

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA ESTACIONAMIENTO

Estudios Básicos

IÑAPARI, AGOSTO 2021



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

■ ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN
2.	DISEÑO DEL PAVIMENTOS
2.1.	DATOS DE DISEÑO
2.2.	ALTERNATIVAS DE INTERVENCION
3.	CONCLUSIONES
4.	CONCLUSIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DE
5.	REFERENCIAS
6.	ANEXOS
6.1.	CALCULO DEL TRAFICO PROYECTADO
6.2.	RESULTADO DE LA DEFLEXIONES MEDIDAS EN CAMPO
6.3.	ENSAYOS DE LABORATORIO
6.4.	HOJAS DE CALCULO DEL PAVIMENTO



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al diseño del pavimento, de un estacionamiento dentro de un puesto de control ubicado en la entrada de Iñapari frente a la Aduanas y Sunat Distrito de Iñapari, Provincia de Tahuamanu, Región de Madre de Dios; La infraestructura vial a mejorar tiene un área aproximada de 300 m² de intervención.

El informe se basa en la evaluación de la condición estructural del pavimento, prospecciones de campo y el tráfico proyectado en esta sección.

El proyecto del área intervenida comprende en la construcción de pavimento rígido para estacionamiento de vehículos, mediante proceso constructivo típicos.

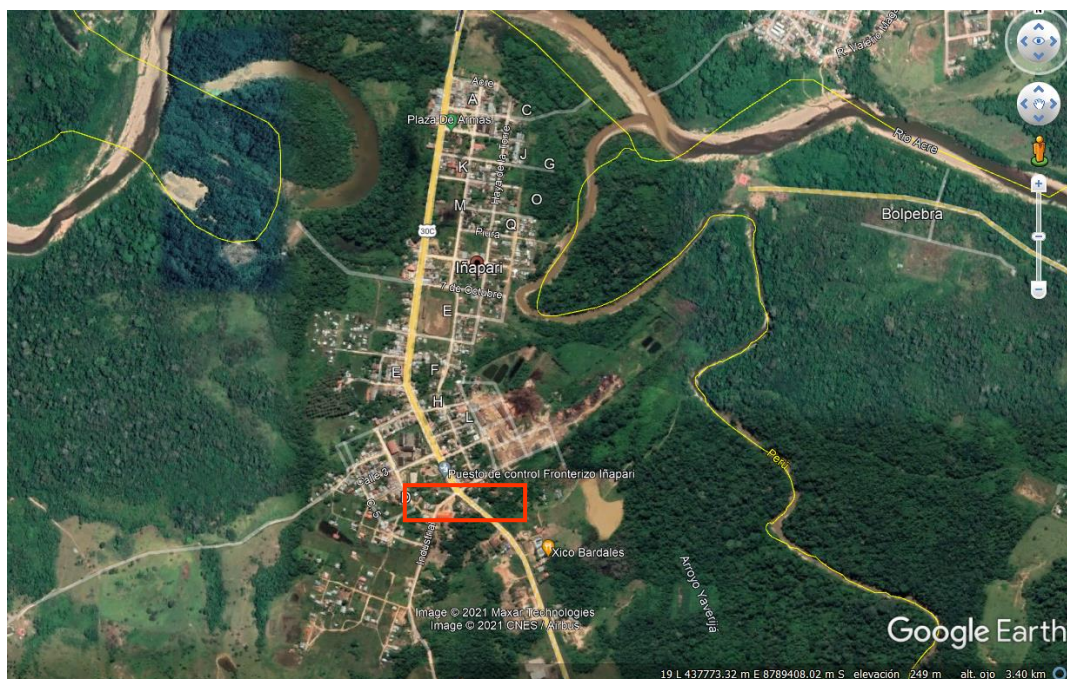


Figura 1.1. Ubicación de la zona de estudio

El diseño del pavimento ha sido realizado empleando el método del MTC (Ref. 1) y complementariamente el método de diseño AASHTO 93 (Ref. 2).



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

2. DISEÑO DE PAVIMENTOS

2.1. DATOS DE DISEÑO

2.1.1. Suelo de fundación

El suelo de fundación fue determinado a partir de los ensayos ejecutados en muestras obtenidas en el área a intervenir en la entrada de Iñapari frente a la Aduanas y Sunat, dada la configuración típica en los suelos analizados en el área, además de los resultados obtenidos Estudio de Mecánica de Suelos.

Tabla N° 04: Características físico mecánicas de los suelos de fundación

Calicata	Tipo de Suelo		CBR a 0.1" de penetración
	ASTM	AASHTO	95% MDS
C-1	SP	A-2-4	8.32

Los valores CBR de la tabla anterior están calculados para el 100% y el 95% de la densidad seca máxima del ensayo Proctor Modificado. Se ha considerado que las zonas de garaje se consideren suelos con categoría de subrasante buenas, concordante con lo que señala las recomendaciones del Manual de diseño del MTC (Ref. 1).

Tabla N° 05: Categorías de sub rasante de acuerdo al MTC

CATEGORÍA SUBRASANTE	CBR %
S0: Subrasante inadecuada	< 3
S0: Subrasante insuficiente	$3 \leq \%CBR < 6$
S0: Subrasante regular	$6 \leq \%CBR < 10$
S0: Subrasante buena	$10 \leq \%CBR < 20$
S0: Subrasante muy buena	$20 \leq \%CBR < 30$
S0: Subrasante excelente	≥ 30

Para el cálculo del módulo resiliente y módulo de reacción se tomará el promedio de los valores de CBR obtenidos para la densidad natural existente; por lo tanto, este valor será empleado para el cálculo subsecuente.

El suelo de fundación en el pavimento se ha caracterizado a partir del modulo resiliente. Con este fin se empleará las expresiones que se indican a continuación:



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

Para suelos con $CBR < 12\%$

$$M_r = 17.6 CBR^{0.64} \text{ MPa}$$

$$M_r = 2555 CBR^{0.64} \text{ psi}$$

Para suelos con $CBR > 12\%$ y $< 80\%$

$$M_r = 22.1 CBR^{0.55} \text{ MPa}$$

$$M_r = 3205 CBR^{0.55} \text{ psi}$$

De acuerdo a la metodología de AASHTO 93 se debe determinar el módulo de reacción compuesto de la rasante tomando como datos iniciales el módulo de elasticidad de la base, su espesor, y el módulo resiliente del suelo de fundación, estos datos se introducen en el gráfico siguiente para obtener el módulo de reacción compuesto.

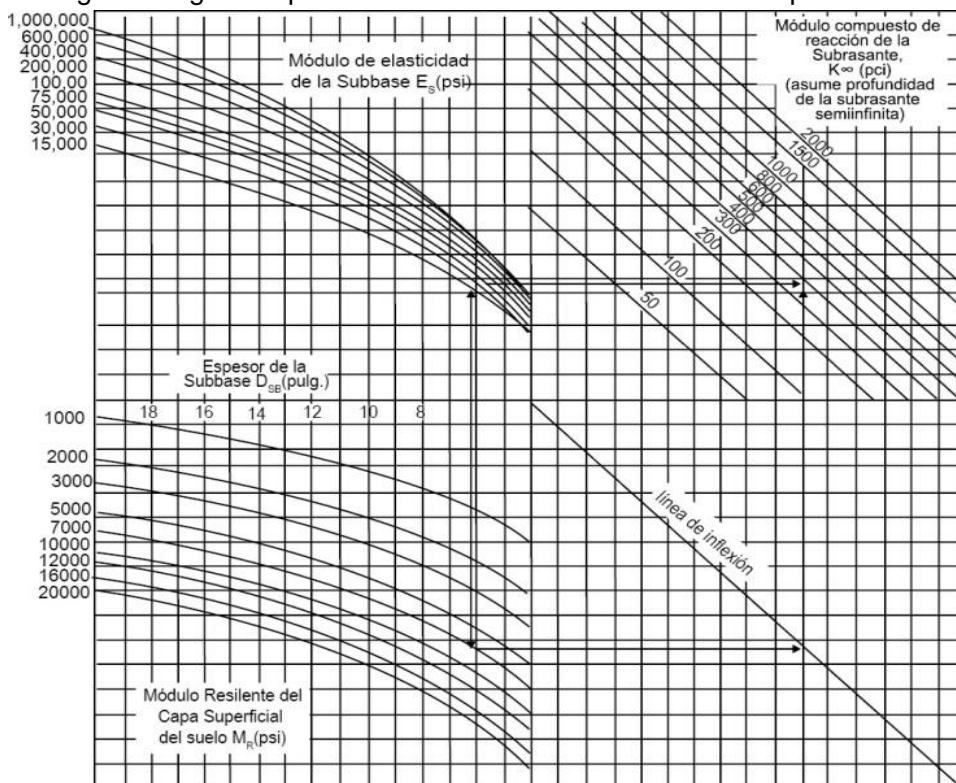


Figura N° 03: Gráfico para determinar módulo de reacción compuesto (Ref. 2)

En el caso que la cimentación rígida esté a una profundidad menor a 10 pies se debe corregir el valor obtenido con la ecuación o ábaco anterior ingresando al siguiente gráfico. Sin embargo, en este caso no se ha registrado presencia de lecho rocoso hasta la profundidad de exploración.



**"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"**

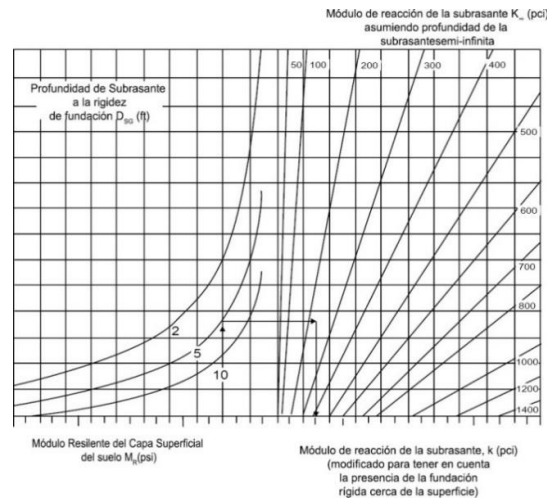
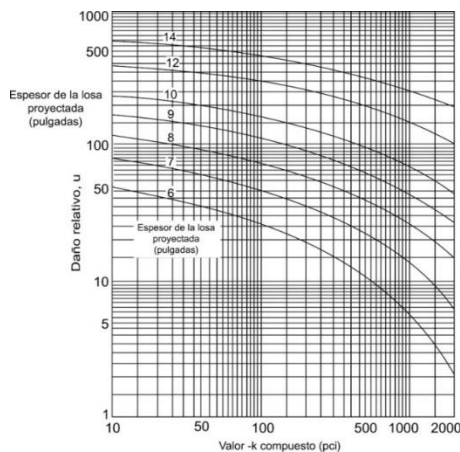
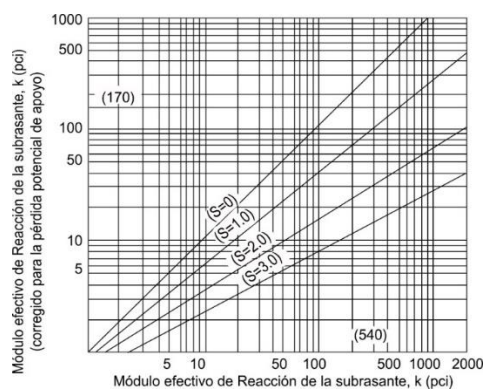


Figura N° 04: Nomograma para determinar el módulo de reacción en función de la profundidad del lecho rocoso (Ref. 2)

El daño relativo se calcula en base al valor k compuesto y el espesor tentativo de la losa de concreto. El daño relativo se estima para cada uno de los periodos de tiempo para incorporar el efecto estacional en el suelo de fundación y en la base. Se debe tomar en cuenta que algunos tipos de materiales de base son insensibles al efecto estacional como es el caso de las bases estabilizadas con cemento.



(a)



(b)

Figura N° 05: Módulo de reacción de la subrasante: (a) daño relativo, (b) pérdida de apoyo de la sub base (Ref. 2)

La guía del diseño de pavimentos del MTC (Ref. 1) indica que para el cálculo de la pérdida de apoyo (LS) se debe considerar lo indicado en el siguiente cuadro. Por lo cual se ha considerado un factor LS=1.0 pues se trata que la base estará conformada por un material granular no consolidado con un módulo elástico de 17,500 psi.



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

Tabla N° 06: Factor de pérdida de apoyo LS

Tipo de Material	Pérdida de apoyo (LS)
Base de cemento tratamiento granular ($E = 1.000.000$ a $2.000.000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Cemento mezclas de agregado ($E = 500,000$ a $1,000,000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Asfalto tratados de base ($E = 350,000$ a $1,000,000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Bituminosas estabilizado mezclas ($E = 40,000$ a $300,000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Cal Estabilizado ($E = 20,000$ a $70,000$ lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales granulares sin liante ($E = 15,000$ a $45,000$ lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales granulares finos o subrasante natural ($E = 3000$ a $40,000$ lb/pulg ²)	2.0 a 3.0

2.1.2. Tráfico y Ejes Equivalentes (ESAL)

La proyección del tráfico se ha estimado a partir del IMD formulado en la presente. El mismo que se detalla a continuación:

2.1.2.1. Índice Medio Diario (IMD)

Los valores de tráfico varían cada mes debido a las estaciones del año, las que ocasionan las cosechas, festividades, viajes de recreo, etc. Por lo que se convenido corregir el tránsito vehicular ligero mediante el $FC = 1.015$ y tránsito vehicular pesado por el $FC = 1.029$ datos proporcionado por PROVIAS NACIONAL.



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

Tabla N° 07: IMD según los censos de tráfico en el garaje.

Medio de Transporte	Aforo Vehicular	Tránsito Desviado (20%)	Tránsito Generado	IMD	IMDA
Vehículos Ligeros (V.L.)					
Automóviles	48.00	10.00	-	8.00	2,920.00
Camionetas	63.00	13.00	-	11.00	4,015.00
Camioneta Rural	80.00	16.00	-	14.00	5,110.00
Micros / Combis	17.00	3.00	-	3.00	1,095.00
Total de V.L.	208.00	42.00	-	36.00	13,140.00
Vehículos Pesados (V.P.)					
Omnibus 2 Ejes	-	-	-	-	-
Omnibus 3 Ejes	-	-	-	-	-
Camión 2 Ejes	10.00	2.00	-	2.00	730.00
Camión 3 Ejes	-	-	-	-	-
Camión 4 Ejes	-	-	-	-	-
Total de V.P.	10.00	2.00	-	2.00	730.00
Total de Vehículos	218.00	44.00	-	38.00	13,870.00

2.1.2.2. Factores de Daño

Los factores de daño que produce cada uno de los ejes se ha calculado con las fórmulas simplificadas que el método de diseño del MTC señala y que se muestran a continuación:

Tabla N° 08: Factores de daño por tipo de vehículo para pavimento flexible y pavimento rígido

SIMBOLO	DESCRIP	EJE DEL	EJE POSTERIOR				TOTAL L PAV. FLEX.	EJE DEL	EJE POSTERIOR				TOTAL PAV. RIG
			1er EJE	2º EJE	3er EJE	4º EJE			1er EJE	2º EJE	3er EJE	4º EJE	
C2	Carga (tn)	7	11				18	7	11				36
	F.EE.	1.265	3.238				4.504	1.273	3.335				4.608
C3	Carga (tn)	7	18				25	7	18				50
	F.EE.	1.265	2.019				3.285	1.273	3.458				4.731
C4	Carga (tn)	7	23				30	7	23				60
	F.EE.	1.265	1.508				2.774	1.273	3.685				4.958
B2	Carga (tn)	7	11				18	7	11				36
	F.EE.	1.265	3.238				4.504	1.273	3.335				4.608
B3	Carga (tn)	7	18				25	7	18				50
	F.EE.	1.265	2.188				3.453	1.273	3.458				4.731
B4	Carga (tn)	7+7	18				32	7+7	18				64
	F.EE.	2.531	2.188				4.719	2.531	3.458				5.989

2.1.2.3. Cálculo de los ejes equivalentes

El ESAL se calcula multiplicando, el número de vehículos de cada clase por 365 días del año, por la tasa de crecimiento anual, por el factor de carga correspondiente, y el factor de distribución por carril. El tráfico anual es la suma de estos productos. Para el diseño se requiere calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en función de las cargas de tráfico, el factor de crecimiento y el número de años, las fórmulas que se aplican para dichos cálculos son las siguientes:

$$ESAL = \left[\sum_{i=1}^m (ADT)_i F_i \right] (G)(D)(L)(365)(Y)$$



**"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"**

Dónde: ESAL: el número de repeticiones de eje equivalente (18 kips) aplicada en el periodo de diseño; F_i = factor de carga equivalente (EALF) para un grupo de carga i ; $(ADT)_0$ = tráfico diario promedio al inicio del periodo de diseño; G =factor de crecimiento; D =factor de distribución direccional; L =Factor de distribución por carril; Y =número de años. En el siguiente cuadro se presenta el detalle de los resultados de ejes equivalentes.

Tabla N° 09: Ejes equivalentes por tipo de vehículo y tipo de pavimento

		PAVIMENTOS FLEXIBLE		
		2021	2026	2031
T1	Garaje	1000	1200	1300

2.1.3. Confiabilidad

Tabla N° 10: Valores recomendados de nivel de confiabilidad según rango de tráfico (Ref. 1)

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15	>30'000,000		95%

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

Tabla N° 11: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_r) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico (Ref. 1)

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación Estándar normal (Z_r)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10'000,000	-1.282
	TP10	10'000,001	12'500,000	-1.282
	TP11	12'500,001	15'000,000	-1.282
	TP12	15'000,001	20'000,000	-1.645
	TP13	20'000,001	25'000,000	-1.645
	TP14	25'000,001	30'000,000	-1.645
	TP15	>30'000,000		-1.645

Para la condición de trafico proyectado en el caso de los refuerzos de las losas existentes y/o pavimento flexible nuevo, con una confiabilidad de 80% y $Z_r = -0.842$.

2.1.4. **Serviciabilidad**

La Serviabilidad es un parámetro que relaciona la condición funcional con la condición estructural de la vía. Los valores tomados para este proyecto fueron los indicados en la guía de diseño del MTC para el tráfico esperado de acuerdo al ESAL obtenido para las zonas de recapeo y/o pavimento flexible nuevo, la Serviabilidad inicial de 4.0 y la final de 2.5, de manera similar que para las zonas de reconstrucción de las losas rígidas.



**"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"**

Tabla N° 12: Índice de Serviabilidad Inicial, final y pérdida de Serviabilidad Según Rango de Tráfico (Ref. 1)

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Indice de Serviabilidad Inicial (Pi)	Indice de Serviabilidad Final (Pt)	Diferencial de Serviabilidad (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80	2.00	1.80
	TP2	300,001	500,000	3.80	2.00	1.80
	TP3	500,001	750,000	3.80	2.00	1.80
	TP4	750 001	1,000,000	3.80	2.00	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00	2.50	1.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00	2.50	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00	2.50	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00	2.50	1.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00	2.50	1.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00	2.50	1.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00	2.50	1.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20	3.00	1.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20	3.00	1.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20	3.00	1.20
	TP15	>30'000,000		4.20	3.00	1.20

2.1.5. Consideraciones de drenaje

El drenaje está considerado dentro del diseño como un factor que afecta directamente el coeficiente de capa y se estima en función del porcentaje de tiempo que la estructura está próxima a la saturación y de acuerdo a la calidad del drenaje.

La saturación de la estructura está en función de las características granulométricas de los componentes del pavimento y de la porosidad, así como del caudal de agua que pueda ingresar por precipitaciones fluviales, capilaridad o nivel freático. El siguiente cuadro resume el criterio aplicado para calificar la calidad del drenaje.

Tabla N° 13: Calificación de la calidad de drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que demora en drenar el 50%
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	No drena


	<p align="center">"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"</p>
---	--

Tabla N° 14: Coeficientes de drenaje de bases y sub base granulares en pavimentos rígidos (Tabla 2.4 de la guía AASHTO 93)

Calidad del drenaje	% de tiempo que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>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	1.00-0.80	0.80
Malo	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

De acuerdo a los valores recomendados por AASHTO, en el presente diseño, dado que no se presentan precipitaciones de importancia en la ciudad de Lima, se consideró un valor de 1.25 para el pavimento para el coeficiente de drenaje, considerando que la calidad del drenaje es buena, y el tiempo que permanece cercano a la saturación del 1% al 5%.

2.1.6. Consideraciones del clima

El clima dentro del diseño de pavimento representa una variable importante para la determinación de los requerimientos de los materiales a ser aplicados y para la determinación de las características de la estructura de pavimento. En el tramo las temperaturas en los meses de invierno varían entre 12° y 17° C; mientras que el verano varía entre 22° a 30° C. ligeramente lluvioso y con amplitud térmica moderada.

Para atender el efecto de los gradientes elevados y la potencial formación de fisuras en las losas de concreto a edad temprana, se plantea la configuración de losas de 3.50 a 3.60 de ancho por una longitud no mayor de 4.00 m.

2.1.7. Coeficiente de transferencia de carga

El coeficiente de transferencia de carga J es un índice numérico introducido para dar cuenta de la eficiencia de la transferencia de carga de diferentes diseños de conjunto. El cuadro siguiente presenta los valores de J para las condiciones de la pista de prueba. Los valores más bajos se asocian con dispositivos de transferencia de carga (tales como pasadores) y bermas.



**"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"**

Tabla N° 15: Coeficiente de transferencia de carga

Berma	Asfalto		PCC	
Dispositivo de transferencia de carga	Si	No	Si	No
Tipo Pavimento				
Con juntas y refuerzo	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
CRCP	2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA

El factor empleado en el presente diseño es de 2.8 debido a que se trata de un pavimento rígido con bermas y sardineles de concreto. Por lo tanto, el valor corresponde a un pavimento con juntas sin refuerzo con berma de concreto.

2.1.8. Diseño de espesores del pavimento

El diseño fue efectuado mediante el Método de la guía del MTC que sigue la metodología de AASHTO 93. Esta consiste en calcular el número estructural o el espesor de losa para un pavimento flexible y para un pavimento rígido respectivamente. Las ecuaciones que se deben aplicar son las siguientes:

2.1.8.1. Pavimento Rígido

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde: W_{18} = número previsto de ejes equivalentes 18 kips (8.2 Tn), a lo largo del periodo de diseño; Z_R = desviación normal estándar; S_o = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento; D = espesor de pavimento de concreto mm o pulg; ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final, p_t = índice de serviciabilidad o servicio final; S'_c = resistencia media del concreto a flexo tracción a los 28 días (método de carga en el tercio central) en MPa o psi; C_d = coeficiente de drenaje; J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas; E_c = módulo de elasticidad del concreto en Mpa o psi; k = módulo de reacción, compuesto de la sub base y la sub rasante Mpa/m o lb/pulg³.

2.1.8.2. Refuerzo de pavimento rígido con carpeta asfáltica

Para el cálculo del espesor de refuerzo de carpeta que debe ser colocado sobre el pavimento rígido existente se aplicó la metodología de AASHTO 93 que se resume a continuación:

El procedimiento de diseño consiste en determinar el espesor requerido de mezcla asfáltica a fin de que el pavimento existente sea capaz de resistir las cargas de tráfico proyectadas. El espesor requerido se calcula con la siguiente expresión:



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

$$D_{OL} = A(D_f - D_{eff})$$

Donde:

D_{OL} = espesor requerido del refuerzo asfáltico

A = factor para convertir el espesor deficiente de la losa de concreto en espesor de carpeta asfáltica

$$A = 2.2233 + 0.0099(D_f - D_{eff})^2 - 0.1534(D_f - D_{eff})$$

D_f = espesor de la losa para soportar el tráfico proyectado

D_{eff} = espesor efectivo de la losa existente

Cuando se obtiene a partir del relevamiento de la condición del pavimento

$$D_{eff} = F_{jc} F_{dur} F_{fat} D$$

Cuando se obtienen a partir de la vida remanente

$$D_{eff} = CF \cdot D$$

F_{jc} = factor de ajuste por la presencia de fisuras, cuando estas son reparadas antes de colocar el refuerzo este factor es igual a 1.0

F_{dur} = factor de ajuste por durabilidad. Adopta el valor de 1.0 cuando no hay signos de problemas de durabilidad, 0.96-0.99 cuando hay fisuras por durabilidad pero no desprendimientos, 0.88-0.95 cuando existen una importante cantidad de fisuras y algunos desprendimiento, 0.8-0.88 cuando existen fisuras extendidas en toda la losa y desprendimientos severos

F_{fat} = factor de ajuste por fatiga. 0.97-1.0 cuando < 5% de las losas están fisuradas, 0.94-0.96 cuando de 5-15 de las losas están fisuradas, 0.90 a 0.93 cuando más del 15% de las losas están fisuradas

CF = factor de condición estimado de acuerdo al gráfico y en función de la vida remanente calculada como

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1.5}} \right) \right]$$

D = espesor de la losa

RL = vida remanente

N_p = tráfico total a la fecha en ESAL

$N_{1.5}$ = tráfico total hasta alcanzar al condición de falla en ESAL cuando el PSI es igual a 1.5 y la confiabilidad de 50%.



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

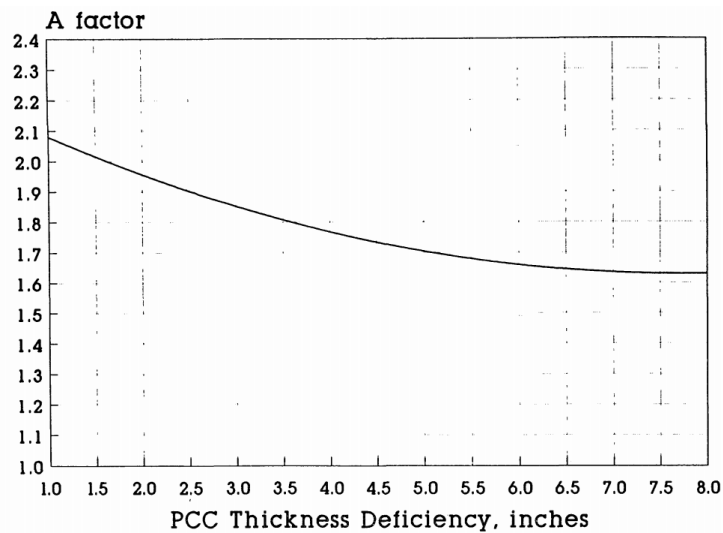


Figura N° 06: Factor A

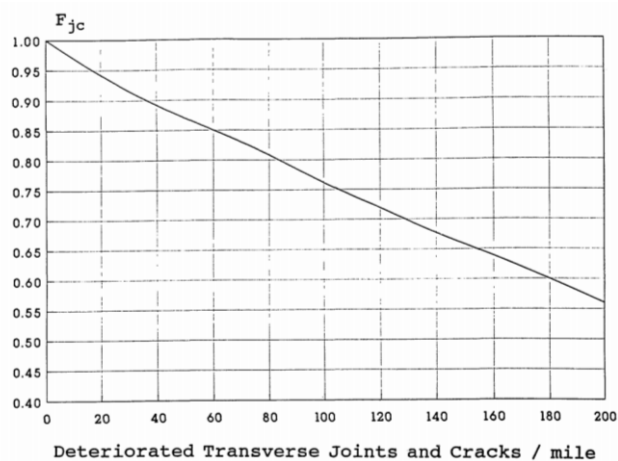


Figura N° 07: Factor de ajuste por fisuras

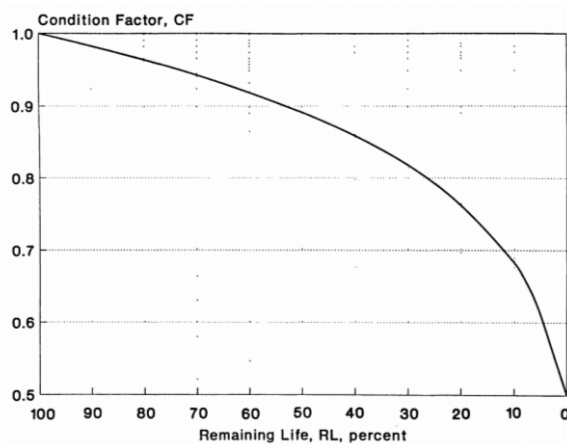


Figura N° 08: Relación entre el factor de condición y la vida remanente



**"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"**

Se calcula también el factor de transferencia de carga en juntas. Para lo cual se debe haber ejecutado en ensayo de FWD o Viga Benkelman colocando uno de los sensores en la losa que no está recibiendo la carga del plato. La expresión para el cálculo de este factor es la siguiente:

$$\Delta LT = 100 \left(\frac{\Delta_{ul}}{\Delta_l} \right) B$$

Donde:

ΔLT = transferencia de carga por deflexión

Δ_{ul} = deflexión en el lado no cargado

Δ_l = deflexión en el lado cargado

A = factor de corrección por flexión de la losa (valor típico de 1.05 a 1.15)

$$B = \frac{d_{12}}{d_0}$$

d_{12} = deflexión máxima medida en el centro de la losa

d_0 = deflexión medida a 12 pulg. De la aplicación de la carg en el centro de la losa

Luego se determina el coeficiente de transferencia de carga aplicando el siguiente cuadro:

Transferencia de carga en %	J
>70	3.2
50-70	3.5
<50	4.0

El módulo de rotura del concreto (S'_c) puede ser obtenido a partir de la resistencia a la compresión; $S'_c = 9\sqrt{f'_c}$ (psi) mientras que el Módulo de elasticidad del concreto E_c , a partir de la expresión $E_c = 57,000\sqrt{f'_c}$ (psi).

2.1.9. Espesor del pavimento existente

No existe pavimento alguno.

Tabla N° 16: Espesores de capas en el pavimento existente

INVESTIGACIÓN	CAPA RODADURA		CAPA GRANULAR	
	ESPESOR	TIPO	ESPESOR	TIPO
P-01	0.0	Concreto	0.0	granular

La investigación efectuada sobre el área a intervenir lo detalla el Estudio de Mecánica de Suelos.



**"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"**

2.2. ALTERNATIVAS DE INTERVENCION

Se ha considerado una base granular de 30.00 cm de espesor y un pavimento rígido de 20.00 cm de espesor, se ha considerado la alternativa de construcción total en el área del garaje. Todos casos los detalles resultantes del análisis se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla N° 17: Planteamiento de soluciones

Parámetro	Recapeo asfáltico sobre losa existente	Pavimento rígido
Suelo de fundación		9914
Tráfico de diseño en ESAL	-	2540002
Factor de confiabilidad (R)	-	80%
Desviación estándar normal (Zr)	-	-0.842
Desviación estándar total (So)	-	0.35
Serviciabilidad Inicial (pi)	-	4.0
Serviciabilidad final (pt)	-	2.5
Pérdida de serviciabilidad (Dpsi)	-	1.5
Coeficiente de drenaje	-	1.25
Resistencia del concreto	-	2981 psi (210 kg/cm ²)
Módulo de rotura del concreto	-	465 psi
Módulo de elasticidad del concreto	-	3.1x10 ⁶ psi
Coeficiente de transferencia de carga	-	2.8
Espesor de sub base granular	-	-
Espesor de base granular	-	30 cm
Espesor de capa de rodadura	-	20 cm



"SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA A NIVEL DE ANTEPROYECTO, PARA LA AFECTACIÓN DE USO
TEMPORAL DE DOS TERRENOS A FAVOR DE SUNAT"

3. **CONCLUSIONES**

- Consecuentemente la alternativa planteada para el área a intervenir del presente estudio son las siguientes:
 - Construcción de Pavimento rígido con una base granular de 30.00 cm de espesor y un pavimento rígido de concreto $f'c=210$ Kg/Cm² de 20.00 cm de espesor.
- Consecuentemente los espesores resultantes recomendados son:

Parámetro	Bacheo	
Espesor de sub base granular	-	-
Espesor de base granular	30 cm	-
Espesor de capa de rodadura	20 cm	-

4. **RECOMENDACIONES**

- Para la construcción de patio§, veredas y pisos se deberá eliminar previamente la primera capa de material orgánico en un espesor mínimo de 0.40 m. luego compactar la sub rasante al 95 % de la máxima densidad del ensayo Proctor Modificado. Por tratarse de una zona de intensas precipitaciones pluviales y por los desniveles y pendientes propios del terreno Se requerirá una base granular en un espesor de 0.30 m compactado al 100 %

5. **REFERENCIAS**

- [1] MTC. Sección De Suelos Y Pavimentos, R.D.Nº10-2014-MTC/14. Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú, 2014, Vol. R.D. Nº10-2014-MTC/14, pp. 1-302.
- [2] AASHTO. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.

6. **ANEXOS**

- 6.1. Calculo del tráfico proyectado
- 6.2. Resultado de las deflexiones medidas en campo
- 6.3. Ensayos de laboratorio
- 6.4. HOJAS DE CÁLCULO DEL PAVIMENTO