

DISEÑO DE PAVIMENTOS

Tecnología TCPAVEMENTS



Losas con geometría optimizada
MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y
PEATONAL EN LA APV LOURDES DEL CENTRO POBLADO DE PIURA -
DISTRITO DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE
PIURA - CUI 2402708



Carlos Alberto Araujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623




MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

Índice

1. Variables de diseño	2
2. Criterios de comportamiento.....	3
3. Propiedades de los materiales de soporte para el diseño	3
3.1 Módulo de reacción	3
3.2 Fallas por agrietamiento	3
3.3 Numero de repeticiones de ejes equivalentes	4
3.4 Comportamiento mecánico predecible de falla	4
4. Características estructurales	5
4.1 base granular	5
4.1.1 Consideraciones de colocación de base granular	5
4.2 Capa de rodadura.....	5
4.2.1 Características estructurales de la capa de rodadura.....	5
5. Diseño del pavimento	7
5.1 Parámetros de diseño	7
5.2 Diseño de pavimento metodológico TCP	9
5.3 Toma de decisiones.....	10
5.3.1 Trafico	10
5.3.2 Soporte sub rasante	10
6. Consideraciones de construcción.....	12
6.1 Espesor y dimensiones de losas	12
6.2 Confinamiento lateral (dowells).....	12
6.3 Curado.....	12
6.4 Corte de juntas.....	13
6.5 Juntas de construcción.....	14
6.6 Sello de juntas.....	14
6.7 Apertura al tráfico.....	14
7. Conclusiones y recomendaciones	15
8. Patente de diseño	16

Anexos




Carlos Alberto Arriaga Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE

1. Variables de diseño

Las variables de diseño que se consideran en el programa de cálculo OPTIPAVE son las siguientes:

- Período de diseño
- Tráfico
- Capacidad de soporte conjunto suelo (Kc)
- Propiedades del hormigón
- Confiabilidad
- Porcentaje losas fisuradas al término de la vida útil de diseño
- Clima como % de tiempos de alabeos
- Diseño del Proyecto

Cada una de estas variables incluye a su vez "sub-variables", las cuales son:

- Clasificación de Subrasante
- % CBR Subrasante
- Clasificación de Base
- %CBR de Base
- Espesor de Base
- Resistencia del concreto a la flexo tracción
- Fibra Estructural
- Módulo Elasticidad
- Módulo Poisson
- Transferencia de Carga
- % de losas agrietadas al tiempo de diseño
- Tipo de Borde
- Largo de la losa




Carlos Alberto Maujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE


2. Criterios de comportamiento

El software utilizado por el método TCP incorpora el concepto de estructura equivalente, y utiliza un análisis de elementos finitos, para obtener valores del comportamiento mecánico de la estructura del pavimento ante las tensiones y deformaciones que sufre el material por carga, y proyectar el deterioro del mismo. A continuación, se mencionan los tres criterios que considera la metodología durante el diseño:

- Diseñar las dimensiones de las losas, tal que un sólo set de ruedas de los vehículos cargue una sola losa a la vez.
- Calcular tensiones generadas en el concreto para diferentes condiciones (Alabeo, espesor, carga, tráfico, tipos de eje, etc). El cálculo se realiza en cuatro puntos críticos de la losa, para evaluar la peor condición.
- Identificar los valores del daño por fatiga generado en cada punto de control. Los datos de entrada son las características de los materiales y el espesor de cada capa. Se trabaja con el módulo de resiliencia de los materiales.

3. Propiedades de los materiales de soporte para el diseño

3.1 Módulo de reacción

El cálculo del módulo de reacción equivalente, deriva de la deflexión en la superficie, que se genera por una placa de carga rígida.

3.2 Fallas por agrietamiento

El agrietamiento obtenido por el software es de tres tipos, transversal, longitudinal y de esquina.



Carlos Alberto Arayo Castillo
Carlos Alberto Arayo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

3.3 Numero de repeticiones de ejes equivalentes

El número de repeticiones de carga admisibles es una función de la tensión y la resistencia del concreto, según la siguiente ecuación:

$$\log(N_{i,j,k,l}) = 2 * \left(\frac{\sigma_{i,j,k,l}}{MOR * C_1 * C_2} \right)^{-1.22}$$

Donde:

$N_{i,j,k,l}$ = Repeticiones de carga admisibles para la condición i, j, k, l

$\sigma_{i,j,k,l}$ = Tensión para la condición i, j, k, l

h_{pcc} = Espesor concreto

C_{2-} = Factor por fibra estructural: $C_2 = \frac{f_{150}^{150}}{MOR} * SF * a$

C_1 = Factor por tipo de fractura: $C_1 = a * h_{pcc}^2 + b * h_{ppc} + c$

A, b, c = factores de calibración

MOR= Resistencia a la flexo tracción

3.4 Comportamiento mecánico predecible de falla

Dada la cantidad de ejes equivalentes admisibles, se calcula el porcentaje calculado de losas agrietadas con el modelo de diseño MEPDG -AASHTO 2002. Se realizan iteraciones hasta que se encuentre el resultado óptimo.

$$Crack (\%) = \frac{1}{1 + b * FD^a}$$

El daño por fatiga en tanto se obtiene por el coeficiente entre el número de pasadas reales de una cierta carga dividido por el número de pasadas admisibles:

$$FD = \sum \frac{n_{i,j,k,l}}{N_{i,j,k,l}}$$

FD= Daño por fatiga total



[Signature]
Carlos Alberto Argandoña Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623

[Signature]
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

4. Características estructurales

4.1 Base granular

La base del pavimento deberá contar con un valor de CBR igual mayor a 80% de la densidad compactada del 98 % del Proctor Modificado y deberá ser granular con un porcentaje de finos inferior a 12% en malla 200 y un índice de plasticidad menor a 6.

4.1.1 Consideraciones de colocación de subbase granular

En el caso que exista agua en la subrasante, ya sea por capa freática o por lluvias de más de 1.0 mm. Al año, se colocará un geo textil entre la base granular y la subrasante. Esto se realiza con el fin de aislar la base de contaminación o migración de posibles finos que contenga el suelo natural.

En el caso de que no exista presencia de agua o ésta sea inferior a 1.0 mm, al año, la base se coloca directamente sobre la subrasante.

4.2 Capa de rodadura

Concreto premezclado (ASTM C-94) y especificaciones ACI emitidas para el efecto.

4.2.1 Características estructurales de la capa de rodadura

La apertura al tráfico se puede realizar cuando el concreto alcance una resistencia a la compresión de 250 Kg/cm². Esta resistencia indica un valor de MR= 4.2 Mpa. A continuación, se muestran diferentes resistencias a la compresión de pavimentos según valores de Modulo de rotura que poseen, para su apertura al público.

Table 7. Strength necessary to open concrete pavement to public traffic (Based on References 14 and 15).

Slab Thickness	Foundation Support*	Opening Strength**	
		Flexural (3rd-Point) MPa (psi)	Compressive*** MPa (psi)
150 mm (6.0 in.)	Granular	3.7 (540)	7.6 (1100)
	Stabilized	2.6 (370)	11.7 (1680)
200 mm (8.0 in.)	Granular	2.3 (330)	9.3 (1350)
	Stabilized	2.1 (300)	7.6 (1100)
250 mm (10.0 in.)	Granular	2.1 (300)	7.6 (1100)
	Stabilized	2.1 (300)	7.6 (1100)



* Granular Foundation consists of Modules of Subgrade Reaction, K=27 MPa/m (100 pci/in). Stabilized foundation assumes K=7.25 MPa/m (500 pci/in).
 ** Assumes three and six 500 mm (19.7 in.) equivalent strips and that (1) SAI (spacing) between time of opening and time concrete reaches design strength (1.31 day strength).
 *** There was no compressive strength criteria in the original research (Reference 14). The values shown here were developed using the correlation equation developed in this section with C-9.0. It is strongly recommended to develop a proper correlation between flexural and compressive strength for these mixtures.

Boletín: Concrete Paving Technology, ACPA

Carlos Alberto Arayo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN

Es importante precisar que para abrir al tráfico en el tiempo especificado, se debe conducir el tránsito sobre la losa, de tal modo, que este no pase a menos 30 cms del borde libre de la losa durante los primeros días. Esto se puede realizar mediante la colocación de señalética, barreras, veredas o borde.





Carlos Alberto Arayo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623




MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

5. Diseño del pavimento

Los datos considerados en el diseño corresponden a la información entregada por el solicitante y serán los incorporados como data del programa Optipave 2.5, para el diseño de pavimentos optimizados TCPavements®, correspondiente al diseño solicitado.

Las variables, cálculos y resultados del diseño del pavimento rígido del proyecto se muestran en la memoria de cálculo.

5.1 Parámetros de diseño

Para el presente proyecto: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA APV LOURDES DEL CENTRO POBLADO DE PIURA - DISTRITO DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA – DEPARTAMENTO DE PIURA - CUI 2402708”, se ha desarrollado el diseño de pavimento mediante la tecnología de losas optimizadas. Para el presente diseño se ha considerado el tráfico y suelos del presente proyecto de los estudios básicos respectivos.

PARAMETROS Periodo de diseño:

- 20 años
- Tráfico
 - 103,000.00 EE
- CBR% del suelo:
 - 10.59%
- Módulo de rotura:
 - 4.0 Mpa
- Módulo de Reacción (Kc):
 - 7.90 Mpa/m
- Influencia del agua no afecta a la estructura (equivalente a Cd):
 - Geo textil entre sub-rasante: NO
- Propiedades de la Base:
 - Granular finos: $\leq 12.00\%$
 - % CBR Mejoramiento de suelo: NO
 - % CBR Base (Afirmado): $\geq 80\%$
 - Espesor de la Base (Afirmado): 15 cm
 - % Coeficiente traspaso de carga (equivalente a factor de



Carlos Alberto Arango Castillo
Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
J E F E

- Propiedades del concreto:
 - MR 4.0 Mpa. – Flexo tracción (28 días): 4.0 (40kg/cm²)
 - Fibra de Polipropileno Estructural: NO
 - Nivel de confianza: 80%
 - Tamaño máximo agregado (mm): 40
 - Módulo de elasticidad del concreto: 29,000 MPa
 - Coeficiente de retracción térmica: $1 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$
 - Retracción hidráulica del hormigón: 700 micrones a 90 días

- Confiabilidad: 80 %

- Clima como % de tiempos de alabeos:
 - Seleccionar según condiciones del proyecto
 - 0°C 15%
 - -5°C 25%
 - -10°C 30%
 - -15°C 30%

- Sello de juntas: NO

- Barras de traspaso de carga: NO

- Barras de amarre: NO

- Confinamiento lateral: Sardineles

- Modulación de paños: 1.80 x 1.80 m

- Espesor del Pavimento: 150 MM

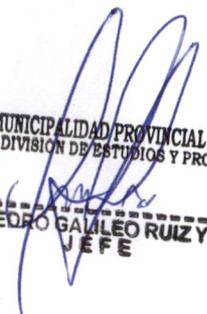
- Fibra: NO





Carlos Alberto Aragón Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE



5.3 Toma de decisiones

Para el presente diseño se han tenido en cuenta el estudio de tráfico y estudio de suelos con fines de pavimentación, los cuales reflejan tanto el tráfico actuante y tráfico futuro en la vía, además del suelo que será el apoyo para el pavimento a construir; En la presente sección se indica las consideraciones para el diseño de pavimentos de acuerdo a los estudios:

5.3.1 Trafico

Teniendo en cuenta el estudio de tráfico se han tenido 2 puntos de control de tráfico ubicadas en la garita de ingreso a la urbanización Lourdes y entre la Av. A y jirón C obteniendo el siguiente IMDA:

Cuadro 13: Resumen de la estación 01 Y su IMD

Tipo de Vehículo	lunes	Martes	Miercoles	Jueves	viernes	Sabado	Domingo	total	IMDa	Fc	IMDa
automoviles	885	463	997	857	524	557	200	4 100	960	0.301	136.2
camioneta	156	125	187	122	165	134	84	903	140	0.301	47.3
Micro										0.659	0.0
Bus	2		2		2			6	1	0.65	0.0
camion 2E	2			2		2		6	1	1.051	0.0
Camion 3E										1.285	0.0
Camion 4E										1.295	0.0
Articulados										1.492	0.0
Total	1,045	588	1,106	681	681	683	282	5,095	726		220

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14: Resumen de la estación 02 y su IMD

Tipo de Vehículo	lunes	Martes	Miercoles	Jueves	viernes	Sabado	Domingo	total	IMDa	Fc	IMDa
automoviles	499	221	506	250	267	281	88	2,001	297	0.301	89.2
camioneta	83	51	83	51	45	38	30	381	54	0.301	16.4
Micro										0.659	0.0
Bus			2		2			4	1	0.65	0.4
camion 2E	4		1	2	2	2		11	2	1.051	1.2
Camion 3E										1.285	0.0
Camion 4E										1.295	0.0
Articulados										1.492	0.0
Total	586	272	589	303	316	291	118	2,477	354		168

Fuente: Elaboración propia

Fuente: estudio de tráfico

Teniendo en cuenta el IMDA, en el estudio de tráfico se procedió al cálculo de ejes equivalentes:

	Ejes Equivalentes ESAL	
	Tráfico Acumulado	Formato Científico
2022	8,605	8.60.E+03
2023	8,613	8.61.E+03
2024	17,554	1.76.E+04
2025	26,840	2.68.E+04
2026	36,491	3.65.E+04
2027	46,527	4.65.E+04
2028	56,971	5.70.E+04
2029	67,846	6.78.E+04
2030	79,176	7.92.E+04
2031	90,988	9.10.E+04
2032	103,309	1.03.E+05

Fuente: Elaboración propia

Fuente: estudio de tráfico



Carlos Alberto Arayjo Castillo
Carlos Alberto Arayjo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE

Soporte sub rasante

De acuerdo al estudio de suelos del presente proyecto se han obtenido 05 calicatas con una profundidad de 1.50 m, de las cuales se han extraído muestras para el ensayo de CBR para poder clasificar la sub rasante y corroborar que el suelo es apto para construir un pavimento, obteniendo los siguientes resultados:

Calicata	CBR	Suelo
C01	16.41	SP-SM
C02	-	SP-SM
C03	13.69	SP-SM
C04	-	SP-SM
C05	10.59	SP-SM

Teniendo un sub rasante BUENA, clasificada de acuerdo al manual de carreteras:

Categorías de Subrasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	De CBR ≥ 30%

De acuerdo a los resultados de los ensayos de CBR se cuenta con un suelo de BUENA calidad. Al tener resultados de CBR parecidos se ha considerado el valor mínimo para el diseño 10.59%.



Katy
 Carlos Alberto Araujo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

[Signature]
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 E F E

6. Consideraciones de construcción

6.1 Espesor y dimensiones de losas

Se utilizará estrictamente los espesores y dimensiones de losas indicados en este informe, calculados por el método de diseño TCP® para pavimentos de losas optimizadas, (según patente de invención en Perú, INDECOPI N° 5940).

Para todos los efectos de recepción se utilizarán los criterios descritos en los códigos de buena práctica A.C.I. (American Concrete Institute) y/o ACPA (American Concrete Pavement Association).

6.2 Confinamiento lateral (dowells)

El pavimento no llevará barras de traspaso de carga, ni de amarre, en el caso que el pavimento este confinado por sardineles, veredas o cualquier otro tipo de confinamiento rígido.

Por otro lado, si no se tuviese confinamiento lateral, se colocarán 2 fierros de ½" de diámetro por losa de pavimento, colocados en forma vertical al costado externo de las losas, la longitud de estos fierros será de al menos 40 cm, pero de largo tal que asegure un buen anclaje en la base (la longitud dependerá del tipo de base). La ubicación será a 50 cms de la junta, pegados al concreto de la losa, estos fierros deberán enterrarse hasta que la parte superior quede 5 cms bajo la cota superior del pavimento.

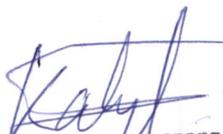
La finalidad de estos fierros es evitar el desplazamiento lateral de las losas.

6.3 Curado

Una vez terminado el último trabajo de concreto, es decir realizado el rayado de la superficie del concreto, este se deberá curar, siendo las recomendaciones del diseño TCP en general, un curado en dos etapas:

- **Colocar retardador de fraguado:** Se debe de colocar sobre el concreto aún fresco, entre lapsos de espera durante la colocación superficial del concreto y/o la aplicación de la membrana de curado. Este producto evitará las primeras fisuras por retracción plástica y disminuirá el alabeo de construcción por secado de la superficie.
- **Colocar membrana de curado tradicional:** Una vez terminada la exudación del concreto, se aplicará la membrana de curado.




Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE

En caso de que la temperatura en la noche sufra descensos importantes (mayor a 10°C) se recomienda complementar este curado, mediante la colocación de una aislación térmica superficial como geo textil grueso o polietileno con burbujas (las burbujas tocando la superficie del pavimento), materiales que deberán cubrir el concreto por lo menos la primera noche, colocado 1 hora después de realizada la última etapa de curado. Esta aislación permite disminuir el alabeo inicial de las losas, además de acelerar la apertura al tráfico.

6.4 Corte de juntas

Se deberán cortar las juntas de contracción longitudinal y transversal en el pavimento a partir del momento en que se pueda colocar una máquina de corte sobre la superficie de rodado sin dejar marcadas las huellas (aproximadamente 6 - 8 horas). Las juntas tanto transversales como longitudinales no serán selladas.

El corte se deberá realizarse continuamente, por lo menos, con 3 equipos con sierra delgada igual o menor a 3,0 mm de espesor, para evitar el ingreso de partículas dañinas al interior de la junta. Los discos deberán estar en buen estado y dentro de la tolerancia recomendada por el fabricante. En el caso de utilizar Soft-Cut se deberá cambiar el patín con cada sierra.

El contratista deberá considerar el endurecimiento del concreto y la temperatura ambiente para definir el momento cuando se debe efectuar el corte de juntas, el cual deberá realizarse lo antes posible para evitar fisuras por retraso de corte y disminuir tensiones de alabeo en las losas.

Se podrán utilizar máquinas de corte en fresco tipo Soft-Cut o tradicionales con agua. En ambos casos los equipos deberán estar funcionando según, las especificaciones y tolerancias recomendadas por el fabricante. En ningún caso la hoja podrá tener vibraciones.

Se deberá contar con la cantidad de recursos, equipos y sierras de corte necesarios para realizar esta tarea. En el caso, de que no se pueda disponer de una cantidad suficiente de equipos, se deberá comenzar cortando la junta o juntas longitudinales más cercanas a los bordes del pavimento construido (cuando se pavimenta a dos carriles a la vez) y transversales.




Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALLEGO RUIZ YESAN
JEFE

6.5 Juntas de construcción

Junta de construcción longitudinal: En caso de concretarse en 2 pistas, se colocarán barras de amarre de ½"; corrugadas con 70 cms. de largo. Se deberá colocar dos barras en cada losa, separadas a la mitad del largo de la losa y a un cuarto del largo de la losa de la junta transversal.

En el caso de construir el pavimento en el ancho total (2 pistas) estas barras no son necesarias. Luego se colocará el concreto procurando vibrar el borde contiguo a la junta realizada. Se debe cortar la parte superior de la junta de construcción longitudinal con la sierra descrita en el punto anterior.

Junta de construcción transversal: Llevara barras de traspaso de cargas lisas de 1" y 40 cms. de longitud, colocadas cada 30 cm en la mitad del espesor de la losa, alineadas en el sentido longitudinal del camino.

6.6 Sello de juntas

El Diseño de pavimentos TCP no contempla sello de juntas. El corte con sierra de hasta 3.0 mm; evita el ingreso de partículas incompresibles y la base con menos de 8% de finos bajo # 200, es drenante, por lo que saca el agua bajo las losas. Esta base debe continuarse hasta el borde del camino y conectarla a los drenajes y en calles urbanas conectarla a las alcantarillas.

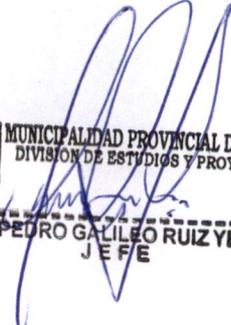
6.7 Apertura al tráfico

El pavimento se podrá abrir al tráfico cuando tenga una resistencia a compresión de 250 kg /cm²; para losas de espesor igual o mayor a 12 cm. Asimismo, losas menores de 12 cm, cuando tenga una resistencia de 350 kg /cm².





Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE

7. Conclusiones y recomendaciones

- Con esta nueva propuesta, donde se apoya un set de ruedas por cada losa, las tensiones se ven disminuidas con respecto a las producidas en las losas con dimensiones tradicionales. Esto permite adelgazar el espesor de los pavimentos según los cálculos expresados en los puntos anteriores.
- En climas calurosos es recomendable construir en horario donde la temperatura no esté tan elevada, recomendando empezar a partir de las 5:00pm los vaciados de concreto.
- Se deberá contar con la cantidad de recursos, equipos y sierras de corte necesarios para realizar esta tarea. En el caso, de que no se pueda disponer de una cantidad suficiente de equipos, se deberá comenzar cortando la junta o juntas longitudinales más cercanas a los bordes del pavimento construido (cuando se pavimenta a dos carriles a la vez) y transversales.
- El pavimento se podrá abrir al tráfico cuando tenga una resistencia a compresión de 250 kg /cm²; para losas de espesor igual o mayor a 12 cm. Asimismo, losas menores de 12 cm, cuando tenga una resistencia de 350 kg /cm²
- Se debe seguir todas las recomendaciones mencionadas en el presente documento en cada una de las secciones.





Carlos Alberto Araujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623




MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
J E E

8. Patente de diseño

La tecnología TCP (Thin Concrete Pavements), el método de diseño y construcción de losas delgadas de concreto perfeccionadas para uso en pavimentación y demás derechos relacionados con dicha tecnología (software, know-how, secretos industriales, marcas comerciales, manuales, instructivos, etc.), son de propiedad exclusiva de Comercial TCPavements Ltda. Este método está protegido por las leyes y tratados internacionales vigentes en materia de Propiedad Industrial e Intelectual, en particular el Estados Unidos por la patente U.S. Patent N°7.571.581 y en la República del Perú por la patente, Indecopi N° 5940.

A continuación, se muestran las tarifas por la aplicación de la metodología TCP durante el diseño y construcción del proyecto en estudio.

Espesor del diseño TCP	Sin fibra	8 cm	9-12 cm	13-15 cm	16-18 cm	> 18 cm
	Con fibra	7-8 cm	9-11 cm	12-14 cm	15-17 cm	> 17 cm
Tarifa en Chile (m ²)		0,275 UF	0,025 UF	0,041 UF	0,035 UF	0,041 UF
Tarifa internacional (m ²)		0,55 UF				



[Signature]

Carlos Alberto Araujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623



[Signature]

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE



ANEXOS





Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS



Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE

Resumen de Diseño

Características de la Capa de Hormigon

Largo Losa (m)	1.80
Espesor Losa de Hormigón (mm)	118
Resistencia a la Flexión (Mpa)	3.4
Fibra Estructural	No

Tráfico

Ejes Equivalentes Totales	103,000
---------------------------	---------

Características de la Base

Tipo de Base	A-1-a
Módulo (Mpa)	210
Espesor (mm)	150

Características de la Subrasante

Módulo Resiliente Invierno (Mpa)	80
Módulo Resiliente Verano (Mpa)	96

Clima

Zona	dry_nonfreeze
------	---------------

Resultado

Losas Agrietadas a Confiabilidad Especificada	30%
Escalonamiento Promedio a Confiabilidad Especificada (m/km)	0.05
IRI a Confiabilidad Especificada (m/km)	2.89

Diseño

Vida de Diseño	20
Largo Losa (m)	1.80
Espesor Losa (mm)	118
Tipo de Borde	Berma de Hormigón
Losa Exterior con Sobreancho	No
Barras de Transferencia de Carga	No
Dren Lateral	No
Interfaz Pavimento-Base	No Adherido
IRI Inicial de Construcción (m/km)	2.2
Porcentaje Maximo de Losas Agrietadas Admisible	30%
IRI Máximo Permitido (m/Km)	3.5
Escalonamiento Promedio Máximo Permitido (mm)	5.0
Confiabilidad de Diseño	80%



Carlos Alberto Araya Castillo
 Carlos Alberto Araya Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesam
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
 JEFE

Tráfico

Método de Análisis de Tráfico	Ejes Equivalentes
Clasificación del Tráfico	STREETPAVE RESIDENTIAL
Tasa de Crecimiento Anual de Tráfico	4%
Distancia Huella a Línea de Demarcación (cm)	450
Desv. Estándar de la Distribución Lateral del Tráfico (cm)	250

Hormigón

Tipo de Ensayo de Resistencia	Flexotracción
Edad de Ensayo	28 Días
Resistencia (Mpa)	3.4
Confiabilidad Diseño de Hormigón	80%
Desviación Estándar Diseño de Hormigón (Mpa)	0.4
Aumento Resistencia 29 a 90 Días	1.1
Módulo de Elasticidad (Mpa)	29,000
Peso Especifico (Kg/cm ³)	2,400
Módulo de Poisson	0.15
Coefficiente de Dilatación Térmico (1/°C)	1.00E-05
Retracción a 365 Días (micr)	700
Contenido de Aire	3%
Relación Agua/Cemento	0.45
Resistencia Final (Mpa)	4.1
Fibra Estructural	No

Clima

Pais	generic
Zona	dry_nonfreeze
Gradiente Equivalente de Construcción (°C)	-10
Temperatura Media Invierno (°C)	23.4
Temperatura Media Verano (°C)	33
Temperatura Fraguado del Hormigón (°C)	45
N° de Días al año Con Precipitaciones	161
Índice de Congelamiento de la Base	0%

Suelo

N° Capas	1
Resistencia a la Erosión	4
Coefficiente de fricción Pavimento-Base	0.65
Porcentaje Material Fino	0%

Subrasante	
Módulo Resiliente Invierno (Mpa)	79.79
Módulo Resiliente Verano (Mpa)	96
Módulo Poisson	0.35

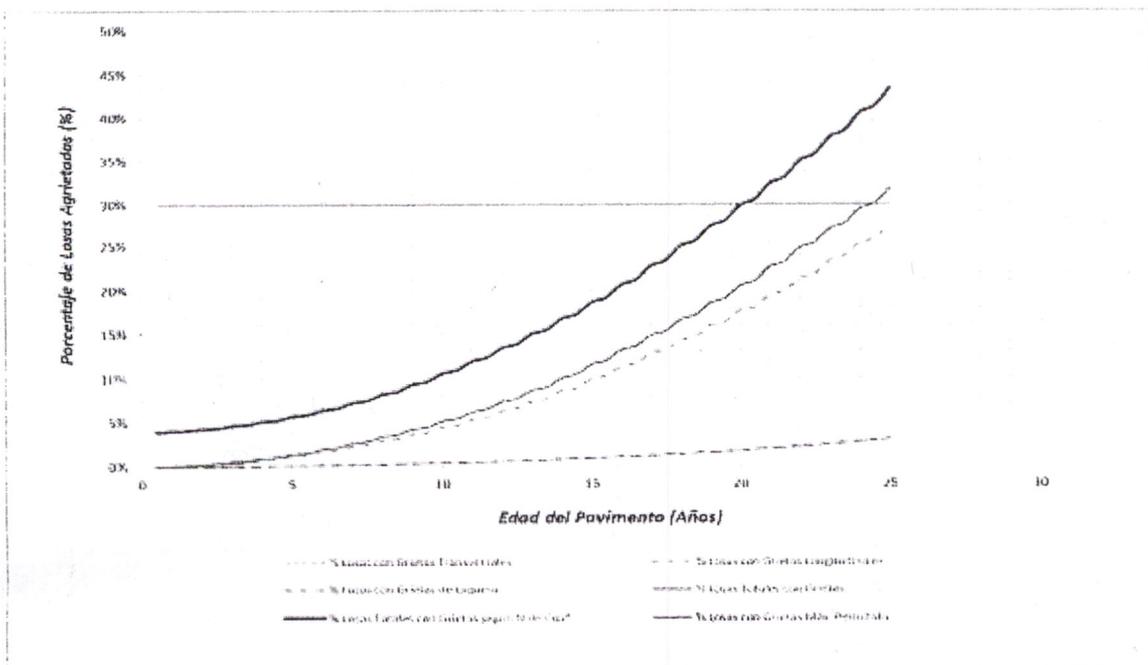
Base	
Módulo Resiliente (Mpa)	210
Módulo de Poisson	0.35
Espesor (mm)	150.0



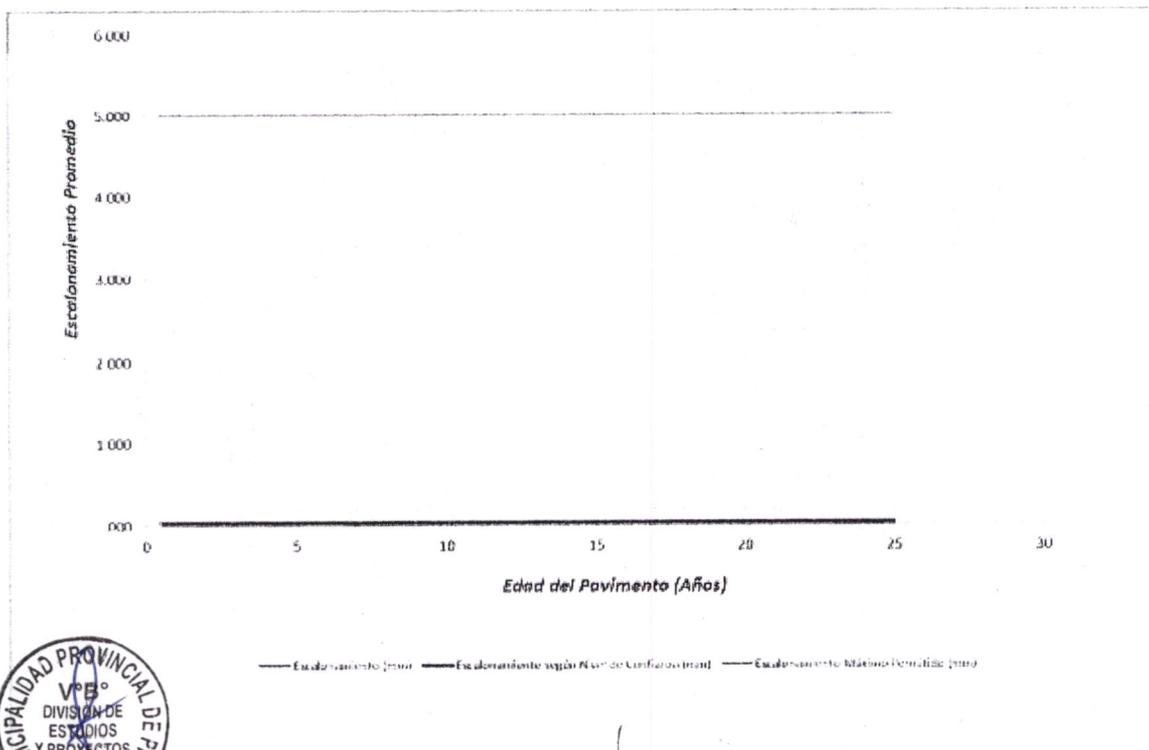
Carlos Alberto Araujo Castillo
 Carlos Alberto Araujo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 J E F E

Agrietamiento:



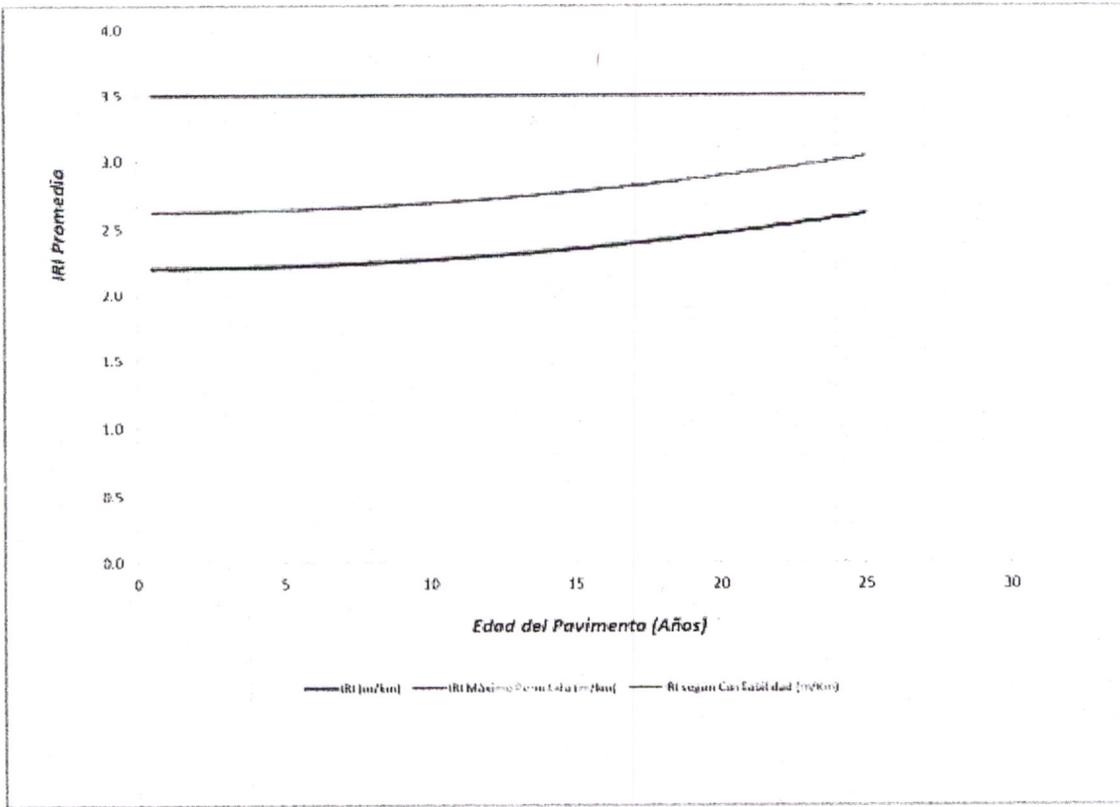
Escalonamiento:



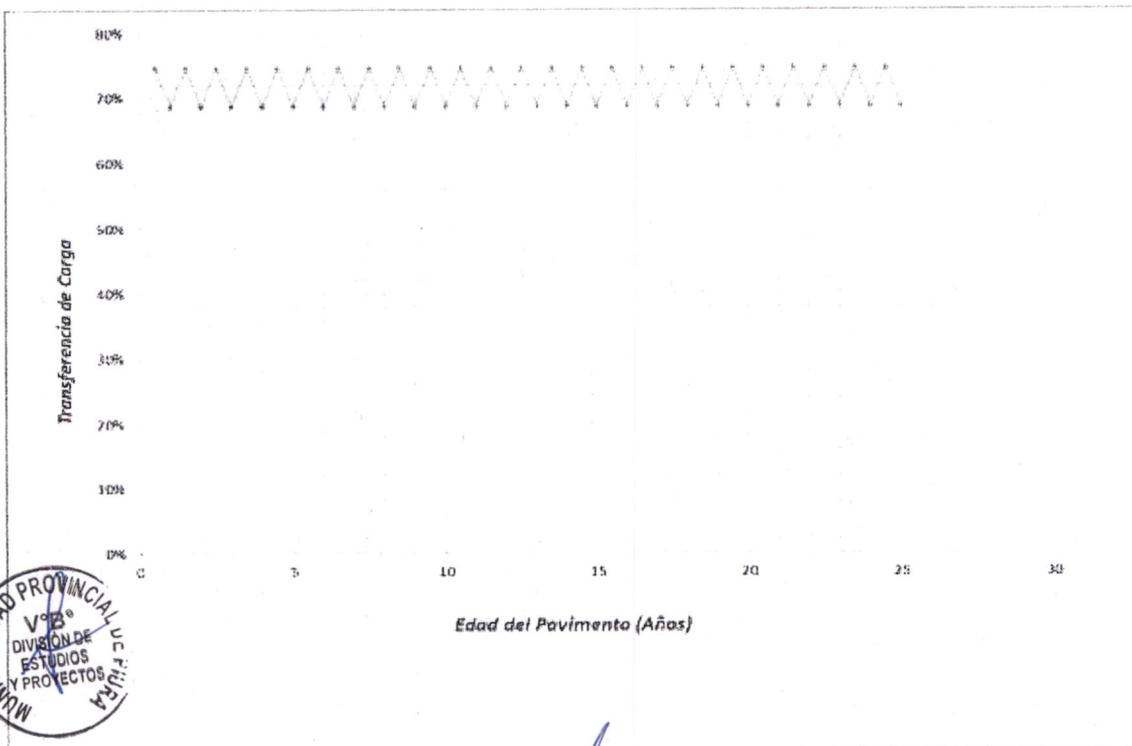
Carlos Alberto Araya Castillo
Carlos Alberto Araya Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE

IRI:



Transferencia de cargas:



Carlos Alberto Araujo Castillo
 Carlos Alberto Araujo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE

DISEÑO DE PAVIMENTOS

Tecnología TCPAVEMENTS

Losas con geometría optimizada
MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y
PEATONAL EN LA APV LOURDES DEL CENTRO POBLADO DE PIURA -
DISTRITO DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA – DEPARTAMENTO DE
PIURA - CUI 2402708





Carlos Alberto Araujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623




MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE

Índice

1. Variables de diseño	2
2. Criterios de comportamiento.....	3
3. Propiedades de los materiales de soporte para el diseño	3
3.1 Módulo de reacción	3
3.2 Fallas por agrietamiento	3
3.3 Numero de repeticiones de ejes equivalentes	4
3.4 Comportamiento mecánico predecible de falla	4
4. Características estructurales.....	5
4.1 base granular	5
4.1.1 Consideraciones de colocación de base granular	5
4.2 Capa de rodadura.....	5
4.2.1 Características estructurales de la capa de rodadura.....	5
5. Diseño del pavimento	7
5.1 Parámetros de diseño	7
5.2 Diseño de pavimento metodológico TCP.....	9
5.3 Toma de decisiones.....	10
5.3.1 Trafico	10
5.3.2 Soporte sub rasante	10
6. Consideraciones de construcción.....	12
6.1 Espesor y dimensiones de losas	12
6.2 Confinamiento lateral (dowells).....	12
6.3 Curado.....	12
6.4 Corte de juntas.....	13
6.5 Juntas de construcción.....	14
6.6 Sello de juntas	14
6.7 Apertura al tráfico.....	14
7. Conclusiones y recomendaciones	15
8. Patente de diseño	16

Anexos



Carlos Alberto Ayala Castillo
 Carlos Alberto Ayala Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Pedro Galileo Ruiz Yesam
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
 JEFE

1. Variables de diseño

Las variables de diseño que se consideran en el programa de cálculo OPTIPAVE son las siguientes:

- Período de diseño
- Tráfico
- Capacidad de soporte conjunto suelo (Kc)
- Propiedades del hormigón
- Confiabilidad
- Porcentaje losas fisuradas al término de la vida útil de diseño
- Clima como % de tiempos de alabeos
- Diseño del Proyecto

Cada una de estas variables incluye a su vez "sub-variables", las cuales son:

- Clasificación de Subrasante
- % CBR Subrasante
- Clasificación de Base
- %CBR de Base
- Espesor de Base
- Resistencia del concreto a la flexo tracción
- Fibra Estructural
- Módulo Elasticidad
- Módulo Poisson
- Transferencia de Carga
- % de losas agrietadas al tiempo de diseño
- Tipo de Borde
- Largo de la losa




Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

2. Criterios de comportamiento

El software utilizado por el método TCP incorpora el concepto de estructura equivalente, y utiliza un análisis de elementos finitos, para obtener valores del comportamiento mecánico de la estructura del pavimento ante las tensiones y deformaciones que sufre el material por carga, y proyectar el deterioro del mismo. A continuación, se mencionan los tres criterios que considera la metodología durante el diseño:

- Diseñar las dimensiones de las losas, tal que un sólo set de ruedas de los vehículos cargue una sola losa a la vez.
- Calcular tensiones generadas en el concreto para diferentes condiciones (Alabeo, espesor, carga, tráfico, tipos de eje, etc). El cálculo se realiza en cuatro puntos críticos de la losa, para evaluar la peor condición.
- Identificar los valores del daño por fatiga generado en cada punto de control. Los datos de entrada son las características de los materiales y el espesor de cada capa. Se trabaja con el módulo de resiliencia de los materiales.

3. Propiedades de los materiales de soporte para el diseño

3.1 Módulo de reacción

El cálculo del módulo de reacción equivalente, deriva de la deflexión en la superficie, que se genera por una placa de carga rígida.

3.2 Fallas por agrietamiento

El agrietamiento obtenido por el software es de tres tipos, transversal, longitudinal y de esquina.





Carlos Alberto Arriaga Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623




MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
J E F E

3.3 Numero de repeticiones de ejes equivalentes

El número de repeticiones de carga admisibles es una función de la tensión y la resistencia del concreto, según la siguiente ecuación:

$$\log(N_{i,j,k,l}) = 2 * \left(\frac{\sigma_{i,j,k,l}}{MOR * C_1 * C_2} \right)^{-1.22}$$

Donde:

$N_{i,j,k,l}$ = Repeticiones de carga admisibles para la condición i, j, k, l

$\sigma_{i,j,k,l}$ = Tensión para la condición i, j, k, l

h_{pcc} = Espesor concreto

C_{2-} = Factor por fibra estructural: $C_2 = \frac{f_{150}^{150}}{MOR} * SF * a$

C_1 = Factor por tipo de fractura: $C_1 = a * h_{pcc}^2 + b * h_{ppc} + c$

A, b, c = factores de calibración

MOR= Resistencia a la flexo tracción

3.4 Comportamiento mecánico predecible de falla

Dada la cantidad de ejes equivalentes admisibles, se calcula el porcentaje calculado de losas agrietadas con el modelo de diseño MEPDG -AASHTO 2002. Se realizan iteraciones hasta que se encuentre el resultado óptimo.

$$Crack (\%) = \frac{1}{1 + b * FD^a}$$

El daño por fatiga en tanto se obtiene por el coeficiente entre el número de pasadas reales de una cierta carga dividido por el número de pasadas admisibles:

$$FD = \sum \frac{n_{i,j,k,l}}{N_{i,j,k,l}}$$

FD= Daño por fatiga total



Carlos Alberto Araya Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623



Pedro Galileo Ruiz Yesan
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

4. Características estructurales

4.1 Base granular

La base del pavimento deberá contar con un valor de CBR igual mayor a 80% de la densidad compactada del 98 % del Proctor Modificado y deberá ser granular con un porcentaje de finos inferior a 12% en malla 200 y un índice de plasticidad menor a 6.

4.1.1 Consideraciones de colocación de subbase granular

En el caso que exista agua en la subrasante, ya sea por capa freática o por lluvias de más de 1.0 mm. Al año, se colocará un geo textil entre la base granular y la subrasante. Esto se realiza con el fin de aislar la base de contaminación o migración de posibles finos que contenga el suelo natural.

En el caso de que no exista presencia de agua o ésta sea inferior a 1.0 mm, al año, la base se coloca directamente sobre la subrasante.

4.2 Capa de rodadura

Concreto premezclado (ASTM C-94) y especificaciones ACI emitidas para el efecto.

4.2.1 Características estructurales de la capa de rodadura

La apertura al tráfico se puede realizar cuando el concreto alcance una resistencia a la compresión de 250 Kg/cm². Esta resistencia indica un valor de MR= 4.2 Mpa.

A continuación, se muestran diferentes resistencias a la compresión de pavimentos según valores de Modulo de rotura que poseen, para su apertura al público.

Table 7. Strength necessary to open concrete pavement to public traffic (Based on References 14 and 15).

Slab Thickness	Foundation Support*	Opening Strength**	
		Flexural (Mod-Point) MPa (psi)	Compressive*** MPa (psi)
150 mm (6.0 in.)	Granular	3.7 (540)	24.8 (3600)
	Stabilized	2.6 (370)	11.7 (1690)
200 mm (8.0 in.)	Granular	2.3 (330)	9.3 (1350)
	Stabilized	2.1 (300)	7.6 (1100)
250 mm (10.0 in.)	Granular	2.1 (300)	7.6 (1100)
	Stabilized	2.1 (300)	7.6 (1100)

* Granular Foundation assumes a Modulus of Subgrade Reaction, $k=2.7$ MPa/cm (100 psi/in). Stabilized foundation assumes $k=1.25$ MPa/cm (500 psi/in).
 ** Assumes travel with the 500 mm (19.7 in) spacing (single axle) and (if SA) repeaters between time of opening and time concrete reaches design strength (28 day strength).
 *** These are the compressive strength values at the design strength (Reference 14). The values shown here were developed using the correlation equation described in this section with C-9.0. It is strongly recommended to develop a unique correlation between flexural and compressive strength for new materials.

Boletín: Concrete Paving Technology, ACPA



Carlos Alberto Argandoña Castillo
 Carlos Alberto Argandoña Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 J E F E

Es importante precisar que para abrir al tráfico en el tiempo especificado, se debe conducir el tránsito sobre la losa, de tal modo, que este no pase a menos 30 cms del borde libre de la losa durante los primeros días. Esto se puede realizar mediante la colocación de señalética, barreras, veredas o borde.





Carlos Alberto Araujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623




MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
J E F E

5. Diseño del pavimento

Los datos considerados en el diseño corresponden a la información entregada por el solicitante y serán los incorporados como data del programa Optipave 2.5, para el diseño de pavimentos optimizados TCPavements®, correspondiente al diseño solicitado.

Las variables, cálculos y resultados del diseño del pavimento rígido del proyecto se muestran en la memoria de cálculo.

5.1 Parámetros de diseño

Para el presente proyecto: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA APV LOURDES DEL CENTRO POBLADO DE PIURA - DISTRITO DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA – DEPARTAMENTO DE PIURA - CUI 2402708”, se ha desarrollado el diseño de pavimento mediante la tecnología de losas optimizadas. Para el presente diseño se ha considerado el tráfico y suelos del presente proyecto de los estudios básicos respectivos.

PARAMETROS Periodo de diseño:

- 20 años
- Tráfico
 - 103,000.00 EE
- CBR% del suelo:
 - 10.59%
- Módulo de rotura:
 - 4.0 Mpa
- Módulo de Reacción (Kc):
 - 7.90 Mpa/m
- Influencia del agua no afecta a la estructura (equivalente a Cd):
 - Geo textil entre sub-rasante: NO
- Propiedades de la Base:
 - Granular finos: $\leq 12.00\%$
 - % CBR Mejoramiento de suelo: NO
 - % CBR Base (Afirmado): $\geq 80\%$
 - Espesor de la Base (Afirmado): 15 cm
 - % Coeficiente traspaso de carga (equivalente a factor J): 3.8




Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623


Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE

- Propiedades del concreto:
 - MR 4.0 Mpa. – Flexo tracción (28 días): 4.0 (40kg/cm²)
 - Fibra de Polipropileno Estructural: NO
 - Nivel de confianza: 80%
 - Tamaño máximo agregado (mm): 40
 - Módulo de elasticidad del concreto: 29,000 MPa
 - Coeficiente de retracción térmica: $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
 - Retracción hidráulica del hormigón: 700 micrones a 90 días

- Confiabilidad: 80 %

- Clima como % de tiempos de alabeos:
 - Seleccionar según condiciones del proyecto
 - 0°C 15%
 - -5°C 25%
 - -10°C 30%
 - -15°C 30%

- Sello de juntas: NO

- Barras de traspaso de carga: NO

- Barras de amarre: NO

- Confinamiento lateral: Sardineles

- Modulación de paños: 1.80 x 1.80 m

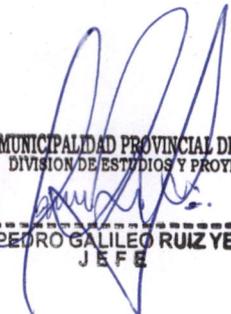
- Espesor del Pavimento: 150 MM

- Fibra: NO





Carlos Alberto Arana Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623

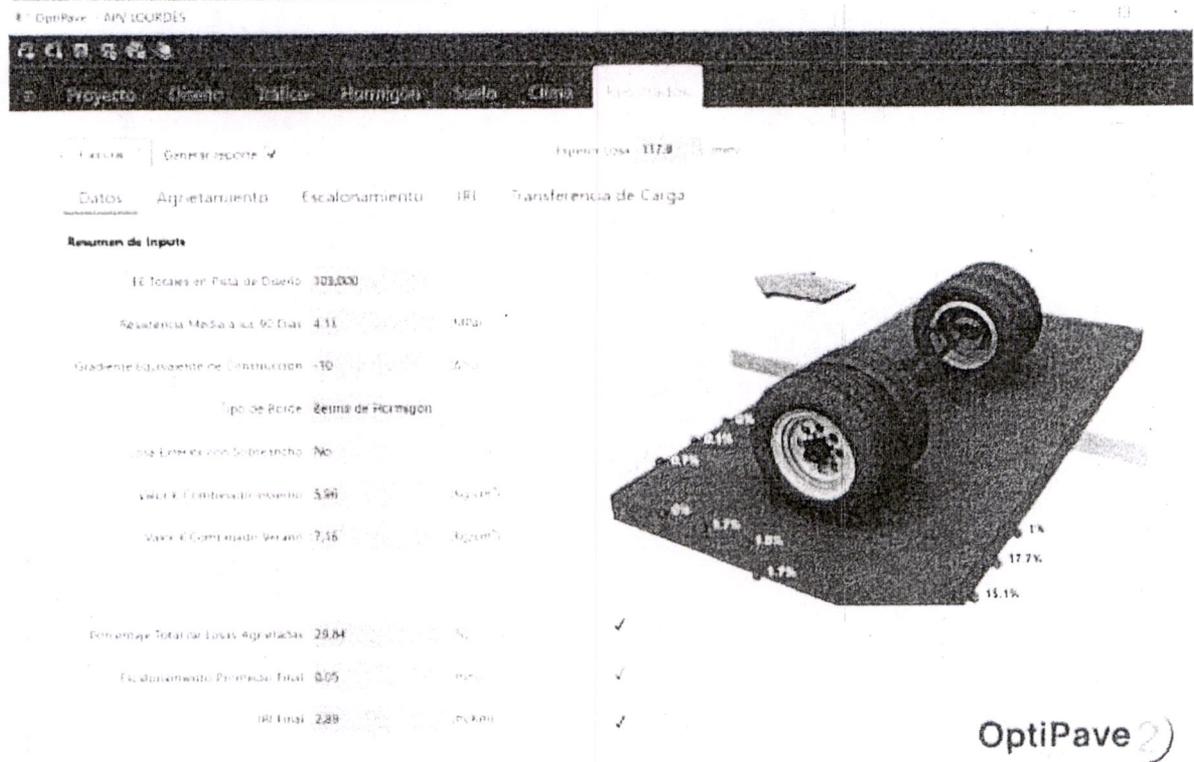
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

5.2 Diseño de pavimento metodológico TCP

El diseño considera un set de ruedas apoyado encada losa, lo que permite reducir tensiones en anchos de losas. Asimismo, el diseño permite reducir el espesor del pavimento.

Para el presente diseño de acuerdo a los estudios previos al diseño de pavimentos (estudio de tráfico y suelos), se han considerado para el diseño de losas optimizadas obteniendo los siguientes resultados:

La propuesta final para 20 años de diseño:



- 2.1.- Diseño: EE 103.000 / MR 4.0 Mpa:

Losas de 150 mm; de espesor con un MR de 4.0 Mpa (flexo tracción); a los 28 días y una modulación de 180 x 180 cms. de ancho x largo.

La base granular de 15.00 cms. con CBR > 80%, suelo A-1-a.



Carlos Alberto Araya Castillo
 Carlos Alberto Araya Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Pedro Galileo Ruiz Yesam
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
 JEFE

5.3 Toma de decisiones

Para el presente diseño se han tenido en cuenta el estudio de tráfico y estudio de suelos con fines de pavimentación, los cuales reflejan tanto el tráfico actuante y tráfico futuro en la vía, además del suelo que será el apoyo para el pavimento a construir; En la presente sección se indica las consideraciones para el diseño de pavimentos de acuerdo a los estudios:

5.3.1 Trafico

Teniendo en cuenta el estudio de tráfico se han tenido 2 puntos de control de tráfico ubicadas en la garita de ingreso a la urbanización Lourdes y entre la Av. A y jirón C obteniendo el siguiente IMDA:

Cuadro 13: Resumen de la estación 01 Y su IMD

Tipo de Vehículo	lunes	Martes	Miércoles	Jueves	viernes	Sabado	Domingo	total	IMDs	Fc	IMDa
automoviles	885	463	907	557	524	557	209	4.100	560	0.301	126.2
camioneta	156	425	197	124	165	134	84	903	140	0.301	42.3
Micro										0.658	0.0
Bus	2		2		2			6	1	0.608	0.0
camion 2E	2			2		2		6	1	1.053	0.5
Camion 3E										1.285	0.0
Camion 4E										1.205	0.0
Articulados										1.492	0.0
Total	1.045	588	1.106	681	581	693	292	5.095	726		220

Cuadro 14: Resumen de la estación 02 y su IMD

Tipo de Vehículo	lunes	Martes	Miércoles	Jueves	viernes	Sabado	Domingo	total	IMDs	Fc	IMDa
automoviles	499	221	500	290	287	251	85	2.091	297	0.301	69.9
camioneta	83	51	63	51	45	36	30	361	54	0.301	16.4
Micro										0.658	0.0
Bus			2		2			4	1	0.608	0.4
camion 2E	4		1	2	2	2		11	2	1.053	1.7
Camion 3E										1.285	0.0
Camion 4E										1.205	0.0
Articulados										1.492	0.0
Total	586	272	562	303	316	291	115	2.477	354		108

Fuente: estudio de tráfico

Teniendo en cuenta el IMDA, en el estudio de tráfico se procedió al cálculo de ejes equivalentes:

	Ejes Equivalentes ESAL	
	Tráfico Acumulado	Formato Científico
2022	8,605	8.60.E+03
2023	8,613	8.61.E+03
2024	17,554	1.76.E+04
2025	26,840	2.68.E+04
2026	36,491	3.65.E+04
2027	46,527	4.65.E+04
2028	56,971	5.70.E+04
2029	67,846	6.78.E+04
2030	79,176	7.92.E+04
2031	90,988	9.10.E+04
2032	103,309	1.03.E+05

Fuente: estudio de tráfico



Carlos Alberto Araujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAM
JEFE

Soporte sub rasante

De acuerdo al estudio de suelos del presente proyecto se han obtenido 05 calicatas con una profundidad de 1.50 m, de las cuales se han extraído muestras para el ensayo de CBR para poder clasificar la sub rasante y corroborar que el suelo es apto para construir un pavimento, obteniendo los siguientes resultados:

Calicata	CBR	Suelo
C01	16.41	SP-SM
C02	-	SP-SM
C03	13.69	SP-SM
C04	-	SP-SM
C05	10.59	SP-SM

Teniendo un sub rasante BUENA, clasificada de acuerdo al manual de carreteras:

Categorías de Subrasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	De CBR ≥ 30%

De acuerdo a los resultados de los ensayos de CBR se cuenta con un suelo de BUENA calidad. Al tener resultados de CBR parecidos se ha considerado el valor mínimo para el diseño 10.59%.



[Handwritten Signature]
 Carlos Alberto Arango Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

[Handwritten Signature]
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE

6. Consideraciones de construcción

6.1 Espesor y dimensiones de losas

Se utilizará estrictamente los espesores y dimensiones de losas indicados en este informe, calculados por el método de diseño TCP® para pavimentos de losas optimizadas, (según patente de invención en Perú, INDECOPI N° 5940).

Para todos los efectos de recepción se utilizarán los criterios descritos en los códigos de buena práctica A.C.I. (American Concrete Institute) y/o ACPA (American Concrete Pavement Association).

6.2 Confinamiento lateral (dowells)

El pavimento no llevará barras de traspaso de carga, ni de amarre, en el caso que el pavimento este confinado por sardineles, veredas o cualquier otro tipo de confinamiento rígido.

Por otro lado, si no se tuviese confinamiento lateral, se colocarán 2 fierros de ½" de diámetro por losa de pavimento, colocados en forma vertical al costado externo de las losas, la longitud de estos fierros será de al menos 40 cm, pero de largo tal que asegure un buen anclaje en la base (la longitud dependerá del tipo de base). La ubicación será a 50 cms de la junta, pegados al concreto de la losa, estos fierros deberán enterrarse hasta que la parte superior quede 5 cms bajo la cota superior del pavimento.

La finalidad de estos fierros es evitar el desplazamiento lateral de las losas.

6.3 Curado

Una vez terminado el último trabajo de concreto, es decir realizado el rayado de la superficie del concreto, este se deberá curar, siendo las recomendaciones del diseño TCP en general, un curado en dos etapas:

- **Colocar retardador de fraguado:** Se debe de colocar sobre el concreto aún fresco, entre lapsos de espera durante la colocación superficial del concreto y/o la aplicación de la membrana de curado. Este producto evitará las primeras fisuras por retracción plástica y disminuirá el alabeo de construcción por secado de la superficie.
- **Colocar membrana de curado tradicional:** Una vez terminada la exudación del concreto, se aplicará la membrana de curado.




Carlos Alberto Araujo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

En caso de que la temperatura en la noche sufra descensos importantes (mayor a 10°C) se recomienda complementar este curado, mediante la colocación de una aislación térmica superficial como geo textil grueso o polietileno con burbujas (las burbujas tocando la superficie del pavimento), materiales que deberán cubrir el concreto por lo menos la primera noche, colocado 1 hora después de realizada la última etapa de curado. Esta aislación permite disminuir el alabeo inicial de las losas, además de acelerar la apertura al tráfico.

6.4 Corte de juntas

Se deberán cortar las juntas de contracción longitudinal y transversal en el pavimento a partir del momento en que se pueda colocar una máquina de corte sobre la superficie de rodado sin dejar marcadas las huellas (aproximadamente 6 - 8 horas). Las juntas tanto transversales como longitudinales no serán selladas.

El corte se deberá realizarse continuamente, por lo menos, con 3 equipos con sierra delgada igual o menor a 3,0 mm de espesor, para evitar el ingreso de partículas dañinas al interior de la junta. Los discos deberán estar en buen estado y dentro de la tolerancia recomendada por el fabricante. En el caso de utilizar Soft-Cut se deberá cambiar el patín con cada sierra.

El contratista deberá considerar el endurecimiento del concreto y la temperatura ambiente para definir el momento cuando se debe efectuar el corte de juntas, el cual deberá realizarse lo antes posible para evitar fisuras por retraso de corte y disminuir tensiones de alabeo en las losas.

Se podrán utilizar máquinas de corte en fresco tipo Soft-Cut o tradicionales con agua. En ambos casos los equipos deberán estar funcionando según, las especificaciones y tolerancias recomendadas por el fabricante. En ningún caso la hoja podrá tener vibraciones.

Se deberá contar con la cantidad de recursos, equipos y sierras de corte necesarios para realizar esta tarea. En el caso, de que no se pueda disponer de una cantidad suficiente de equipos, se deberá comenzar cortando la junta o juntas longitudinales más cercanas a los bordes del pavimento construido (cuando se pavimenta a dos carriles a la vez) y transversales.




Carlos Alberto Arayo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

6.5 Juntas de construcción

Junta de construcción longitudinal: En caso de concretarse en 2 pistas, se colocarán barras de amarre de ½”; corrugadas con 70 cms. de largo. Se deberá colocar dos barras en cada losa, separadas a la mitad del largo de la losa y a un cuarto del largo de la losa de la junta transversal.

En el caso de construir el pavimento en el ancho total (2 pistas) estas barras no son necesarias. Luego se colocará el concreto procurando vibrar el borde contiguo a la junta realizada. Se debe cortar la parte superior de la junta de construcción longitudinal con la sierra descrita en el punto anterior.

Junta de construcción transversal: Llevara barras de traspaso de cargas lisas de 1” y 40 cms. de longitud, colocadas cada 30 cm en la mitad del espesor de la losa, alineadas en el sentido longitudinal del camino.

6.6 Sello de juntas

El Diseño de pavimentos TCP no contempla sello de juntas. El corte con sierra de hasta 3.0 mm; evita el ingreso de partículas incompresibles y la base con menos de 8% de finos bajo # 200, es drenante, por lo que saca el agua bajo las losas. Esta base debe continuarse hasta el borde del camino y conectarla a los drenajes y en calles urbanas conectarla a las alcantarillas.

6.7 Apertura al tráfico

El pavimento se podrá abrir al tráfico cuando tenga una resistencia a compresión de 250 kg /cm²; para losas de espesor igual o mayor a 12 cm. Asimismo, losas menores de 12 cm, cuando tenga una resistencia de 350 kg /cm².



Carlos Alberto Arango Castillo
Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

7. Conclusiones y recomendaciones

- Con esta nueva propuesta, donde se apoya un set de ruedas por cada losa, las tensiones se ven disminuidas con respecto a las producidas en las losas con dimensiones tradicionales. Esto permite adelgazar el espesor de los pavimentos según los cálculos expresados en los puntos anteriores.
- En climas calurosos es recomendable construir en horario donde la temperatura no esté tan elevada, recomendando empezar a partir de las 5:00pm los vaciados de concreto.
- Se deberá contar con la cantidad de recursos, equipos y sierras de corte necesarios para realizar esta tarea. En el caso, de que no se pueda disponer de una cantidad suficiente de equipos, se deberá comenzar cortando la junta o juntas longitudinales más cercanas a los bordes del pavimento construido (cuando se pavimenta a dos carriles a la vez) y transversales.
- El pavimento se podrá abrir al tráfico cuando tenga una resistencia a compresión de 250 kg /cm²; para losas de espesor igual o mayor a 12 cm. Asimismo, losas menores de 12 cm, cuando tenga una resistencia de 350 kg /cm²
- Se debe seguir todas las recomendaciones mencionadas en el presente documento en cada una de las secciones.



Carlos Alberto Arango Castillo

Carlos Alberto Arango Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Gavileo Ruiz Yesan

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Arq. PEDRO GAVILEO RUIZ YESAN
JEFE

8. Patente de diseño

La tecnología TCP (Thin Concrete Pavements), el método de diseño y construcción de losas delgadas de concreto perfeccionadas para uso en pavimentación y demás derechos relacionados con dicha tecnología (software, know-how, secretos industriales, marcas comerciales, manuales, instructivos, etc.), son de propiedad exclusiva de Comercial TCPavements Ltda. Este método está protegido por las leyes y tratados internacionales vigentes en materia de Propiedad Industrial e Intelectual, en particular el Estados Unidos por la patente U.S. Patent N°7.571.581 y en la República del Perú por la patente, Indecopi N° 5940.

A continuación, se muestran las tarifas por la aplicación de la metodología TCP durante el diseño y construcción del proyecto en estudio.

Espesor del diseño TCP	Sin fibra	8 cm	9 - 12 cm	13 - 15 cm	16 - 18 cm	> 18 cm
	Con fibra	7 - 8 cm	9 - 11 cm	12 - 14 cm	15 - 17 cm	> 17 cm
Tarifa en Chile (m ²)		0.015	0.025	0.035	0.045	0.055
Tarifa Internacional (m ²)		0.015	0.025	0.035	0.045	0.055



[Signature]
Carlos Alberto Araujo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

[Signature]
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE

ANEXOS





Carlos Alberto Aranda Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE



Resumen de Diseño

Características de la Capa de Hormigon

Largo Losa (m)	1.80
Espesor Losa de Hormigón (mm)	118
Resistencia a la Flexión (Mpa)	3.4
Fibra Estructural	No

Tráfico

Ejes Equivalentes Totales	103,000
---------------------------	---------

Características de la Base

Tipo de Base	A-1-a
Módulo (Mpa)	210
Espesor (mm)	150

Características de la Subrasante

Módulo Resiliente Invierno (Mpa)	80
Módulo Resiliente Verano (Mpa)	96

Clima

Zona	dry_nonfreeze
------	---------------

Resultado

Losas Agrietadas a Confiabilidad Especificada	30%
Escalonamiento Promedio a Confiabilidad Especificada (m)	0.05
IRI a Confiabilidad Especificada (m/km)	2.89

Diseño

Vida de Diseño	20
Largo Losa (m)	1.80
Espesor Losa (mm)	118
Tipo de Borde	Berma de Hormigón
Losa Exterior con Sobrancho	No
Barras de Transferencia de Carga	No
Dren Lateral	No
Interfaz Pavimento-Base	No Adherido
IRI Inicial de Construcción (m/km)	2.2
Porcentaje Maximo de Losas Agrietadas Admisible	30%
IRI Máximo Permitido (m/Km)	3.5
Escalonamiento Promedio Máximo Permitido (mm)	5.0
Confiabilidad de Diseño	80%



Carlos Alberto Aranda Castillo
 Carlos Alberto Aranda Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623



Pedro Galileo Ruiz Yesan
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE

Tráfico

Método de Análisis de Tráfico	Ejes Equivalentes
Clasificación del Tráfico	STREETPAVE RESIDENTIAL
Tasa de Crecimiento Anual de Tráfico	4%
Distancia Huella a Línea de Demarcación (cm)	450
Desv. Estándar de la Distribución Lateral del Tráfico (cm)	250

Hormigón

Tipo de Ensayo de Resistencia	Flexotracción
Edad de Ensayo	28 Días
Resistencia (Mpa)	3.4
Confiabilidad Diseño de Hormigón	80%
Desviación Estándar Diseño de Hormigón (Mpa)	0.4
Aumento Resistencia 29 a 90 Días	1.1
Módulo de Elasticidad (Mpa)	29,000
Peso Específico (Kg/cm ³)	2,400
Módulo de Poisson	0.15
Coefficiente de Dilatación Térmico (1/°C)	1.00E-05
Retracción a 365 Días (micr)	700
Contenido de Aire	3%
Relación Agua/Cemento	0.45
Resistencia Final (Mpa)	4.1
Fibra Estructural	No

Clima

Pais	generic
Zona	dry_nonfreeze
Gradiente Equivalente de Construcción (°C)	-10
Temperatura Media Invierno (°C)	23.4
Temperatura Media Verano (°C)	33
Temperatura Fraguado del Hormigón (°C)	45
N° de Días al año Con Precipitaciones	161
Índice de Congelamiento de la Base	0%

Suelo

N° Capas	1
Resistencia a la Erosión	4
Coefficiente de fricción Pavimento-Base	0.65
Porcentaje Material Fino	0%

Subrasante	
Módulo Resiliente Invierno (Mpa)	79.79
Módulo Resiliente Verano (Mpa)	96
Módulo Poisson	0.35

Base	
Módulo Resiliente (Mpa)	210
Módulo de Poisson	0.35
Espesor (mm)	150.0



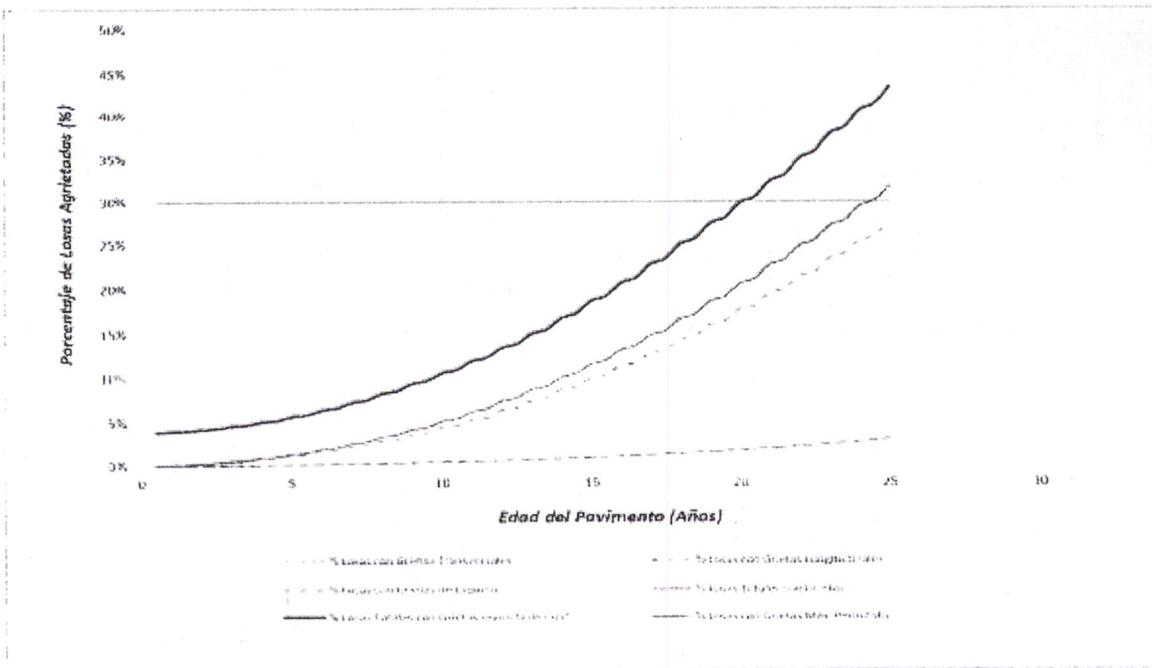
Carlos Alberto Arayo Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 285623



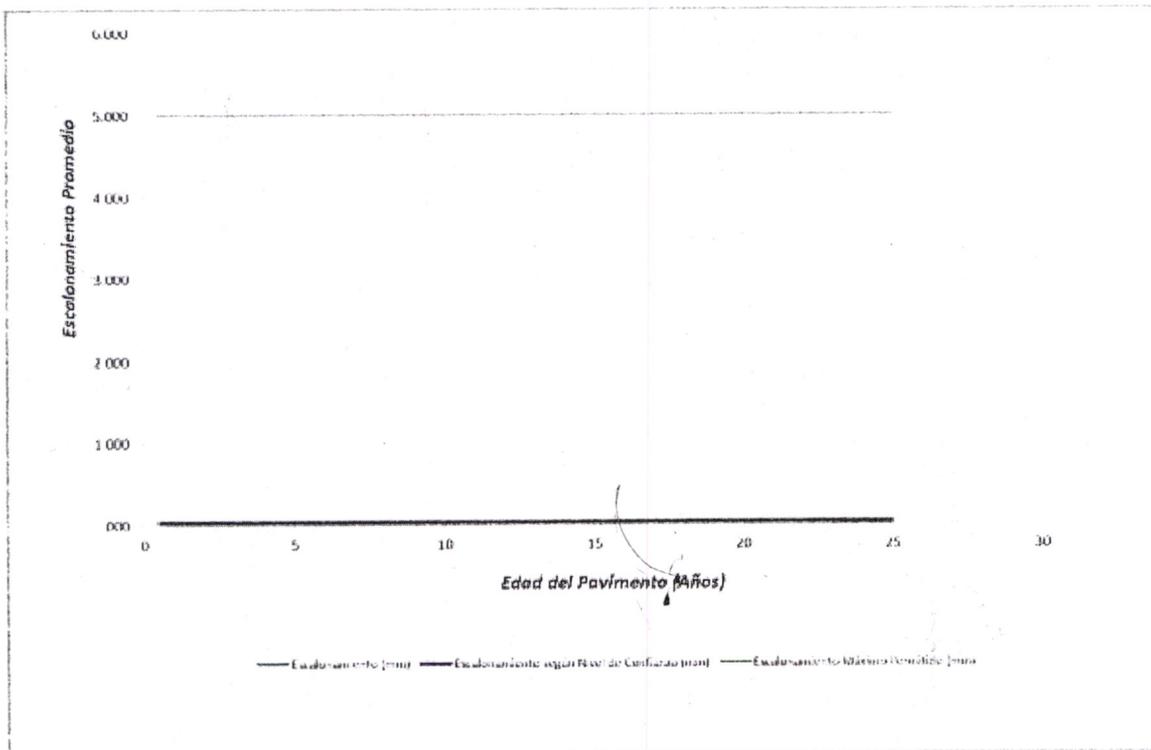
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
JEFE

Agrietamiento:



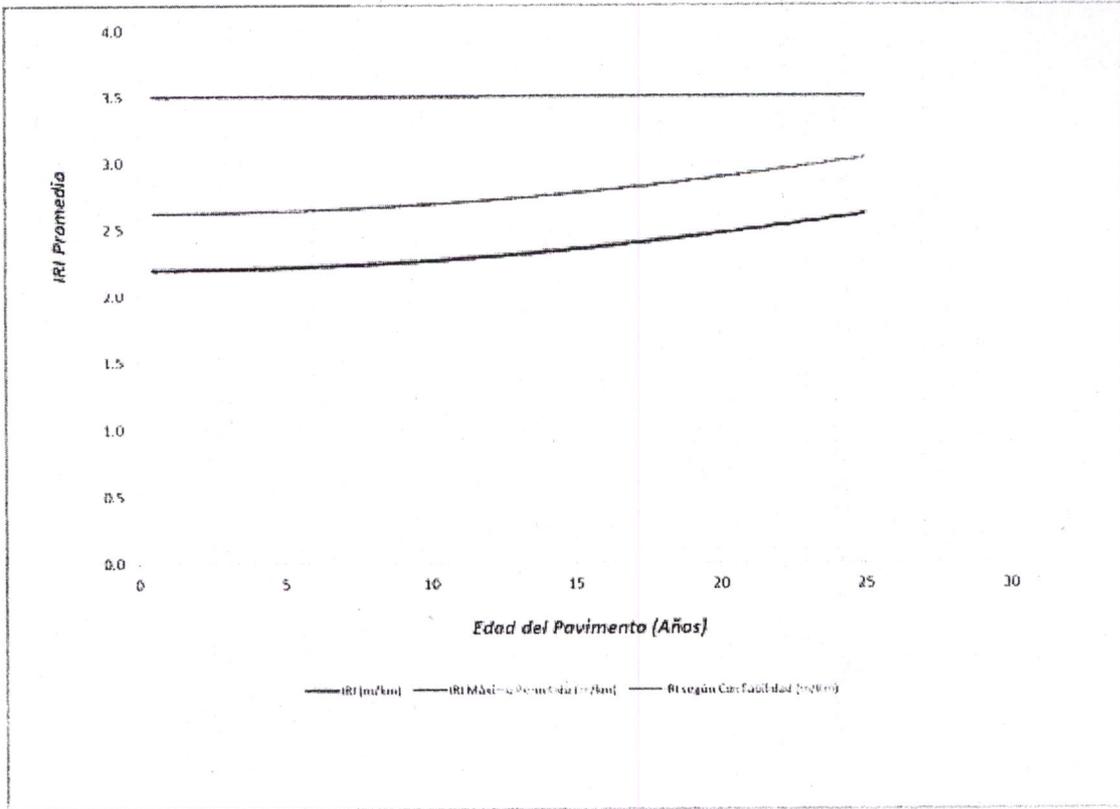
Escalonamiento:



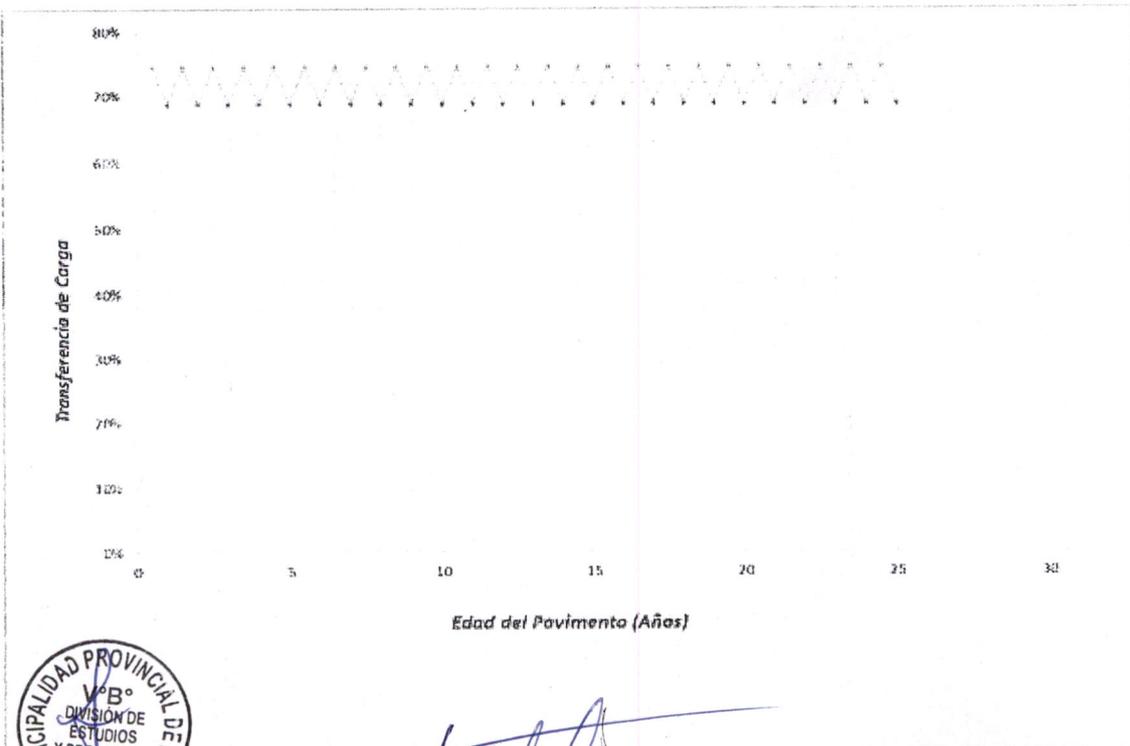
[Signature]
 Carlos Alberto Anayo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

[Signature]
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE

IRI:



Transferencia de cargas:



Carlos Alberto Araujo Castillo
 Carlos Alberto Araujo Castillo
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 285623

Arq. Pedro Galileo Ruiz Yesan
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 Arq. PEDRO GALILEO RUIZ YESAN
 JEFE