



PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.

REFINERIA TALARA

 **CONSULTORES Y EJECUTORES
ACUARIO EIRL**

DISEÑO DE PAVIMENTO

**“MEJORAMIENTO INTEGRAL DE LA PISTA DE LA AVENIDA G
TALARA”**

ENERO - 2017

3.0 DISEÑO DE PAVIMENTO

3.1 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA SELECCIÓN DE PAVIMENTOS

Las consideraciones que plantea para la correcta selección de pavimentos. Hay que recordar acá, que la gran mayoría de carreteras en el mundo no están pavimentadas y que de las que si lo están tienen en general estructuras cuya superficie de rodadura está compuesta por materiales asfálticos, bien sea un concreto asfáltico o un tratamiento superficial. Esto hace que en muchos países al momento de pavimentar se piense en una solución que incluye el concreto asfáltico.

El pavimento de concreto, como cualquier otra solución, tiene su justificación cuando la suma de los costos de construcción y mantenimiento a largo plazo, son inferiores a los de otras aplicaciones. Está demostrado que el costo de operación de los vehículos circulando sobre pavimentos de concreto es menor que el que tienen cuando circulan sobre pavimentos de asfalto, existen estudios en los que se muestra que el consumo de combustibles es menor en los pavimentos de concreto, las distancias de frenado son más cortas y con ello los accidentes de tránsito son menos graves. También está demostrado que el consumo de energía para iluminar los pavimentos de concreto son menores, lo cual a largo plazo genera ahorros que pueden ser muy importantes cuando se trata de áreas urbanas.

La competitividad de los pavimentos de concreto está dada por el costo de sus materias primas y por el de las demás alternativas, las materias primas que más influyen en la competitividad de una u otra solución son los costos del cemento, del asfalto, de los agregados, de los equipos y como se dijo en el párrafo anterior, el costo del mantenimiento a lo largo de su vida útil.

En la selección de un tipo de pavimento están involucradas muchas personas con capacidad de influenciar una decisión, por lo tanto, la escogencia de una solución en particular debe nacer del consenso de los involucrados en dicha elección, entre los que están: las autoridades municipales, departamentales o nacionales, los constructores, los diseñadores, los interventores y en algunos casos los mismos usuarios.

3.2 ELEMENTOS PARA LA SELECCIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

La selección del tipo de pavimento está determinada por muchas variables entre las que están los criterios técnicos, los factores económicos del país o de la zona, de las fuentes de materiales, su idoneidad y distancia de acarreo, ahorros en energía, materiales y otros que en determinadas ocasiones pueden inclinar la decisión hacia un pavimento, como pueden ser las condiciones ambientales o la disponibilidad de equipos y de mano de obra.

Desde el punto de vista de la competitividad y de alcanzar mejores ofertas económicas, siempre será deseable mantener el máximo número posible de tipos de pavimentos ya que eso mantiene al día, técnica y económicamente hablando, los sistemas constructivos y evita que en determinadas ocasiones se pueda presentar una parálisis en la construcción de obras, si llegase a faltar un insumo de la construcción.

Hay condiciones que favorecen la utilización de un tipo de pavimento, otras que le quitan posibilidades por lo que en cada obra se debe sopesar la pertinencia de una solución en particular.

A continuación se enumeraran las variables que influyen en la elección del tipo de pavimento:

En su contra está que la presencia de juntas y la alta rigidez hacen que cuando se construyen sobre materiales erosionables se dé el fenómeno del bombeo que ocurre por la acción conjunta del paso de los vehículos y del agua, sobretodo, cuando las vías están destinadas a tránsitos medios y altos. El deterioro se puede atenuar y a un controlar cambiando el material de soporte de las losas, con una buena concepción de juntas y

dotándolas de barras de transferencia de carga de acero liso (dovelas) e implementando un buen sistema de drenaje.

Es necesario en este punto advertir que los pavimentos de concreto son muy sensibles al sub diseño, o a la presencia de sobrecargas no contempladas en el estudio del tránsito. Por el contrario un aumento en el espesor de diseño, de uno o dos centímetros proporciona una buena protección con relación a eventuales sobrecargas y pueden llegar a duplicar la vida útil del pavimento.

Una característica de las estructuras de los pavimentos de concreto es que se construyen en una sola etapa, lo cual hace que no exista incertidumbre sobre su comportamiento a largo plazo, pues no necesita sobre capas rutinarias, para mantener un adecuado nivel de servicio

3.3 ASPECTOS TECNICOS

3.3.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

La característica que identifica los pavimentos de concreto y de la cual derivan buena parte de sus propiedades y ventajas es su alta rigidez, por la cual le transmiten al suelo, las cargas y esfuerzos en áreas muy grandes. Esta característica hace que con frecuencia los costos de construcción compitan con los de otras alternativas cuando el suelo tiene baja capacidad de soporte o cuando se trata de vías con tráfico pesado o intenso, además de carreteras con tráfico muy bajo, en las cuales el pavimento de concreto se puede construir sobre el suelo sin interposición de una capa de material de soporte.

Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se ahuecan en ninguna dirección, y cuando las losas tienen menos de 5 m de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciable.

3.3.2 CALIDAD DE LOS AGREGADOS

En los pavimentos de concreto se puede utilizar una gama muy amplia de agregados y arenas, si cumplen con unas condiciones mínimas que están relacionadas en especial, con la granulometría y con el contenido de arcilla.

Los pavimentos de concreto se pueden construir con agregados calizos blandos, siempre y cuando se utilicen arenas de origen silíceo o aplicando en la superficie del concreto, cuando está fresco aun, un recubrimiento delgado de un material con mayor resistencia, tales como los agregados silíceos, de cuarzo o en algunos casos especiales, aun las fibras metálicas.

La experiencia que existe en muchos países indica que se pueden alcanzar buenas resistencias y pavimentos de concreto con buena calidad utilizando agregados extraídos de las zonas aledañas a los ríos, para su utilización se deben hacer ensayos cualitativos que permitan establecer si se alcanzan los niveles de resistencia establecidos en el diseño.

3.3.3 SUBRASANTE CLIMA

Los pavimentos de concreto son menos sensibles a la capacidad de soporte del suelo y a las condiciones climáticas que otros tipos de pavimentos; donde son más competitivos los pavimentos de concreto es sobre los suelos con baja capacidad de soporte debido a que los esfuerzos los distribuye en áreas muy grandes con lo que las solicitaciones que llegan al suelo son bajas.

Algunos suelos con baja capacidad de soporte obligan a tener cuidados en el diseño y en la construcción, cuando se encuentren áreas en las que debido a la compresibilidad y heterogeneidad se deforman con asentamientos diferenciales de baja longitud de onda.

Cuando el pavimento está destinado a zonas en las que la temperatura es alta, los pavimentos de concreto tienen la ventaja de que no se deforman bajo la circulación de las cargas pesadas y si las dimensiones de las losas están dentro de unos límites razonables, los movimientos de las juntas son de poca monta.

3.4 ASPECTOS ECONOMICOS

3.4.1 COSTOS DE CONSTRUCCION Y CONSERVACION

La mejor técnica para escoger pavimentos es aquella en la que se tienen en cuenta los costos de construcción, los de mantenimiento, los de operación de los vehículos, las condiciones locales para la producción de los insumos, las políticas sobre utilización de mano de obra capacitada o no, la disponibilidad de equipos o de algún insumo en particular y de otros criterios que dependen de las condiciones particulares.

Una de las dificultades que tiene la comparación de costos entre diferentes pavimentos radica en que la vida útil de ambas alternativas es diferente, mientras que para los de cobertura asfáltica puede ser tan reducida como cinco años, la de los de concreto puede llegar a ser hasta de 50 años.

3.5 OTROS ASPECTOS

Favorecen la selección de los pavimentos de concreto la disponibilidad de la mano de obra, sobre todo durante la construcción de pavimentos para vías secundarias o terciarias, que por sus características se pueden construir con medios muy sencillos, con equipos simples, herramientas de fácil consecución y con uso intenso de mano de obra con baja capacitación. Estas características permiten la rápida constitución de empresas de construcción en prácticamente cualquier lugar.

Un factor a tener en cuenta es la financiación de las obras, cuando se consiguen recursos para construcción, pero no para mantenimiento, se deben preferir los pavimentos de concreto a los de asfalto. También resultan económicos los pavimentos de concreto cuando se consiguen recursos con bajos intereses, cuando estos suben son más adecuados los pavimentos de asfalto, dado que se pueden diferir las inversiones a otros momentos.

En las zonas en donde se esperen altas temperaturas, o derrames de combustibles, se deben preferir los pavimentos de concreto pues esas condiciones afectan en menor escala su desempeño, respecto de los pavimentos de cobertura asfáltica

4.1 METODOLOGIA DE DISEÑO

4.1.1 METODOLOGIA DE DISEÑO AASHTO 93

El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un alto nivel, a medida que transcurre el tiempo, y con el las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja.

El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño.

Mediante un proceso iterativo iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado

$$\log_{10} W_{8.2} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

$W_{8.2}$ = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_o = error estándar combinado en la predicción del transito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

4.1.2 LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN

4.1.3 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño a ser empleado para pavimentos rígido será mínimo de 20 años.

4.1.4 VARIABLES

- El tránsito (ESALs)**

El método AASHTO 93 simplifica el efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes, es decir transformar las cargas de ejes de todo tipo de vehículo a ejes simple equivalentes de 8.2 ton de peso, comúnmente llamados ESALs.

Para nuestro caso se tiene que para pavimentos de un tránsito de 1'000,000 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

CUADRO 4.1
NUMERO DE REPETICIONES ACUMULADAS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2
TN, EN EL CARRIL DE DISEÑO
PAVIMENTO BAJO VOLUMEN DE TRANSITO 150,001 A 1'000,000 EE

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Según estudio de tráfico vial se tiene 1'458,605 EE corresponde T_{P5}

CUADRO 4.2
NUMERO DE REPETICIONES ACUMULADAS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2
TN, EN EL CARRIL DE DISEÑO
PAVIMENTO BAJO VOLUMEN DE TRANSITO 1'000,001 A 30'000,000 EE

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

- Serviciabilidad**

Servicio o serviciabilidad define AASHTO 93 caracteriza el servicio en dos parámetros; índice de servicio inicial (Pi) e índice de servicio final o terminal (Pt). Se utiliza la diferencia entre los valores inicial y final, determinándose una variación o deferencial entre ambos índices (A PSI)

El valor A PSI depende de la calidad de la construcción; según AASHTO Road Test se alcanzó el valor de Pi = 4.5 para pavimentos de concreto.

CUADRO 4.3
INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)
DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD
SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

Para Tp5; (Pi) = 4.30 y (Pt) = 2.50 > APSI = 1.80

- **La Confiabilidad “R” y la Desviación Estándar (So)**
El rango típico sugerido por AASHTO está comprendido entre $0.30 < So < 0.40$, se recomienda $So = 0.35$

CUADRO 4.4
VALORES RECOMENDADOS DE NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Y DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr) PARA UNA SOLA ETAPA DE 20 AÑOS
SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

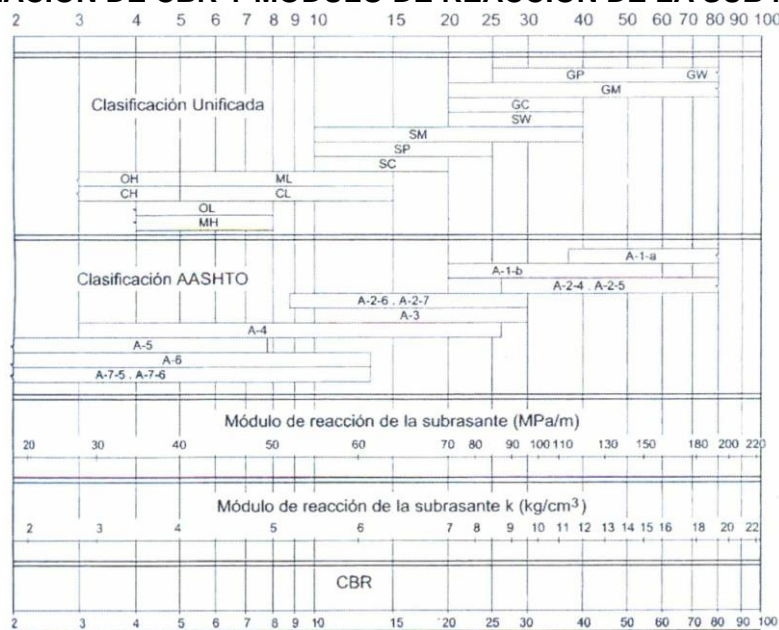
TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%	-0.385
	TP1	150,001	300,000	70%	-0.524
	TP2	300,001	500,000	75%	-0.674
	TP3	500,001	750,000	80%	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	TP12	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	TP13	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	TP14	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	TP15	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Para Tp5; (R) = 85% (Zr) = -1.036

- **El Suelo y el efecto de las Capas de Apoyo (Kc)**
Parámetro que caracteriza al tipo de sub rasante es el módulo de reacción (K).

CUADRO 4.5
CORRELACION DE CBR Y MODULO DE REACCION DE LA SUB RASANTE



Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos
Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements-Skokie, PCA 1971

Se utiliza la alternativa que da AASHTO de utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción K en función de la clasificación de suelos y CBR.

En nuestro caso el CBR de sub rasante está encima del 40 %; por lo cual se tiene una buena sub rasante.

CUADRO 4.6
CBR MINIMOS RECOMENDADOS PARA LA SUBBASE GRANULAR DE PAVIMENTOS RIGIDOS SEGÚN INTENSIDAD DE TRAFICO EXPRESADO EN EE

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para trafico $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para trafico $> 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1" (2.5mm)

- **Resistencia a Flexotracción del Concreto (MR)**

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan a flexión se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93.

El Modulo de Rotura (MR) está normalizado por ASTM C-78, para vigas a los 28 días con cargas en los tercios y forzando la falla en el tercio central de la viga,

CUADRO 4.7
VALORES RECOMENDADOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
$> 5'000,000$ EE $\leq 15'000,000$ EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
$> 15'000,000$ EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Para EE < 5'000,000 corresponde Concreto F'c = 280 kg/cm²

- **Módulo Elástico del Concreto**

Se usa para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado.

AASHTO '93 indica que el módulo elástico puede ser estimado usando una correlación, recomendada por el ACI:

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

- **Drenaje (Cd)**

La metodología de diseño AASHTO 93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) para considerarlo en el diseño.

El coeficiente de drenaje Cd varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones antes mencionadas. Un Cd alto implica un buen drenaje y favorece a la estructura, reduciendo el espesor del concreto a calcular. Se asume Cd = 1 para las capas granulares.

En nuestro caso se asume Cd = 1

Se asume Cd = 1

CUADRO 4.8
CONDICIONES DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	mas de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho mas de 10 horas

Una vez caracterizado el material y su calidad de drenaje, se calcula el Cd según el Cuadro 4.9, según el grado de exposición a niveles de humedad próximo a la saturación.

CUADRO 4.9
COEFICIENTE DE DRENAJE DE LAS CAPAS GRANULARES Cd

Calidad de drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

- **Transferencia de Cargas (J)**

Capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras.

Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas.

El valor J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto, es decir a menor valor de J, menor espesor de concreto.

CUADRO 4.10
VALORES DE COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CARGA (J)

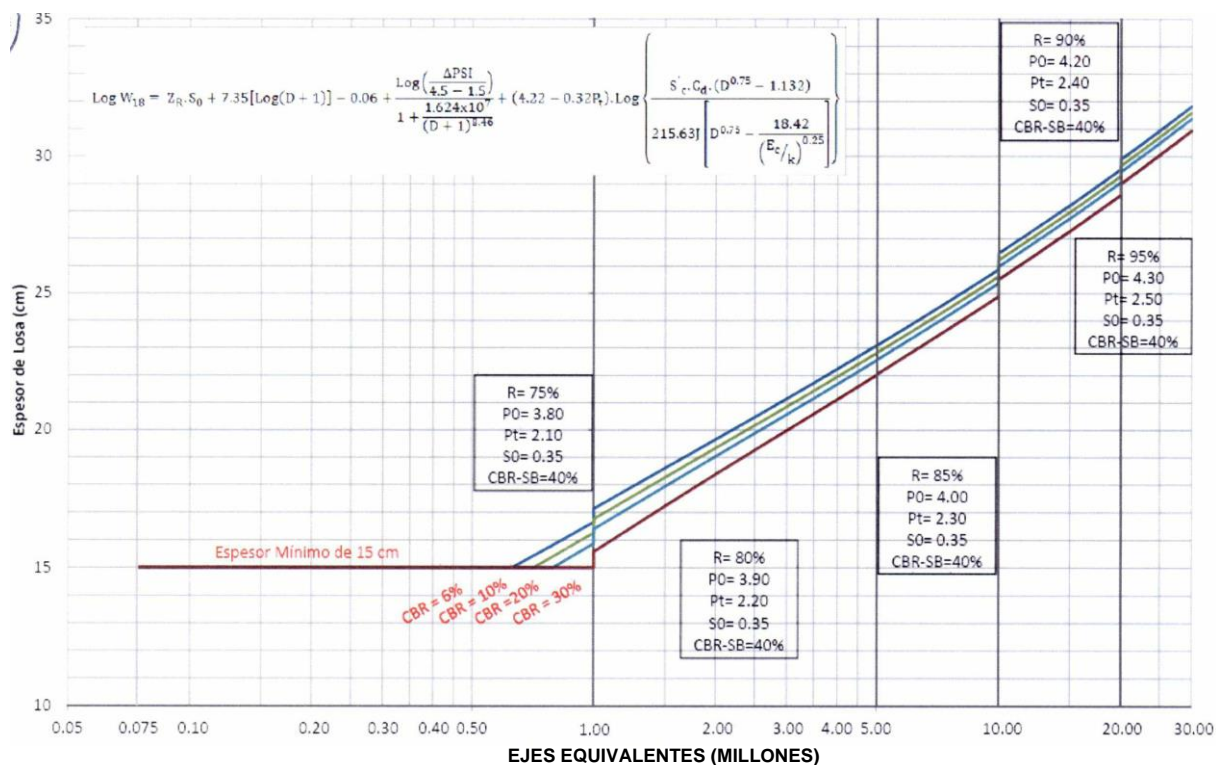
TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8

Se asume J = 3.2

4.2 SECCIONES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO

Según los parámetros requeridos AASHTO y especificaciones de cuadros anteriores, se determinan los espesores de losa requeridos, para cada rango de tráfico en EE y rango de tipo de suelo. Para determinar las secciones de pavimento rígido se considera mínimo espesor de losa 150 mm y sub base granular de 150 mm.

CUADRO 4.11
ESPESOR DE LOSA PARA PAVIEMNTO RIGIDO J = 3.2



R = 85 %, Pi = 4.30, Pt = 2.50, So = 0.35. EE= 1'500,000, CBR = 40 %
ESPESOR DE LOSA DE PAVIMENTO: 25 CM.

4.12
PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y BERMAS DE CONCRETO J = 3.2

EE	TP0	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7
75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000	
CBR %	M _R							
CBR < 6%	≤ 185 PCI (52 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	17 cm	19 cm	21 cm
≥ 6% CBR < 10%	> 185 PCI (52 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	17 cm	19 cm	21 cm
≥ 10% CBR < 20%	≤ 223 PCI (63 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	17 cm	19 cm	21 cm
≥ 20% CBR < 30%	> 223 PCI (63 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	17 cm	19 cm	21 cm
CBR ≥ 30%	≤ 279 PCI (79 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	18 cm	20 cm	22 cm
	> 279 PCI (79 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	18 cm	20 cm	22 cm
	≤ 373 PCI (105 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	18 cm	20 cm	22 cm
	> 373 PCI (105 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	18 cm	20 cm	22 cm

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO

Según Cuadro 4.12 para CBR>30 % Tp5, se tiene 18 cms. de losa y 15 cms. de base granular.

Se asume losa de 25 cms. y base de 20 cms. y se necesita mejorar la sub rasante.

4.3 JUNTAS LONGITUDINALES Y JUNTAS TRANSVERSALES

Objetivo de las juntas es controlar la figuración y agrietamiento sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad, y variaciones de temperatura que sufre la losa en el medioambiente, y el gradiente de temperatura existente desde la superficie hasta la subbase.

- Juntas longitudinales: delimitan los carriles de tránsito de vehículos.
- Juntas transversales: dispuestas en sentido perpendicular a las longitudinales.

El tamaño de las losas determinan la disposición de las juntas transversales y longitudinales, la longitud de losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y no mayor a 4.5 m.

CUADRO 4.13
DIMENSIONES DE LOSA

ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Para nuestro caso el ancho de losa no será mayor de 3.00 m.; por lo cual el largo de losa será de 3.70 m.

4.3.1 JUNTAS LONGITUDINALES

- **Juntas longitudinales de contracción:** dividen los carriles de tránsito, controlan el agrietamiento y fisuración cuando se construyen en simultaneo dos o más carriles, se logra mediante el corte a la tercera parte del espesor de la losa de concreto, la transferencia de carga en las juntas longitudinales se logra mediante la trabazón de agregados, y se mantiene con el empleo de barras de amarre de acero corrugado.
- **Juntas longitudinales de construcción:** se colocan de acuerdo al encofrado utilizado, la transferencia de carga se logra mediante el empleo de juntas tipo llave o machihembradas, se usa para espesor de losa > a 25 cms. Cuando no juntas tipo llave, la barra de amarre cumple con la transferencia de carga.

Se tiene una losa de espesor 25 cm, junta a un tercio sería 8.5 cms. y barras de acero corrugado.

4.3.2 JUNTAS TRANSVERSALES

- **Juntas transversales de contracción:** son transversales a la línea central del pavimento, espaciadas para controlar la fisuración y el agrietamiento del concreto; de ser posible se harán coincidir las juntas transversales de contracción con las de construcción, espaciamiento recomendado entre juntas no debe exceder los 4.5 m. Se logra mediante el corte a la tercera parte del espesor de la losa de concreto, la transferencia de carga en las juntas longitudinales se logra mediante la trabazón de agregados, y se mantiene con el empleo de pasadores.
- **Juntas transversales de construcción:** son juntas generadas al final de la jornada de trabajo, se requiere el empleo de pasadores.

- **Juntas transversales de dilatación:** los pavimentos de concreto normalmente no requieren este tipo de juntas.

4.3.3 MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Capacidad de la junta de transferir algo de la carga de un lado de la junta a otro, es decir de un paño al paño adyacente; un adecuado mecanismo de transferencia garantiza un buen desempeño del pavimento, dado que disminuye las deflexiones, reduce el escalonamiento, el despostillamiento en las juntas y fisuras en las esquinas.

- **Trabazón de agregados:** es el engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras de losas adyacentes; según la resistencia al corte de las partículas de los agregados, del espaciamiento entre las juntas transversales, del tipo de sub base, y del tránsito.
- **Pasadores o Dowells:** incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados.
Son barras de acero liso (diámetro 1/8 del espesor de la losa), insertadas en la mitad de las juntas para transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas, permitiendo el alineamiento horizontal y vertical.
- **Sub bases Tratadas:** reducen la deflexión en las juntas al incrementar la capacidad de soporte del soporte (K equivalente)

**CUADRO 4.14
DIAMETROS Y LONGITUDES RECOMENDADOS EN PASADORES**

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 ¼"	460	300
300 - 430	38	1 ½"	510	380

**Para Losa de 25 cms. > Pasadores 1 ¼" de acero liso y longitud de 46 cms.
separación entre pasadores 30 cms.**

4.3.4 BARRAS DE AMARRE

Son aceros corrugados colocados en la parte central de la junta longitudinal con el propósito de anclar carriles adyacentes, mejorando la trabazón de los agregados y contribuyendo a la integridad del sello empleado, como se ha mencionado puede servir como mecanismo de transferencia de carga.

**Para Losa de 25 cms. > Varilla corrugada 5/8" (1.59 cm.) y longitud de 81 cms.
separación de la junta al extremo libre 91 cms.**

CUADRO 4.15
DIAMETROS Y LONGITUDES RECOMENDADOS EN BARRAS DE AMARRE

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. x LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 m	3.60 m
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

4.3.5 SELLADO DE LAS JUNTAS

Evita el ingreso de agua dentro de las juntas, evitando el deterioro de las capas de soporte, los movimientos longitudinales en dirección del carril de tránsito inducen mayores tensiones y deformaciones en el sellador de las juntas transversales, que los de los selladores en las juntas longitudinales, es importante el comportamiento de los selladores la preparación de las cajas de sello.

4.4 CALCULO DE ARMADURAS

4.4.1 VARIABLES PARA CALCULO DE ARMADURAS EN PAVIMENTO CON JUNTAS

- Longitud de losa (L)
Distancia de separación entre juntas transversales, en nuestro, caso 3.70 m.
- Tensiones de trabajo (fs)
La tensión de trabajo recomendada para barras de acero (fs) es 75 % de la tensión de fluencia, por ejemplo para acero grado 60 es de 307 MPa (45,000 psi).
- Actor de fricción (F)
Fuerza requerida, en relación al peso de la losa para hacer deslizar la losa sobre la sub base.

Se utiliza para determinar el porcentaje de acero requerido mediante la ecuación:

$$P_s = (L * F / 2 * f_s) * 100$$

P_s = % de armadura requerida

L = longitud de losa en metros

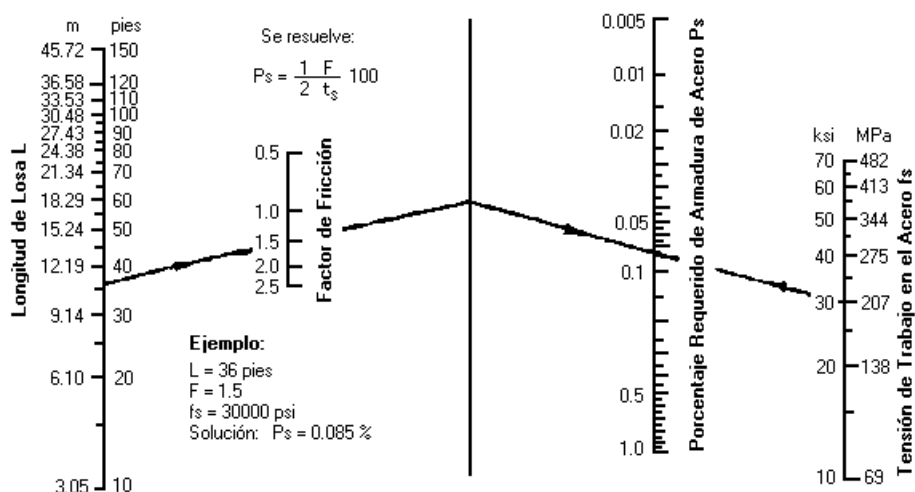
F = Factor de fricción

f_s = tensión de trabajo del acero en psi

CUADRO 4.16
VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN

TIPO DE MATERIAL BAJO LA LOSA	FACTOR DE FRICCIÓN "F"
Tratamiento superficial	2.2
Estabilización con cal	1.8
Estabilización con asfalto	1.8
Estabilización con cemento	1.8
Grava de río	1.5
Piedra triturada	1.5
Arenisca	1.2
Sub rasante natural	0.9

CUADRO 4.17
ABACO DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO ARMADO CON JUNTAS



Para:

ACERO LONGITUDINAL

$L = 3.7$ m = 12.14 pies

$F = 1.5$

$f_s = 45,000$ psi

$P_s = 0.020$ %

ACERO TRANSVERSAL

$L = 3.00$ m = 9.84 pies $P_s = 0.0164$ %

En general se recomienda un mínimo de 0.6 % de armadura longitudinal.

CALCULO DEL NUMERO DE ACERO REQUERIDO

$$N_{min} = 0.01273 * P_{min} * W_s * (D/diam^2)$$

3. DISEÑO DEL PAVIMENTO

EXPEDIENTE TECNICO: "MEJORAMIENTO INTEGRAL DE LA PISTA DE LA AVENIDA G TALARA"

N_{min} = cantidad mínima requerida de barras

P_{min} = Porcentaje mínimo de armadura requerida

W_s = Ancho total de la sección del pavimento (pulg)

D = Espesor de losa de concreto (pulg)

diam= Diámetro de la barra de acero (pulg)

(ACERO LONGITUDINAL)

Para $P_s = 0.6$ y acero de 1"

Número de acero requerido 9 varillas de 1" @ 0.30 m.

(ACERO TRANSVERSAL)

Para $P_s = 0.6$ y acero de 1"

Número de acero requerido 11 varillas de 1" @ 0.30 m.