0.00002	0.21	0.3862

Tabla 3. Valores para E_{sal} de Diseño.

ESAL Total por Carril		
Parámetro	Flexible	Rígido
Periodo de Constr (Años)	1	1
Periodo Diseño (Años)	15.00	20.00
Tasa anual de Crec. (%)	2.50	2.50
Factor de Acumulación	18.38	26.18
Factor de Carril (L)	1.00	1.00
ESAL año base	730	778
ESAL Total por Carril	13 415	20 381

Factor de Diseño

La norma AASHTO 93 muestra la metodología para el diseño de pavimentos flexibles, la cual dimensiona la estructura del pavimento en función al número de ejes equivalentes en un periodo de diseño, numero estructural, perdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia.

En donde la ecuación de diseño para pavimentos flexibles es:

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

Donde:

W_{18} = Número de pasadas de un eje estándar sencillo de 18 kips

Z_R = Variable asociada a la confiabilidad del diseño

S_o = Desviación Estándar para todos los factores de diseño

SN = Número Estructural del Pavimento

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicios en el periodo de diseño

M_R = Módulo de recuperación elástica del suelo estimado como 1500 veces el CBR ($CBR \leq 10$)

Definición de Variables de Diseño

Período de Diseño:

Contemplaremos un periodo de diseño de 15 años para este pavimento.

Tráfico:

Número de pasadas de un eje equivalente de 8.2 toneladas

Para este proyecto se está considerando un EsAL, en un periodo de 15 años obtenidos del Análisis de tráfico.

Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad para este diseño será de 90% conforme a la siguiente tabla obtenida del Manual AASHTO 93.

Tabla 4. Niveles de Confiabilidad.

Clasificación Funcional	Niveles de Confiabilidad	
	Urbano	Rural
Autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	-80

Manteniendo los parámetros establecidos por la Norma AASHTO, proseguimos a determinar la Desviación Estándar Norma (Z_R) en base al valor de confiabilidad dando así el valor de -1.282 como la Desviación Estándar Normal (Z_R).

Tabla 5. Desviación Estándar Normal (Z_R).

Confiabilidad, R, en porcentaje	Desviación estándar normal, Z _R
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal (Z _R)
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405

Para la desviación Estándar Total se utilizó un valor promedio de 0.45 en conformidad al rango establecido por el manual AASHTO93:

0.40 – 0.50 Pavimentos Flexibles

Criterios de Comportamientos:

La medida primaria de la servicialidad es el índice de Servicialidad Presente (PSI – Present Servability Index), se tomó un valor de 2.0 para índice de servicialidad terminal (P_f) y un valor de 4.2 para un índice de servicialidad inicial (P_o).

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_f = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

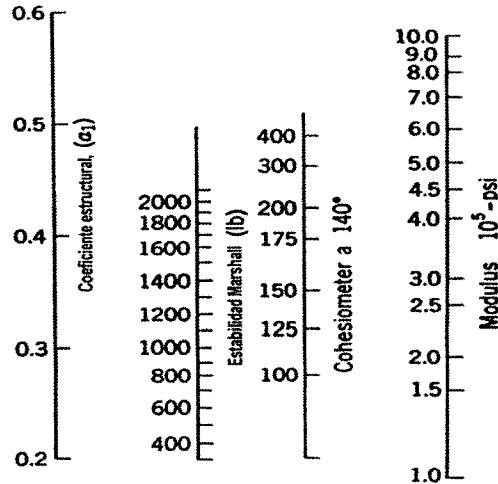
Módulo Resilente Efectivo para Base, Sub-Base y Sub-Rasante:

En el método AASHTO de 1993, el módulo de resilencia utiliza la siguiente correlación entre CBR del terreno y el módulo de Resilencia:

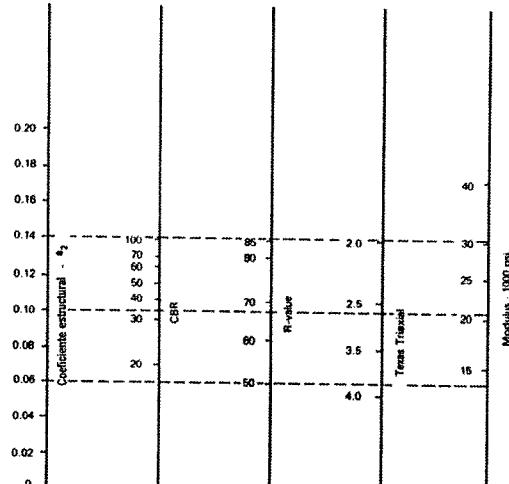
$$M_R (\text{psi}) = 1500 \text{ CBR}$$

Para el desarrollo de este diseño, previamente se realizaron ensayos al terreno obteniendo un CBR promedio de 7%.

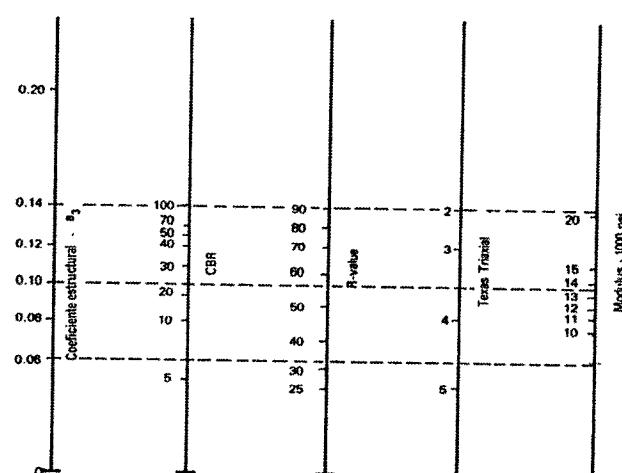
Los valores de soporte de suelo cumplirán con los requerimientos mínimos establecidos por las especificaciones técnicas del MOP:



Nomograma para estimar el coeficiente estructural a1 para la carpeta asfáltica.



Nomograma para estimar el coeficiente estructural a2 para una capa base granular



Nomograma para estimar el coeficiente estructural a3 para una capa subbase granular

$$CBR_{\text{BASE}} = 60\%$$

$$E_{\text{BASE}} = 27,000 \text{ psi}$$

$$CBR_{\text{SUB-BASE}} = 25\%$$

$$E_{\text{SUB-BASE}} = 14,000 \text{ psi}$$

$$CBR_{\text{SUB-RASANTE}} = 7\%$$

$$M_R = 10,500 \text{ psi}$$

Característica Estructural del Pavimento

Coeficiente de Drenaje

La siguiente tabla tiene como referencia la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación para determinar el coeficiente de drenaje (m_i) de las capas de agregado mineral.

Tabla 6. Calidad de Drenaje.

Calidad del Drenaje	Porcentaje del Tiempo en que la estructura de Pavimento está expuesta a niveles de Humedad cercanos a la Saturación			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.70

La calidad del drenaje se determina con el tiempo de remoción del agua de las capas de la estructura de pavimento.

Para la obtención de los valores de coeficiente de drenajes, se ha tomado en cuenta que la calidad del sistema es regular, el porcentaje del tiempo que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanas a saturación es mayor a 25% por lo tanto los factores de drenajes son los siguientes:

Capa Base granular = 1.00

Capa Sub-Base granular = 1.00

CÁLCULO DE DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTO

Esta parte del informe consiste en definir los espesores del pavimento, se considera que el diseño es conforme a una rodadura de carpeta asfáltica.

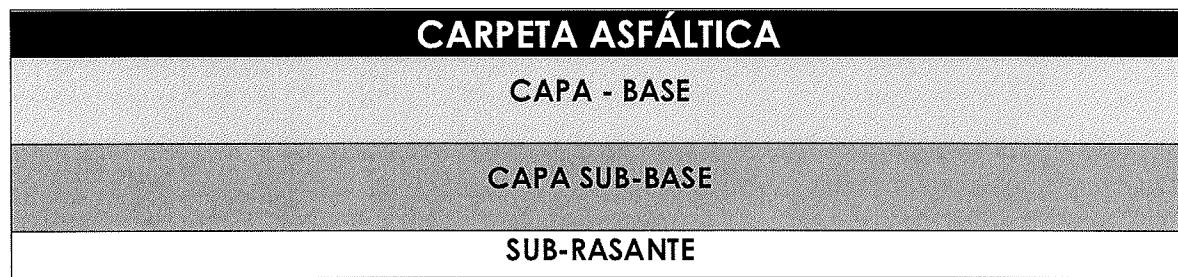
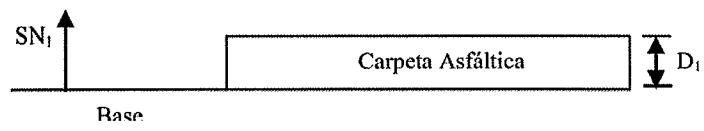


Figura 1. Esquema de la Estructura de Pavimento para el Diseño.

Datos para el cálculo:

$$\begin{array}{lll} W_{18} = E_{SAL} = 31430 & S_o = 0.45 & R = 90\% \\ CBR_{BASE} = 80\% & E_{BASE} = 27,000 \text{ psi} & a_2 = 0.125 \\ CBR_{SUB-BASE} = 25\% & E_{SUB-BASE} = 14,000 \text{ psi} & a_3 = 0.103 \\ CBR_{SUB-RASANTE} = 7\% & M_R = 10,500 \text{ psi} & a_1 = 0.3 \text{ (Estabilidad Marshall = 1000 lb)} \\ M_1 = M_2 = 0.80 & Z_R = -1.282 & \Delta PSI = P_o - P_f = 4.2 - 2.0 = 1.2 \end{array}$$



$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

Ecuación AASHTO 93

- Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido	- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 92 % Zr=1.405 So 0.45
- Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.2 PSI final 2.0	- Módulo resiliente de la subrasante Mr 27000 psi
- Información adicional para pavimentos rígidos	
Módulo de elasticidad del concreto - Ec [psi]	Coefficiente de transmisión de carga - f_1
Módulo de rotura del concreto - Sc [psi]	Coefficiente de drenaje - f_{cd}
- Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 31430 <input type="radio"/> Calcular W18	
- Número Estructural SN = 1.16	
<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Salir"/>	

Se obtiene $SN_1 = 1.16$

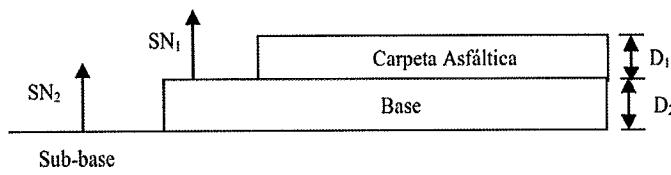
$$SN_1 = \alpha_1 D_1^* \longrightarrow D_1^* = \frac{SN_1}{\alpha_1} = \frac{1.16}{0.3}$$

$$D_1^* = 3.86 = 4 \text{ pulg} = 10 \text{ cm}$$

$$SN_1^* = \alpha_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$SN_1^* = 0.3 \times 4 = 1.20 \text{ (OK)}$$

Después $SN = SN_2 = SN_1 + \alpha_2 D_2 m_2$



$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN_2 + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} E_{SB} - 8,07$$

Ecuación AASHTO 93

- Tipo de Pavimento Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

92 % Zr=1.405 So 0.45

- Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 14000 psi

- Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec [psi]

Coefficiente de transmisión de carga - [J]

Módulo de rotura del concreto - Sc [psi]

Coefficiente de drenaje - [Cd]

- Tipo de Análisis

Calcular SN **W18 = 31430**

Calcular W18 **SN = 1.55**

Se obtiene $SN_2 = 1.50 = SN_1 + \alpha_2 D_2 m_2$

$$D_2^* \geq (SN_2 - SN_1^*) / \alpha_2 m_2 = (1.50 - 1.20) / (0.125 \times 0.8)$$

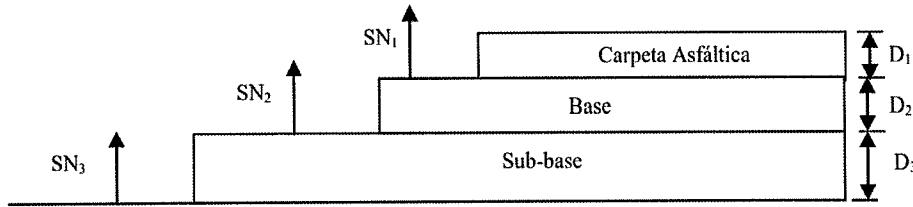
$$D_2^* = 3 \text{ pulg} = 7.62 \text{ cm}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$SN_2^* \geq SN_2 - SN_1^* = 1.50 - 1.20$$

$$SN_2^* = 0.30$$

Así, $SN = SN_3 = SN_1 + SN_2 + \alpha_3 D_3 m_3$



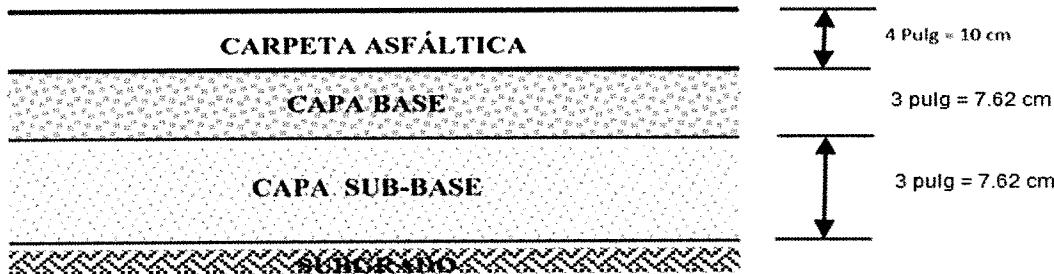
Ecuación AASHTO 93

- Tipo de Pavimento		- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)	
<input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible	<input type="radio"/> Pavimento rígido	92 % Zr=1.405	So 0.45
- Serviciabilidad inicial y final		- Módulo resiliente de la subrasante	
PSI inicial	4.2	PSI final	2.0
Mr	10500 psi		
- Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec [psi]		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - Sc [psi]		Coefficiente de drenaje - (Cd)	
- Tipo de Análisis		- Número Estructural	
<input checked="" type="radio"/> Calcular SN	W18 = 31430	SN = 1.74	
<input type="radio"/> Calcular W18			
Calcular		Salir	

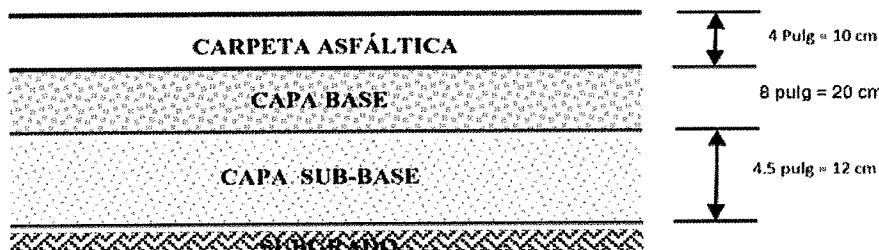
Se obtiene $SN_3 = 1.74$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3} \quad D_3 \geq \frac{1.74 - (1.20 + 0.30)}{0.103 \times 0.8} = 2.91 \quad D_3 = 3 \text{ pulg} = 7.62 \text{ cm}$$

La estructura de pavimento a construir quedará de la siguiente manera:



Estructura de Pavimento con espesores mínimos para la construcción según normativa de MOP para espesores mínimos requeridos:



DETALLES CONSTRUCTIVOS

