297 (doscientos noventa y siete)

GINSA SOCIEDAD ANONIMA

CONVENIO MODIFICATORIO Nº 2

CONTRATO S.G. MINISTRO Nº 606/2019

ANEXO Nº 7 – INFORMACION TECNICA COMPLEMENTARIA DE ITEMS NUEVOS.

GINSA S.A. SUCURSAL PARAGUAY
Sucursal Paraguay: Bruselas c/ Capitán Herminio Maldonado, Barrio Ycua Sati, Asunción
☎: 021-604-870
e-mail: gerenciageneral16@gmail.com

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

296 (doscientos noventa y seis)

GINSA

CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DEL PARQUE LINEAL SEGUNDA ETAPA - ID: 364837

CAMITROTE

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

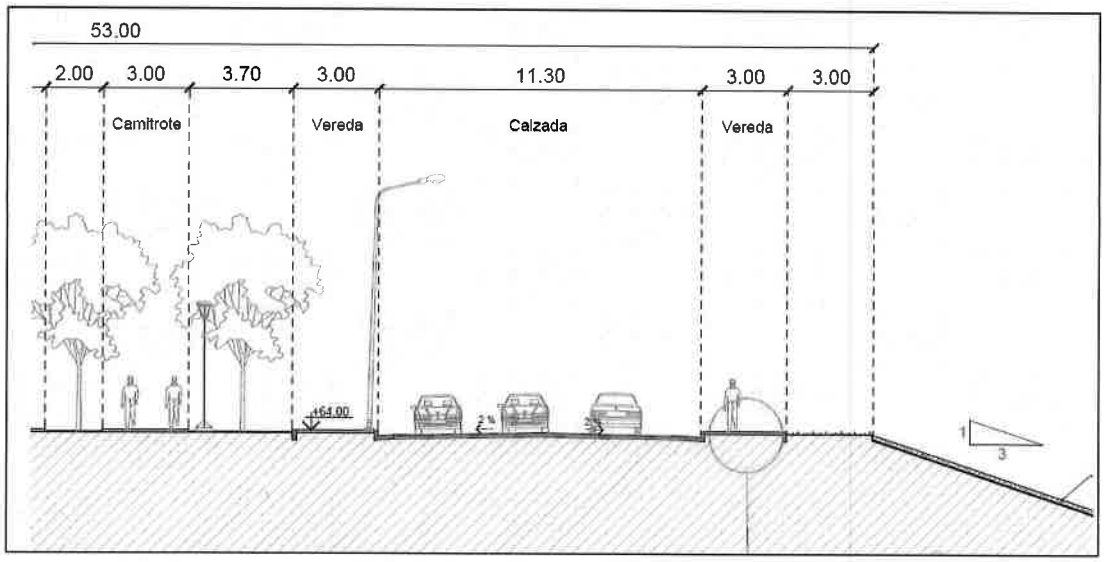
295 (doscientos noventa y cinco)

GINSA

DISEÑO DE PAVIMENTO PARA CAMITROTE

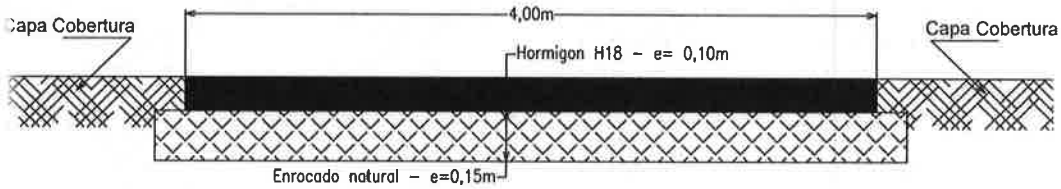
El presente cálculo responde a la necesidad de satisfacer los requerimientos de la Fiscalización en cuanto al cálculo estructural del pavimento del camitrote del Proyecto Parque Lineal.

Perfil transversal:



Perfil estructural:

DETALLE DE ESTRUCTURA



De la revisión de las especificaciones técnicas vigentes en las Normas Paraguayas para la construcción de pavimentos, no se ha hallado ninguna referente a las condiciones de cálculo o criterios de diseño de este tipo de pavimentos especiales. A fin de contar con algún marco normativo se propone la especificación incorporada al presente informe como Anexo I, denominada Norma Técnica CE 010 – Pavimentos Urbanos, difundida por el ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia), donde se fijan lineamientos empíricos para su diseño.

De acuerdo a la normativa citada, en su capítulo 4, Apartado 4.4 PAVIMENTOS ESPECIALES, a) Aceras ó Veredas, deberán cumplir los siguientes requisitos:

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

294 (doscientos noventa y cuatro)

GINSA

4.4.2 Estos pavimentos deberán cumplir los siguientes requisitos:

TABLA 31

Elemento \ Tipo de Pavimento		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 150 mm		
Base		CBR ≥ 30 %		CBR ≥ 60%
Espesor de la capa de rodadura	Asfaltico	≥ 30 mm		
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm		
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)		
Material	Asfaltico	Concreto asfáltico*		
	Concreto de cemento Portland	$f'_c \geq 175$ Kg/cm^2 (17,5 MPa)		
	Adoquines	$f'_c \geq 320$ Kg/cm^2 (32 MPa)		N.R. **

* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

** N.R.: No Recomendable.

El diseño de veredas se considera como pavimentos especiales ya que en ellos solo se tendrá a peatones (personas).

De acuerdo a las consideraciones de la norma CE 010 se optan por las siguientes consideraciones de diseño:

- Por proceso constructivo se ha optado para el presente proyecto un espesor de la capa de rodadura de 100mm = 0,10m
- Material: concreto simple de cemento portland de f'c = 175Kg/cm2.
- Base de ripio natural con un CBR ≥ 30 %
- Subrasante arena de refulado.

Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

293 (doscientos noventa y tres)

GINSA

Diseño de Juntas Transversales y Longitudinales

Para el diseño de juntas se utilizan los criterios establecidos en el Manual de Diseño de Pavimentos de Hormigón del ICPA

La separación entre juntas de pavimento, debe ser inferior a:

Ec. 3-4

$$Sep.\ Máxima = K.\ e$$

siendo:

e: espesor de calzada.

K: constante, igual a 21 para bases tratadas (con cemento o con asfalto) o 24 (para bases no tratadas o granulares)

Asimismo, deben conformarse losas tan cuadradas como resulte posible, para lo cual se recomienda que la relación largo - ancho no supere de 1,25.

Ancho de losa = 4,00m

Separación máxima: 24 x 0,10m = 2,40m

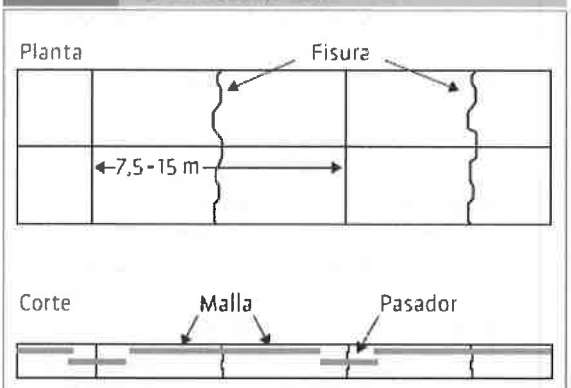
Relación largo-ancho = 2,40 / 4,00m = 0,60

En este caso adoptamos una junta longitudinal en el eje:

Largo = 1,25 x 2,00m = 2,50m

Necesidad de armaduras:

Figura 1-3: Esquema de un pavimento de hormigón reforzado con juntas.



Cuantía: 0,10 - 0,25% longitudinal

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

GINSA

Si se opta por la colocación de armaduras, el manual lo prevé la misma para el caso de requerir espaciar las juntas por cuestiones relacionadas a la comodidad del usuario. No son estructurales. Este espaciamiento es del orden de los 15m

Debido a la mayor separación entre juntas es esperable la aparición de fisuras transversales intermedias. A raíz de esto se incorpora en su masa una armadura distribuida, con cuantías de refuerzo longitudinal sugerida por el manual, entre 0,1% y 0,25%, colocada a una profundidad de 1/3 de la losa.

En el sentido transversal la cuantía puede ser menor.

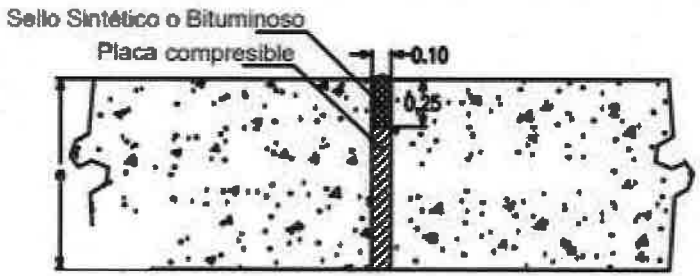
En nuestro caso la necesidad de armadura no existe ya que se adoptaron medidas de la losa muy inferiores a las establecidas por el manual.

Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

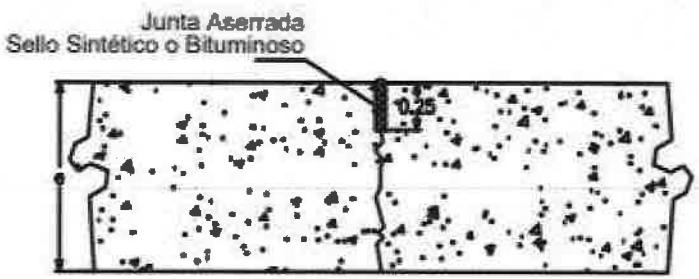
GINSA S.A.

DETALLES CONSTRUCTIVOS DE JUNTAS

Junta de Dilatación ó construcción



Junta de Contracción transversal y longitudinal



Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

291 (doscientos noventa y uno)

290 (doscientos noventa)

GINSA

CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DEL PARQUE LINEAL SEGUNDA ETAPA - ID: 364837

RAMPAS

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

289 (doscientos ochenta y nueve)

GINSA

INFORME TÉCNICO DE INGENIERÍA

DISEÑO VIAL

CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DEL PARQUE LINEAL
SEGUNDA ETAPA

PREPARÓ: ING. SERGIO M. ENCINA

ESPECIALISTA VIAL: ING. TULIO ALTAMIRANO

DIRECTOR DE PROYECTO: ING. FELIPE RAMIREZ

REV.	CODIGO	FECHA	DESCRIPCION
R0	II-PLSE-006-R0	10/2021	EMISIÓN INICIAL

II-PLSE-006-R0

10/3/2022

Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

288 (doscientos ochenta y ocho)

1. CONTENIDO

2. RAMPA DE EMBARCACIONES 4

2.1. CÁLCULO SEGÚN AASHTO 93 6

2.2. CÁLCULO DE LA ARMADURA: 6

2.2.1. TENSIÓN DE TRABAJO DEL ACERO 6

2.2.2. FACTOR DE FRICCIÓN 6

2.3. ARMADURA LONGITUDINAL NECESARIA: 7

3. RAMPA DE ARMADA 8

5. ESTIMACIÓN DEL TRANSITO PARA ACCESOS 11

5.1. TASA DE CRECIMIENTO ESTIMADA 11

5.2. COMPOSICION DE TRANSITO ESTIMADA 11

6. DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA ACCESOS 13

6.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS 13

6.2. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO 15

6.3. EJES DE DISEÑO: 15

6.3.1. CARGAS CONSIDERADAS 15

6.3.2. SUBRASANTE 15

6.3.3. BASE 15

6.3.4. CALIDAD DEL HORMIGON 17

6.4. VERIFICACION DEL ESPESOR DE LA LOSA 17

6.5. VARIABLES DE ENTRADA 25

6.5.1. TRÁNSITO EN EJES EQUIVALENTES. 25

6.5.2. CONFIABILIDAD DEL DISEÑO 25

6.5.3. DESVIACIÓN ESTÁNDAR 25

6.5.4. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGAS (J) 25

6.5.5. PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI) 25

6.5.6. MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE 25

6.5.7. DETERMINACIÓN DEL K COMP. 26

6.5.8. COEFICIENTE DE DRENAJE 26

6.5.9. MÓDULO ELÁSTICO MEDIO DEL HORMIGÓN (EC) 26

6.5.10. MÓDULO DE ROTURA MEDIO DEL HORMIGÓN (S'C) 26

6.6. ESPESOR REQUERIDO 26

7. DISEÑO DE JUNTAS 28

7.1. TRANSFERENCIA DE CARGA 28

7.2. JUNTAS DE CONTRACCIÓN 28

Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

287 (doscientos ochenta y siete)

7.3. SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS DE CONTRACCIÓN (TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL): *29*

7.4. ARMADURA DE UNIÓN PARA JUNTAS LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN *29*

7.5. JUNTAS LONGITUDINALES DE ARTICULACIÓN Ó JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN *30*

7.6. JUNTAS DE DILATACIÓN *30*

1. PAVIMENTO FLEXIBLE 32

1.1. MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE (MR) *32*

1.2. COEFICIENTE DE DRENAJE (M_2 Y M_3) *32*

1.3. NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO (S_{ND}): *33*

1.3.1. Concreto Asfáltico para Bases y Carpeta: 33

1.3.2. Base y Subbase de Estabilizado Granular: 34

1.4. DETERMINACION DE EJES EQUIVALENTES *34*

2. Estudio de transito 35

2.1. Informe estadístico. *35*

2.2. Tasa de crecimiento *35*

2.3. Vida útil proyecto base *36*

3. PAVIMENTO RIGIDO 37

3.1. EJES DE DISEÑO *37*

3.2. CALCULO EJES EN VIDA UTIL *38*

3.3. CARGAS POR EJE CONSIDERADAS *39*

3.4. BASE *40*

3.5. TRÁNSITO EN EJES EQUIVALENTES. *42*

3.6. CALCULO DE N *43*

3.7. MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE *44*

3.9. DETERMINACIÓN DEL K COMP. *45*

3.10. Módulo de Reacción de la Subrasante de Diseño: Kd ≈ 280 pci *46*

3.11. ESPESOR REQUERIDO *47*

4. JUNTAS 48

4.1. Armadura de unión para juntas longitudinales de contracción *48*

5. Calculo de armadura 48

5.1. Factor de friccion *48*

5.2. Armadura longitudinal *49*

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

286 (doscientos ochenta y seis)

2. RAMPA DE EMBARCACIONES

La rampa para embarcaciones fue diseñada como una estructura de pavimento rígido de hormigón armado con juntas, apoyado en la margen de enrocado prevista como protección de costa del relleno refulado.

El diseño geométrico consta de cinco tramos, cuatro pavimentados y el último, sobre la costa, sin pavimentar.

El primer tramo y el tercero, son rampas de 25m de longitud y pendiente del 12%. El segundo y cuarto son tramos horizontales (con pendiente longitudinal mínima para desagüe) de longitud 12,55m y 9,5m respectivamente, en ambos caos con plataformas laterales para vinculación con los caminos de servicio en las cotas 60m y 57m.

El ancho de calzada es de 8,5m, de la cual 7m es de circulación vehicular y 1,50m de vereda peatonal y una berma no pavimentada de 1,50m, definiendo un ancho total de coronamiento de 10m.

En el diseño se utilizará el método propuesto por el Manual de AASHTO 93 para la determinación de la armadura longitudinal y transversal de la losa y lo prescrito por manual del ICPA.

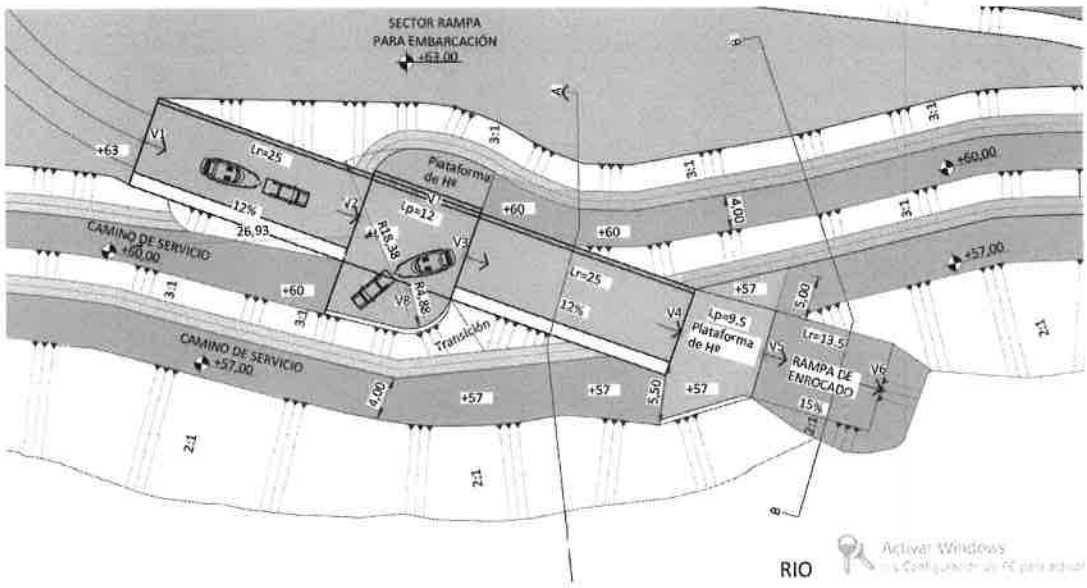


Figura 1. Planta general.

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

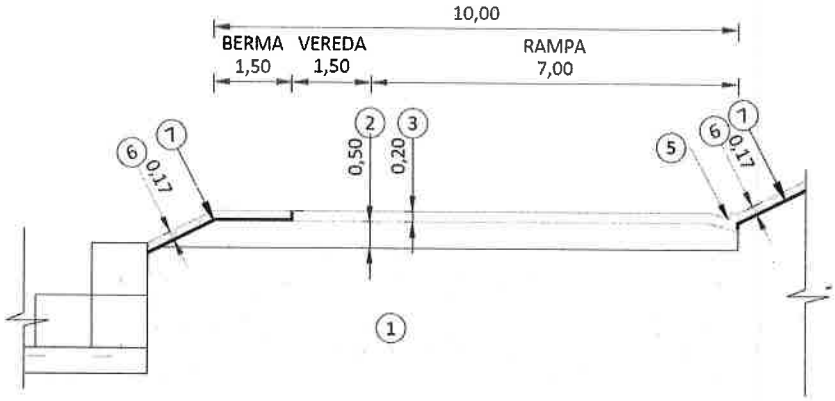


Figura 2. Detalle sección de rampa.

Conceptualmente los pavimentos de hormigón armado con juntas también se dividen en losas, pero estas son de mayor longitud. Debido a esta mayor separación entre juntas, se encuentra prevista la generación de pequeñas fisuras transversales intermendias.

A raíz de esto, se incorpora en su masa una armadura distribuida para controlar su apertura y garantizar una adecuada transfrencia de carga por trabazón de agregados

De acuerdo al Manual del ICPA, la cuantía de armadura debe ser del orden del 0,10% al 0,25%. En el sentido transversal, se emplean tanto barras de unión como armadura distribuida, aunque con una cuantía inferior a la provista en sentido longitudinal.

Para este proyecto la colocación de armaduras esta justificado en la necesidad de mantener las posibles fisuras cerradas o evitar la aparición de las mismas ya que se prevé que durante su vida útil parte de la rampa estará sumergida en determinados períodos de creciente del río, lo cual someterá a los pavimentos a condiciones mas desfavorables.

No se realiza otra verificación estructural por efecto hidráulico como esfuerzos de presiones o subpresiones ya que se considera que el peso de la losa es suficiente para contrarestar algun posible efecto por carag hidraúlica o posibilida de "flotación " de las losas. El esquema propuesto por el ICPA para este tipo de pavimentos es el siguiente:

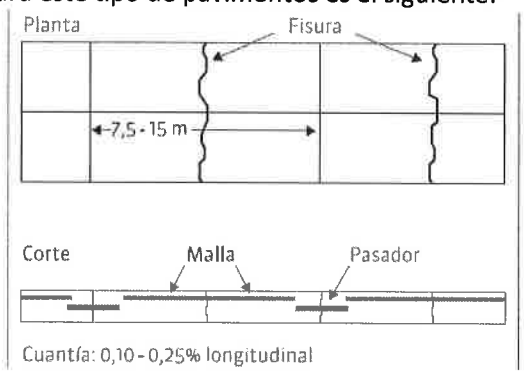


Figura 3. Esquema de pavimento de hormigon reforzado con juntas.

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

284 (doscientos ochenta y cuatro)

De acuerdo al manual del ICPA:

toria la incorporación de pasadores en todas las juntas transversales.

Si bien en el pasado estos pavimentos se construían con una separación entre juntas de varias decenas de metros (hasta 30 m), la misma se ha ido reduciendo y hoy en día se recomienda no superar los 9 m de separación. De cualquier manera, este tipo de pavimentos, tanto en el ámbito local como internacional, ha caído prácticamente en desuso.

COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA

Una sección típica de un pavimento rígido está compuesta por una capa superior o calzada de hormigón, que es la encargada de proveer la mayor parte de su capacidad estructural. Esta capa apoya sobre una base de material seleccionado que puede estar o no tratada con un ligante, que a su vez descansa sobre el suelo natural o la subrasante. (Figura 1-5).

Introducción | 1-7

2.1. CÁLCULO SEGÚN AASHTO 93

Variables para el cálculo de armaduras:

Longitud de losa: esta variable se refiere al espaciamiento entre juntas transversales.

De acuerdo a las dimensiones planteadas en el proyecto geométrico se proponen los siguientes esquemas de juntas, de acuerdo con los criterios del manual de diseño.

En el primer y tercer tramo de 25m se divide en losas de 4,17m de largo de acuerdo a los planos indicados en el anexo.

El segundo tramo de 12,55m se divide en losas de 4,18m de largo de acuerdo a los planos indicados en el anexo.

El cuarto tramo de 9,5m se divide en losas de 4,75m de largo de acuerdo a los planos indicados en el anexo.

En las plataformas las losas son irregulares y su diseño responden al criterio de mantener la superficie de las mismas dentro de las medidas adecuadas para losas armadas (ver distribución de juntas en planos anexos).

2.2. CÁLCULO DE LA ARMADURA:

2.2.1. TENSIÓN DE TRABAJO DEL ACERO

Las tensiones de trabajo en las barras, f_s, deben ser el 75% del valor de la tensión de fluencia.

- En este proyecto se trabajará con acero ATP500N.
- Tensión de fluencia = 500 Mpa
- Tensión de trabajo = 0,75 x 500 Mpa = 375 Mpa = 54.389 psi

2.2.2. FACTOR DE FRICCIÓN

Representa la resistencia friccional entre la parte inferior de la losa y la parte superior de la sub base o subrasante (si no hay sub base) y es equivalente a un coeficiente de fricción, e indica la fuerza requerida para hacer deslizar la losa sobre la sub base en términos del peso

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

de la losa, fue deducido en base a la teoría de fricción de un cuerpo sobre otro y se usa para estimar el porcentaje de armadura de acero requerida con la ecuación:

$$Ps = \frac{[L \cdot F]}{2 \cdot fs} \cdot 100$$

Se supone un peso unitario del hormigón de 2300 Kg/m3 ó 144 pcf.
Donde:

- Ps = porcentaje de armadura requerida
- L = longitud de la losa (pies)
- F = factor de fricción
- fs = tensión de trabajo del acero (ksi)

Para nuestro caso, el factor de fricción para el tipo de material bajo la losa (piedra partida) se tiene un factor de fricción de 1,5 (ver anexo).

Para Tramo 1, 2 y 3:

- L = 4,17m
- Ps ≈ 0,02%

Para Tramo 4:

- L = 4,75m
- Ps = 0,025%

De acuerdo al Manual del ICPA, la cuantía mínima debería ser de 0,10%, por lo tanto, se adopta para todos los tramos este valor de cuantía.

2.3. ARMADURA LONGITUDINAL NECESARIA:

- Sección de hormigón a considerar por losa: 20cm x 442cm = 8.840cm2
- Sección de armadura necesaria por losa: 0,001 x 8.840 cm2 ≈ 8,9cm2

Diámetro [mm]	Sección [cm2]	Peso [Kg/m]
6 mm	0.283	0.222
8 mm	0.503	0.395
10 mm	0.785	0.617
12 mm	1.131	0.888
16 mm	2.011	1.578
20 mm	3.142	2.466
25 mm	4.909	3.853
32 mm	8.042	6.313
40 mm	12.566	9.865

Armadura longitudinal mínima: 12φ10mm c/4,42m = 9,42cm2
En el Anexo se presentan los planos de distribución de armaduras adoptadas en para cada tramo y losas irregulares.

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

3. RAMPA DE ARMADA

La rampa para la Armada fue diseñada como una estructura de pavimento rígido de hormigón armado con juntas, apoyado en la margen de enrocado prevista como protección de costa del relleno refulado.

El diseño geométrico consta de cinco tramos, cuatro pavimentados y el último, sobre la costa, sin pavimentar.

El primer tramo recto, es una rampa de 33m de longitud y pendiente del 12%. El segundo tramo es una curva de 13,76m de radio, horizontal de 24m de longitud, el tercer tramo es recto con pendiente del 12% y 25m de longitud y el cuarto tramo es recto de 9,5m y horizontal, con una plataforma lateral para vinculación con el camino de servicio en cota 57m.

El ancho de calzada es de 5,5m, y una berma no pavimentada de 0,50m, definiendo un ancho total de coronamiento de 6m.

En el diseño se utilizará el método propuesto por el Manual de AASHTO 93 para la determinación de la armadura longitudinal y transversal de la losa y lo prescrito por manual del ICPA.

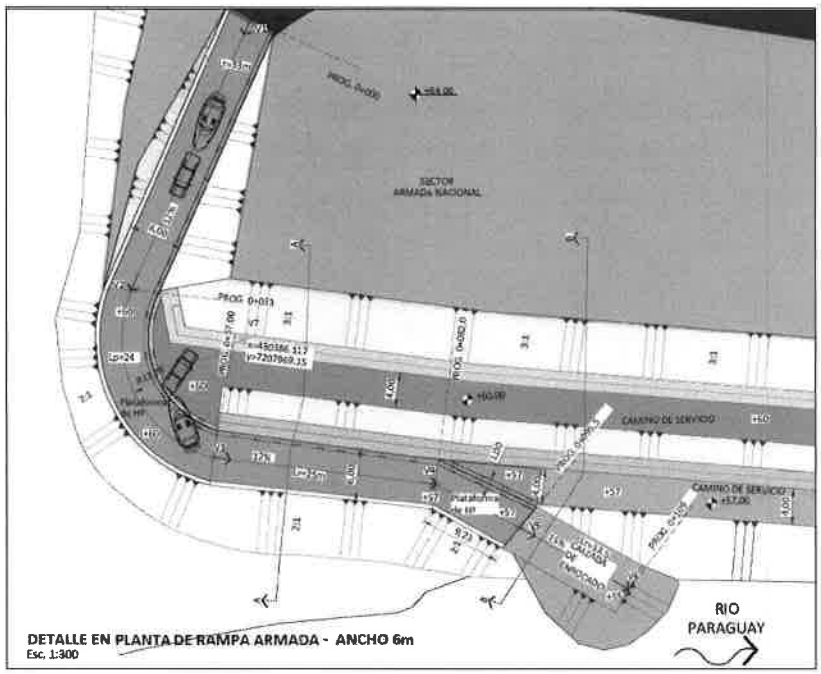


Figura 4. Planta general.

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

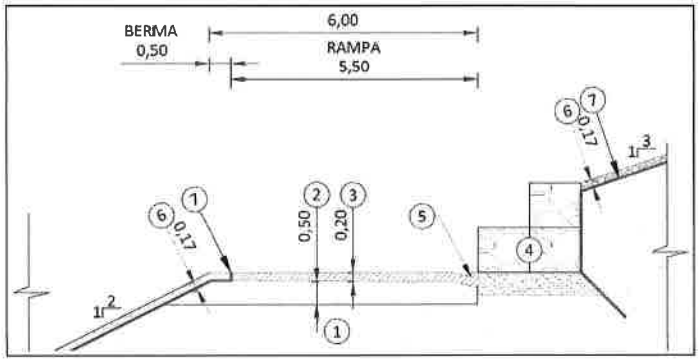


Figura 5. Detalle de sección.

Para las armaduras se usa las mismas cuantías minimas determinadas para el caso anterior, ya que en general las losas son de menor tamaño.

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

280 (doscientos ochenta)

PAQUETE ESTRUCTURAL PARA LOS ACCESOS

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

279 (doscientos setenta y nueve)

5. ESTIMACIÓN DEL TRANSITO PARA ACCESOS

A efectos de poder determinar el tránsito de diseño para la presente revisión del proyecto, teniendo en cuenta que por tratarse de vías nuevas el tránsito a la fecha es inexistente, se ha estimado el mismo a partir de datos publicados por la Dirección del Registro Automotor de Paraguay, tomando como base del cálculo los vehículos correspondientes a la Capital.

El número de vehículos considerados como inicial para el diseño es 184.218 y se corresponden con los livianos (autos, camionetas y jeeps; camiones sin acoplado: camiones con acoplado; ómnibus; minibuses y camiones semirremolque). El informe estadístico mencionado se encuentra anexo al presente informe.

En este sentido se ha considerado a esta arteria dentro del Sistema Colector, donde se incluyen las calles arteriales secundarias de la urbanización, utilizadas para reunir o dispersar el tránsito desde y hacia las calles y avenidas del sistema arterial mayor. De acuerdo al manual de diseño, en este sistema son comunes las cargas entre 7000kg y 8000 kg y eventualmente cargas por eje superiores de 10000 kg (autos, minibuses, buses y camiones medianos de abastecimiento y servicios públicos).

5.1. TASA DE CRECIMIENTO ESTIMADA

Para estimar la tasa de crecimiento del tránsito futuro, se analiza de los últimos 6 años de registro, obteniéndose el siguiente valor anual: 16%. Se adopta, para el proyecto una tasa promedio del 10% anual en los próximos 15 años.

5.2. COMPOSICION DE TRANSITO ESTIMADA

La composición vehicular del tránsito y futura está dada por el siguiente cuadro, considerando que, además de los vehículos registrados en capital, se tienen 650.000 vehículos extras que ingresan diariamente a ella. No se consideran lo camiones con acoplados y semirremolques, ya que estará restringida su circulación.

TABLA N° 1: Composición del tránsito.

TIPO	CANTIDAD
LIVIANOS	164.321
CAMIONES S/A	13.984
CAMIONES C/A	537
SEMI	2.080
MINIBUSES	1.662
BUSES	1.634
SUBTOTAL CAPITAL	184.218
SUBTOTAL ENTRANTE DIARIO	650.000

Se considera que, por ser una zona de recreación, no de transito normal, un 0,10% del tránsito total circulará por la avenida proyectada por día.

Total vehículos = (184.218 + 650.000) veh. x 0,001 = 835 vehículos por día.

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

248 (doscientos setenta y ocho)

Se adopta la siguiente distribución de vehículos diarios para la verificación de ejes equivalentes:

TABLA N° 2: Composición del tránsito.

TIPO	CANTIDAD (UN.)	CANTIDAD (%)
LIVIANOS	900	81,82
CAMIONES S/A	120	10,91
CAMIONES C/A	0	0
SEMI	0	0
MINIBUSES	50	4,55
BUSES	30	2,73
TOTAL, VEHICULOS DIARIOS	1.100	100

Resolviendo, con las variables adoptadas el diseño, el pavimento proyectado tendría una vida útil de 21 años. (ver planilla de cálculo en anexo)

277 (doscientos setenta y siete)

6. DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA ACCESOS

6.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A continuación, se presentan algunas ventajas y desventajas de las distintas alternativas de pavimentos:

1. Costos Totales Inferiores: Al comparar diferentes alternativas de pavimentación en valor presente neto, generalmente el pavimento rígido resulta más barato. Esto se debe principalmente a que los costos de mantenimiento del pavimento rígido son mucho menores (usualmente sólo se requiere subsanar detalles de sellado de juntas a intervalos de 5 a 10 años). Por otra parte, el pavimento de hormigón tiene una vida útil más larga que el pavimento asfáltico. En este punto se debe considerar para el cálculo de los costos totales del pavimento flexible, la necesidad de reforzar la estructura del pavimento para completar el período de análisis de 21 años. En este aspecto, se debería considerar por lo menos una capa de concreto asfáltico de 5 cm de espesor, más tareas de bacheo previas, por lo menos cada 5 años.
2. Costo de Operación: Los pavimentos de hormigón hidráulico, al tener una superficie plana alargan la vida de los vehículos, evitando que se dañen y minimizando su mantenimiento.
3. El costo de consumo de combustible: Los pavimentos de hormigón, reduce hasta en un 20%.
4. Costo Social de Mantenimiento: En el caso de pavimentos del tipo flexible, ante la carga estática, sufren deformaciones permanentes con las altas temperaturas que tiene la región en la mayor parte del año. Esto obliga a la programación de recapados en períodos relativamente cortos, lo que implica cortes de calles y desvíos. El pavimento rígido tiene una mayor vida útil a igual inversión.
5. Facilidad de Construcción: Las plantas dosificadoras – mezcladoras de hormigón son menos contaminantes que las plantas asfálticas. Estas últimas deben ubicarse en zonas alejadas, aumentando el costo de transporte, emisión de CO_2 de plantas y vehículos ambuloperantes (terminadoras, compactadoras, etc.). En cambio, en los pavimentos de hormigón, en áreas urbanas, se puede usar equipos pequeños y encofrados fijos al alcance de cualquier Contratista. Este tipo de materiales tiene la ventaja también de poder realizarse por etapas constructivas más cortas y se puede adaptar mejor en formas curvas de radios pequeños (esquinas, bocacalles, dársenas de estacionamientos y rotonda)
6. Durabilidad: Las superficies de hormigón duran más. Estadísticamente se ha demostrado que las carreteras de hormigón han soportado hasta tres veces su capacidad de carga de diseño en pavimentos. El hormigón incrementa su resistencia con el tiempo.
7. Resistencia: El hormigón resiste sin sufrir deterioros los derrames de gasolina y diesel, así como los efectos de la intemperie. Los pavimentos de hormigón transmiten bajas

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

276 (doscientos setenta y seis)

presiones al suelo de fundación, teniendo en cuenta los tipos de suelos predominantes en la zona.

8. Resistencia a altas temperaturas: El hormigón no es afectado por el calor, no se vuelve pegajoso, ni se volatilizan algunos de sus ingredientes (no es contaminante). En zonas calurosas, (especialmente en áreas urbanas) se mantiene fresco, reduciendo la temperatura del entorno.
9. Indeformabilidad: En las zonas de frenado y arranque de vehículos pesados, el hormigón no se deforma.
10. Textura: La superficie del pavimento de hormigón se puede hacer tan segura (antiderrapante) como se quiera, gracias a las diversas técnicas disponibles para darle textura, ya sea durante la construcción o una vez que el pavimento ha estado en servicio y requiera de una mayor resistencia al deslizamiento.
11. Drenaje: Al no deformarse ni encharcarse las superficies de concreto proporcionan un buen drenaje superficial para el agua de lluvia.
12. Seguridad: Por su planicidad y textura, El fenómeno del hidroplaneo de vehículos (deslizamiento en superficies mojadas), tiene menores posibilidades de producirse en superficies de hormigón.
13. Economía en capa base: El hormigón reduce sustancialmente el espesor de la capa base, reduciendo el impacto ambiental y solicitando menores volúmenes de materiales pétreos, utilizándose mayor cantidad de materiales más económicos.
14. Economía en Iluminación: La superficie clara de hormigón es tres veces más reflejante que la de asfalto. Se puede ahorrar hasta un 30% de energía y se brinda mayor seguridad durante la noche, debido a que los faros de los vehículos, reflejan mejor la luz en el hormigón.
15. Rapidez de puesta en obra: Con el hormigón se pueden alcanzar altas resistencias en cuestión de horas. La resistencia del hormigón se puede predecir y controlar con mayor facilidad.
16. Limpieza: La superficie de hormigón es muy plana y fácil de limpiar.
17. Ahorro de energía: No se requiere calentar ninguno de los ingredientes para elaborar el hormigón (se ahorra combustibles). En la elaboración del concreto asfáltico, los agregados y el asfalto deben calentarse a temperaturas elevadas, manteniendo altas temperaturas dependiendo del tiempo de transporte y colocado.
18. Contaminación: La mezcla asfáltica siempre contamina al ser colocada, aunque si se trata de mezclas en caliente o en frío e independientemente de una carpeta o de un bacheo rutinario. El hormigón contamina muy poco durante su colocación.
19. Reparaciones: El hormigón se repara fácilmente, bajo cualquier condición climática, se pueden emplear una gran cantidad de aditivos que permiten efectuar todo tipo de trabajos con gran rapidez y eficiencia, utilizando mano de obra local no especializada y con herramientas de pequeño porte.

275 (doscientos setenta y cinco)

20. Temperatura: genera menor mayor reflexión, por lo tanto, calienta menos en las horas expuestas al sol y genera menos molestias al público.

6.2. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

Para el diseño del pavimento rígido, se han utilizado dos métodos a efectos de verificar el cálculo, en primer lugar, se utilizó el método de la ACPA y se verificó por AASHTO 93.

Los pavimentos de hormigón son diseñados para obtener en forma económica un buen comportamiento durante una larga vida de servicio.

Los factores deben analizarse para obtener el diseño del más bajo costo anual posible son:

- Tránsito considerando las cargas por eje o rueda, y su frecuencia.
- Vida útil para el diseño.
- Diseño geométrico.
- Subrasante (valor soporte y carácter)
- Drenaje.
- Calidad del hormigón.
- Juntas (tipos y distribución).
- Diseño estructural.
- Especificaciones.

6.3. EJES DE DISEÑO:

De acuerdo a las consideraciones hechas anteriormente en esta memoria, se define el tránsito de diseño para el método ACPA. (los valores y planillas de cálculo se encuentran anexas al informe).

6.3.1. CARGAS CONSIDERADAS

Para el proyecto consideramos las siguientes configuraciones y peso por eje:

- Ómnibus: 1 – 1 (S – D)
- Camión Liviano (furgón): 1 – 1 (S – S)
- Camión pesado: 1 – 1 (S – D)
- Carga Máxima sobre rueda simple (S) : 6000 kg = 6,0 Tn.
- Carga Máxima sobre rueda doble (D): 10500 kg = 10,5 Tn.

6.3.2. SUBRASANTE

De acuerdo a la propuesta técnica de ejecutar el relleno de arena, se adopta para el diseño un Valor Soporte Relativo conservador:

VSR ≈ 12%

6.3.3. BASE

Para el diseño se consideró el apoyo sobre el enrocado a construir como una base NO TRATADA del tipo granular, con VSR mínimo de 100%.

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

274 (doscientos setenta y cuatro)

Este tipo de Bases suele estar constituidas por una mezcla bien graduada de diferentes tipos de suelos y agregados. Entre los empleados habitualmente se encuentran los siguientes: piedra partida, canto rodado, arenas, suelos y ripios naturales de producción local. Cuando se construyen adecuadamente constituyen una muy buena capa de soporte para cualquier tipo de pavimento de hormigón, resultando relativamente menos costosas que las bases tratadas.

El criterio principal en este tipo de bases es limitar la cantidad de finos (pasa tamiz Nº200), dado que, si el material cuenta con un contenido excesivo, la capa puede almacenar agua, encontrándose disponible para la erosión por bombeo. Asimismo, se debe evitar el empleo de agregados blandos debido a la posibilidad de creación de finos por trituración, originada por los equipos compactadores o el tránsito durante la construcción.

Los requisitos generales que deben cumplir los materiales de este tipo son:

- El tamaño máximo no debe ser mayor que 1/3 del espesor de la base.
- El % #200 ≤ 15%
- IP ≤ 6
- LL ≤ 25
- Desgaste Los Ángeles ≤ 50%
- Densidad mínima de obra ≥ 98%

En general, si se cuenta con un suelo de subrasante uniforme y estable, solo resulta obligatoria la incorporación de una base no erosionable en el supuesto caso que se encuentre prevista la circulación de vehículos pesados.

En estas situaciones, la base más que una contribución estructural, cumple la función de prevenir la erosión por bombeo en la interfaz losa-apoyo.

A efectos de prevenir el bombeo, su empleo puede prescindirse únicamente en los siguientes casos:

- Cuando se prevé un tránsito de diseño menor de 1.000.000 de ejes equivalentes.
- Cuando el material de la subrasante es naturalmente permeable.

En general si se cuenta con un suelo de subrasante uniforme y estable, solo resulta obligatorio la incorporación de una base no erosionable en el supuesto caso que se encuentre prevista la circulación de vehículos pesados.

En estas situaciones, la base más que una contribución estructural, cumple la función de prevenir la erosión por bombeo en la interfaz losa-apoyo.

Para evaluar la erosionabilidad de los materiales de la base propuesta se utiliza la clasificación práctica de la Asociación Mundial de Carreteras (PIARC 1986) (ver anexo).

273 (doscientos setenta y tres)

La clase adoptada para caracterizar nuestro material es la "D", la cual puede ser utilizada para tránsito pesado menor a 400 vehículos pesados por diarios.

Se determinó el módulo de reacción de la subrasante del ábaco del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del ICPA (ver anexo). Se adopta un valor de:

k = 60 MPa/m

Adoptando un espesor de 15cm, para determinar la influencia de la base NO tratada con se utiliza la tabla siguiente del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del ICPA para adoptar un **k** combinado, en función del espesor de la base:

6.3.4. CALIDAD DEL HORMIGON

Considerando que las tensiones críticas en el pavimento de hormigón son las de flexión, se utiliza para su diseño el siguiente módulo de rotura:

Resistencia a la flexo-tracción:

Módulo de rotura medio del hormigón a los 28 días: σ'f = 45 kg/cm2 (4,41 MPa)

6.4. VERIFICACION DEL ESPESOR DE LA LOSA

Espesor de verificación: 20 cm

Tabla 7-23
Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulico (eje sencillo)

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42	4.75	4.38	4.13	3.66	3.45
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.23	3.06
120	4.19	3.69	3.41	3.23	2.88	2.73
130	3.75	3.30	3.06	2.89	2.59	2.46
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.34	2.23
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.13	2.03
160	2.79	2.47	2.29	2.17	1.95	1.86
170	2.56	2.26	2.10	1.99	1.80	1.71
180	2.37	2.09	1.94	1.84	1.66	1.58
190	2.19	1.94	1.80	1.71	1.54	1.47
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.43	1.37
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.34	1.28
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.26	1.20
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.18	1.13
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.11	1.03
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.05	1.00
260	1.41	1.25	1.16	1.10	0.99	0.95
270	1.34	1.18	1.10	1.04	0.94	0.90
280	1.28	1.12	1.04	0.99	0.89	0.86
290	1.22	1.07	0.99	0.94	0.85	0.81
300	1.16	1.02	0.95	0.90	0.81	0.78
310	1.11	0.97	0.90	0.86	0.77	0.74
320	1.06	0.93	0.86	0.82	0.74	0.71
330	1.02	0.89	0.83	0.78	0.71	0.68
340	0.98	0.85	0.79	0.75	0.68	0.65
350	0.94	0.82	0.76	0.72	0.65	0.62

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

272 (doscientos setenta y dos)

Para 200mm y k = 66 Mpa/m de la tabla entre: Esf. Equiv. = 1.61

Tabla 7-24
Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros de concreto hidráulicos (eje tándem)

Espesor de losa (mm)	Eje Tándem k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	4.39	3.83	3.59	3.44	3.22	3.15
110	3.88	3.35	3.12	2.97	2.76	2.68
120	3.47	2.98	2.75	2.62	2.40	2.33
130	3.14	2.68	2.46	2.33	2.13	2.05
140	2.87	2.43	2.23	2.10	1.90	1.83
150	2.64	2.23	2.04	1.92	1.72	1.65
160	2.45	2.03	1.87	1.76	1.57	1.50
170	2.28	1.91	1.74	1.63	1.45	1.38
180	2.14	1.79	1.62	1.51	1.34	1.27
190	2.01	1.67	1.51	1.41	1.25	1.18
200	1.90	1.58	1.42	1.33	1.17	1.11
210	1.79	1.49	1.34	1.25	1.10	1.04
220	1.70	1.41	1.27	1.18	1.03	0.98
230	1.62	1.34	1.21	1.12	0.98	0.92
240	1.55	1.28	1.15	1.06	0.93	0.87
250	1.48	1.22	1.09	1.01	0.88	0.83
260	1.41	1.17	1.05	0.97	0.84	0.79
270	1.36	1.12	1.00	0.93	0.80	0.75
280	1.30	1.07	0.96	0.89	0.77	0.72
290	1.25	1.03	0.92	0.85	0.74	0.69
300	1.21	0.99	0.89	0.82	0.71	0.66
310	1.16	0.96	0.86	0.79	0.68	0.64
320	1.12	0.92	0.83	0.76	0.66	0.62
330	1.09	0.89	0.80	0.74	0.63	0.59
340	1.05	0.86	0.77	0.71	0.61	0.57
350	1.02	0.84	0.75	0.69	0.59	0.55

Para 200mm y k = 66 Mpa/m de la tabla entre: Esf. Equiv. = 1.36

Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1088

241 (doscientos setenta y uno)

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Tabla 7-27
Factor de erosión para ejes sencillos. Pavimentos de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros de concreto Hidráulico

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.76	3.75	3.74	3.74	3.72	3.70
110	3.63	3.62	3.61	3.61	3.59	3.58
120	3.52	3.50	3.49	3.49	3.47	3.46
130	3.41	3.39	3.39	3.38	3.37	3.35
140	3.31	3.30	3.29	3.28	3.27	3.26
150	3.22	3.21	3.20	3.19	3.17	3.16
160	3.14	3.12	3.11	3.10	3.09	3.08
170	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	3.00
180	2.99	2.97	2.96	2.95	2.93	2.92
190	2.92	2.90	2.88	2.88	2.86	2.85
200	2.85	2.83	2.82	2.81	2.79	2.78
210	2.79	2.77	2.75	2.75	2.73	2.72
220	2.73	2.71	2.69	2.69	2.67	2.66
230	2.67	2.65	2.64	2.63	2.61	2.60
240	2.62	2.60	2.58	2.57	2.55	2.54
250	2.57	2.54	2.53	2.52	2.50	2.49
260	2.52	2.49	2.48	2.47	2.45	2.44
270	2.47	2.44	2.43	2.42	2.40	2.39
280	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34
290	2.38	2.35	2.34	2.33	2.31	2.30
300	2.34	2.31	2.30	2.29	2.26	2.26
310	2.29	2.27	2.25	2.24	2.22	2.21
320	2.25	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17
330	2.21	2.19	2.17	2.16	2.14	2.13
340	2.18	2.15	2.14	2.12	2.10	2.09
350	2.14	2.11	2.10	2.09	2.07	2.06

Para 200mm y k = 66 Mpa/m de la tabla: Factor de Eros. = 2.81

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1855

270 (doscientos setenta)

Tabla 7-28
Factor de erosión para ejes Tándem. Pavimentos de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros de concreto hidráulico

Espesor de losa (mm)	Eje tándem					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.83	3.79	3.77	3.76	3.72	3.70
110	3.71	3.67	3.65	3.63	3.60	3.58
120	3.61	3.56	3.54	3.52	3.49	3.47
130	3.52	3.47	3.44	3.43	3.39	3.37
140	3.43	3.38	3.35	3.33	3.30	3.28
150	3.36	3.30	3.27	3.25	3.21	3.19
160	3.28	3.22	3.19	3.17	3.13	3.12
170	3.22	3.15	3.12	3.10	3.06	3.04
180	3.16	3.09	3.06	3.03	2.99	2.97
190	3.10	3.03	2.99	2.97	2.93	2.91
200	~~3.05~~	~~2.97~~ →	2.94	2.91	2.87	2.85
210	2.99	2.92	2.88	2.86	2.81	2.79
220	2.95	2.87	2.83	2.80	2.76	2.73
230	2.90	2.82	2.78	2.75	2.70	2.68
240	2.86	2.78	2.73	2.71	2.66	2.63
250	2.82	2.73	2.69	2.66	2.61	2.59
260	2.78	2.69	2.65	2.62	2.56	2.54
270	2.74	2.65	2.61	2.58	2.52	2.50
280	2.71	2.62	2.57	2.54	2.48	2.46
290	2.67	2.58	2.53	2.50	2.44	2.42
300	2.64	2.55	2.50	2.46	2.41	2.38
310	2.61	2.51	2.46	2.43	2.37	2.34
320	2.58	2.48	2.43	2.40	2.33	2.31
330	2.55	2.45	2.40	2.36	2.30	2.28
340	2.52	2.42	2.37	2.33	2.27	2.24
350	2.49	2.39	2.34	2.30	2.24	2.21

Para 200mm y k = 66 Mpa/m de la tabla: Factor de Eros. = 2.92

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

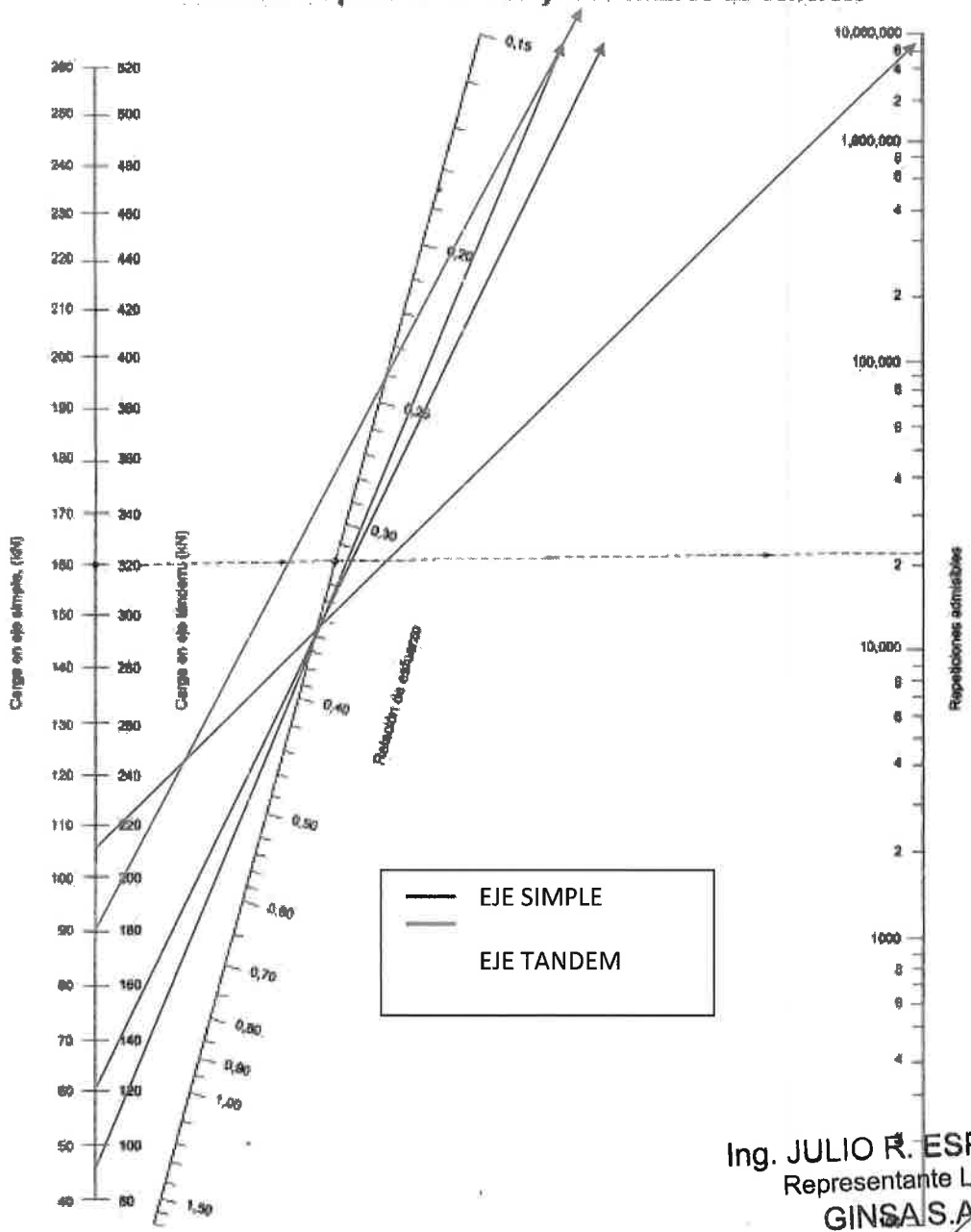
GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1655

269 (doscientos sesenta y nueve)

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Figura 7-35
Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto



Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

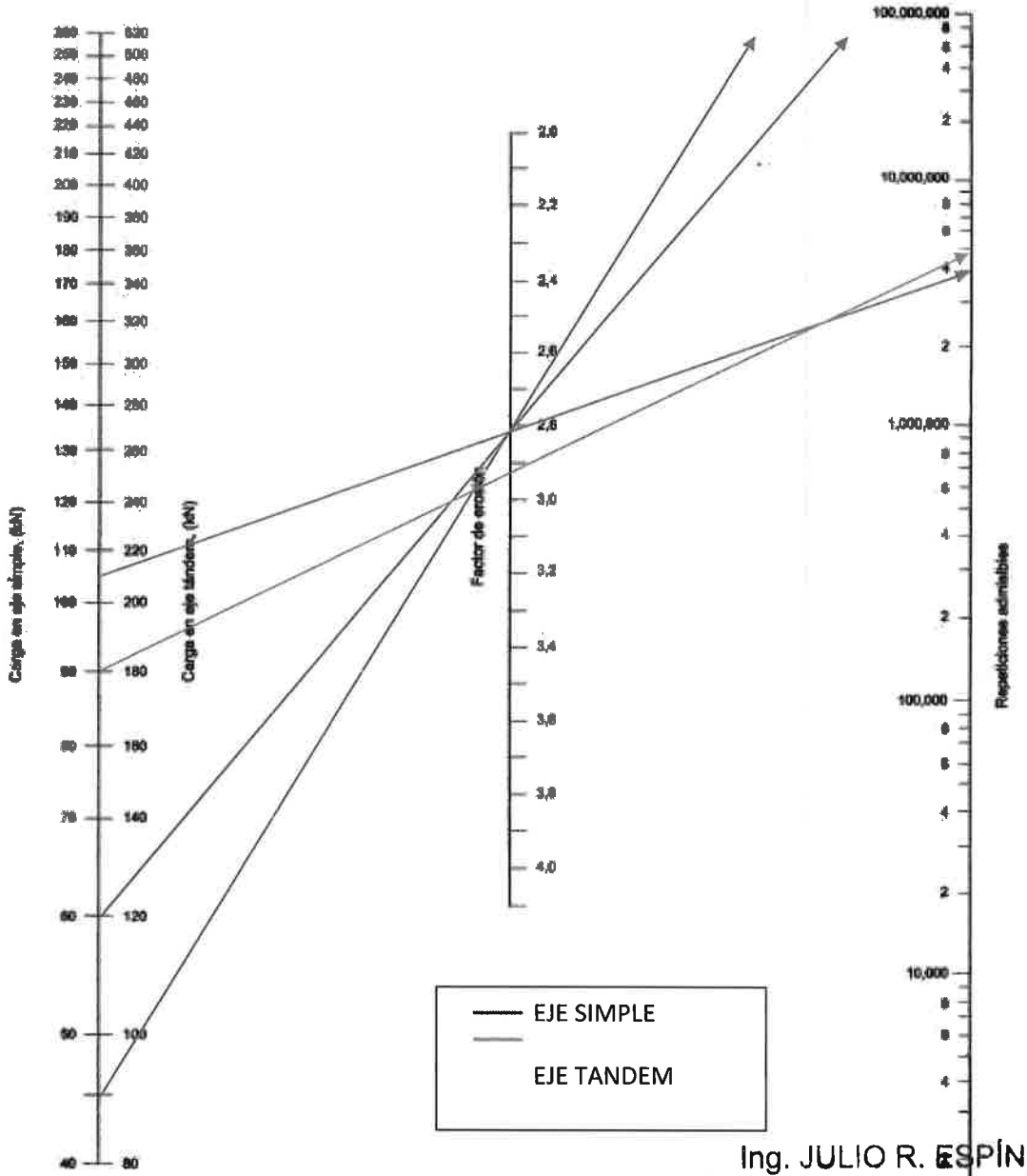
GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1635

268 (doscientos sesenta y ocho)

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Figura 7-36
Análisis de erosión, sin hombros de concreto. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico



Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1888

267 (doscientos sesenta y siete)

PROYECTO: PARQUE LINEAL

ESPESOR DE TANTEO(mm):	20	JUNTAS CON PASADORES:	SI
CONJUNTO SUBBASE-SUBRASANTE(Mpa/m):	66	BANQUINAS DE CONCRETO:	NO
MODULO DE ROTURA,MR (Mpa):	4,41	PERIODO DE DISEÑO:	25
FACTOR DE SEGURIDAD, Fsc:	1		

Carga por eje, kN	Carga por Fsc, kN	Repeticiones Esperadas	Análisis por fatiga		Análisis por Erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño
1	2	3	4	5	6	7

EJES SIMPLES — Esfuerzo Equivalente: 1,61 — Relación de esfuerzos: 0,37 — Factor de Erosión: 2,81

45	45	897.417	ILIMITADO	0,00%	ILIMITADO	0,00%
60	60	2.692.251	ILIMITADO	0,00%	ILIMITADO	0,00%
105	105	2.153.801	8.000.000	26,92%	4.000.000	53,85%
	0					
	0					
	0					
	0					
	0					
	0					
	0					

EJES TANDEM — Esfuerzo Equivalente: 1,36 — Relación de esfuerzos: 0,24 — Factor de Erosión: 2,92

180	180,00	897.417	ILIMITADO	0,00%	4.900.000	18,31%
	0,00					
	0,00					
	0,00					
	0,00					
	0,00					
	0,00					
	0,00					
	0,00					
	0,00					
	0,00					
			TOTAL	26,92%	TOTAL	72,16%

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1693

266 (doscientos sesenta y seis)

LOSA DE HºSº Mr=45Kg/cm2 - e = 20cm

SUBBASE GRANULAR - VSRmin = 65% - e = 15cm

SUBRASANTE VSRmín. = 12%

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

265 (doscientos sesenta y cinco)

6.5. VARIABLES DE ENTRADA

Se emplea para la verificación, el método AASHTO 93

6.5.1. TRÁNSITO EN EJES EQUIVALENTES.

Para el cálculo de los ejes equivalentes de diseño se utilizaron los factores de camión sugeridos para el diseño por la dirección Nacional de Vialidad de la República Argentina, publicados en el Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del Instituto del Cemento Portland Argentino (ver anexo).

El cálculo de ejes equivalentes se encuentra en el anexo, que arroja un valor de:

EE = 6.640.000 ESALs

6.5.2. CONFIABILIDAD DEL DISEÑO

Se adopta de acuerdo a la tabla 6.4 de recomendaciones del manual, para colectoras en zona urbana:

R = 80%

6.5.3. DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Se adopta de acuerdo a la tabla 6.3 de recomendaciones del manual, para variación en la predicción del comportamiento del pavimento tránsito sin errores en el tránsito:

So = 0,39

6.5.4. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGAS (J)

Se adopta: **J = 3,2**

6.5.5. PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)

Adoptamos los valores sugeridos por el manual de AASHTO

(ΔPSI) = 4,5 – 2 = 2,5

6.5.6. MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE

M.R. = 11.000 psi

Se interpondrá entre la subrasante y la losa de hormigón una base de estabilizado granular, en un espesor de 20cm para mejorar la capacidad portante de la subrasante y evitar la condición de bombeo en las juntas.

Con estas condiciones de apoyo de la losa y teniendo en cuenta además una posibilidad de pérdidas de valor soporte por efectos climáticos o degradación (bombeo), se determinó el módulo compuesto de la subrasante, para las siguientes condiciones:
Módulo de Elasticidad de la base granular tratada con cemento (ver abaco en anexo):

264 (doscientos sesenta y cuatro)

Adoptamos un valor conservador:

- E_{SB} = 200 MPa = 300.000 psi

Por tratarse de subrasante de estabilizado granular no tratada:

- Pérdida de Soporte LS = 1
- E_{SB} = 20cm = 7,9 pulg
- M_R = 11.000 psi

6.5.7. DETERMINACIÓN DEL K COMP.

Módulo Compuesto de Reacción de la Subrasante (ver ábaco en anexo):

K comp. ≈ 1000 pci

A continuación, se ajusta el valor efectivo de K, tomando en cuenta la pérdida de soporte de la subbase, LS, por erosión. Dicho ajuste se hace por medio de ábaco (ver anexo) y con este valor calculado se procede al diseño del pavimento rígido:

Módulo de Reacción de la Subrasante de Diseño: Kd ≈ 280 pci

6.5.8. COEFICIENTE DE DRENAJE

Coeficiente de drenaje (Cd) = 1,10

6.5.9. MÓDULO ELÁSTICO MEDIO DEL HORMIGÓN (EC)

Aplicamos la ecuación sugerida por AASHTO Ec = 57.000 $(f'c)^{0.5}$. Siendo f'c la resistencia a la compresión simple del hormigón a los 28 días en psi:

Adoptamos valores medios de obra: f'c = 330 kg/cm2 = 4.700 psi. Resulta:

$$\mathbf{Ec = 57.000\ (4700)^{0.5} = 3{,}9 \times 10^{6}\ psi}$$

6.5.10. MÓDULO DE ROTURA MEDIO DEL HORMIGÓN (S'C)

Adoptamos como resistencia media a la tracción por flexión: 48 kg/cm2. Se obtiene:

S'c = 685 psi

6.6. ESPESOR REQUERIDO

De la aplicación del Programa DARWIN® (ver anexo), se obtiene el espesor de cálculo para las condiciones adoptadas:

Espesor calculado = 8,06 pulg. x 2,54 cm/pulg. = 20,47 cm

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1686

263 (doscientos sesenta y tres)

DISEÑO DE JUNTAS

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

262 (doscientos sesenta y dos)

7. DISEÑO DE JUNTAS

El diseño de juntas tiene por finalidad la inducción de fisuras programadas, con una geometría y separación similar a la que naturalmente se desarrollaría en un pavimento de hormigón, pero con las ventajas técnicas y económicas en las operaciones de sellado y mantenimiento de las mismas.

7.1. TRANSFERENCIA DE CARGA

Es la capacidad de una junta de transmitir parte de la carga aplicada en una losa a la losa contigua.

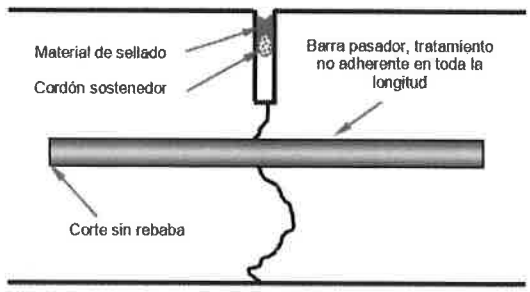
Los factores que contribuyen a mejorar la eficiencia en la junta son:

- Trabazón en los agregados
- Rigidez de la base
- Pasadores

Para el presente proyecto se adoptaron dos tipos de mecanismos de transferencia de cargas, según las recomendaciones del ICPA.

7.2. JUNTAS DE CONTRACCIÓN

Pasadores: Deben utilizarse con tránsito pesado en losas de 18cm o superiores. No deben restringir el movimiento horizontal de las losas. Se ejecutarán según el siguiente esquema:



Características de los pasadores:

- Tipo de hierro: Barra redonda lisa. Tipo I. AL-220
- Superficie: Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón en todo su largo.
- Longitud: 45cm
- Diámetro: 25mm
- Separación: 30cm de centro a centro y 15cm de centro a borde.
- Ubicación: paralelo a la superficie del pavimento y al eje de la calzada. A mitad del espesor de la losa. Mitad a cada lado de la junta transversal.
- Forma de colocación: con canastos.

Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1888

261 (doscientos sesenta y uno)

7.3. SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS DE CONTRACCIÓN (TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL):

Según PCA:

Sep. Máxima = k . e

k = 24 para bases granulares.

Relación de losa largo/ancho máxima = 1,25 (deben ser lo más cuadrada posible)

Sep. Máxima = 24 x 0,20m = 4,20m

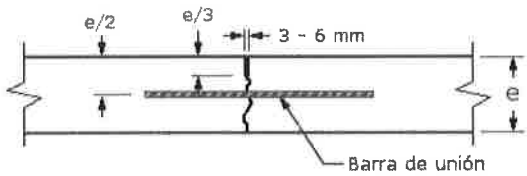
Se adopta ancho de losas = 4,25m/4,42m (4,25m + 0,17m) para juntas transversales

Se adopta largo de losa = 4,17m en tramos en rampa y 4,18m en tramos horizontales

Relación máxima = 4,17m / 4,42m = 0,95

7.4. ARMADURA DE UNIÓN PARA JUNTAS LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN

Son similares a las de contracción, solo que se ejecutan en el sentido longitudinal de la calzada. Permiten aliviar las tensiones generadas por los alabeos higrotérmico de las losas.



Tipo C-1
JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN
O ARTICULACIÓN
con barras de unión

Normalmente se hacen coincidir con la división de los carriles de circulación, en este caso la junta longitudinal coincide con el ancho circulable (4,25m+4,25m), pero la losa del lado interno se le suma el ancho necesario para materializar el cordón integral de 0,15m x 0,17m.

El plano de debilidad debe ser algo mayor que en las de contracción, usualmente alcanzan un tercio del espesor.

La transferencia de cargas en las juntas longitudinales se consigue mediante la trabazón intergranular.

Las barras de unión se colocan para mantener unidas las caras de la fisura, son de acero conformado superficialmente y por lo general con diámetros de 8 a 12 mm.

Se calculó las barras de unión con el gráfico del ICPA, obteniéndose los siguientes resultados (VER ANEXO):

Aplicando la Ec. 3-2:

ABU = (2400Kg/m3 . 0,18/m . 4,42m . 1,5 . 4,17m)/2400KG/CM2 = 4,98cm2 / losa

Se adoptan:

7 φ 10mm = 5,53cm2 / losa

Separación φ 10mm = 3,6m (4.17-/ 6 espacios = c/70cm con un largo de 60cm

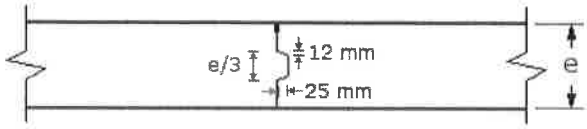
Ing. JULIO E. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

260 (doscientos sesenta)

7.5. JUNTAS LONGITUDINALES DE ARTICULACIÓN Ó JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

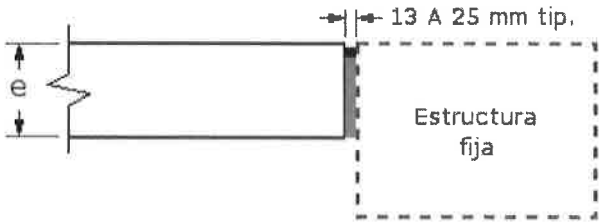
Para las juntas entre las losas de calzada y las losas de plataformas se utilizarán juntas articuladas de construcción, de acuerdo con el siguiente modelo:



Tipo D-2
JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN O ENSAMBLADA
DE BORDES LIBRES
sin barras de unión

7.6. JUNTAS DE DILATACIÓN

Para las juntas entre tramos de rampas y tramos horizontales se utilizarán juntas de dilatación sin pasadores, ya que por el cambio de alineamiento vertical no se deben colocar pasadores ya que no cumplirían ninguna función efectiva.



Tipo F-1
JUNTA DE AISLACIÓN

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

259 (doscientos cincuenta y nueve)

ANEXO: ABACOS, GRAFICOS Y TABLAS

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

258 (doscientos cincuenta y ocho)

1. PAVIMENTO FLEXIBLE

1.1. MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE (MR)

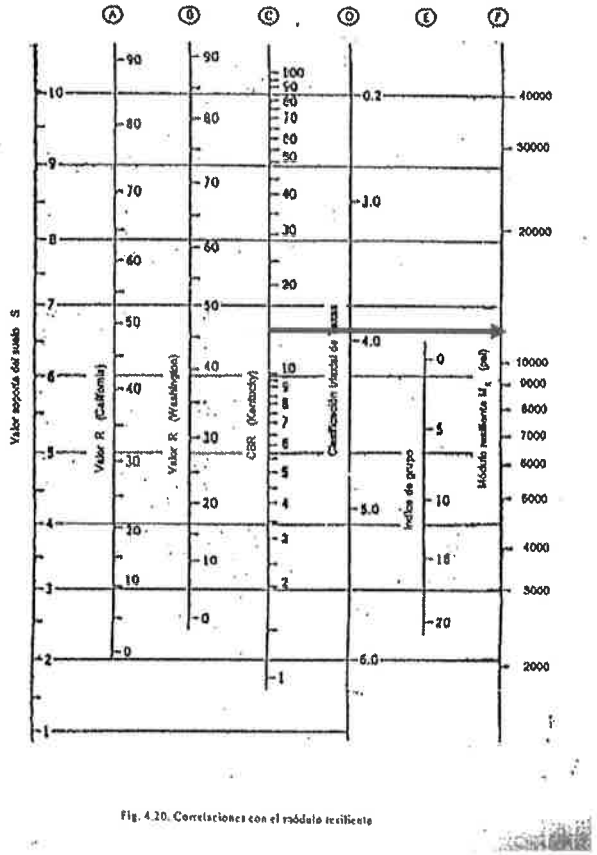


Figura 6. Abaco Mr/CBR AASHTO.

1.2. COEFICIENTE DE DRENAJE (M_2 Y M_3)

Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos (C_d)

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 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

Fuente: Guia para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1835

257 (doscientos cincuenta y siete)

1.3. NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO (S_{ND}):

1.3.1. CONCRETO ASFÁLTICO PARA BASES Y CARPETA:

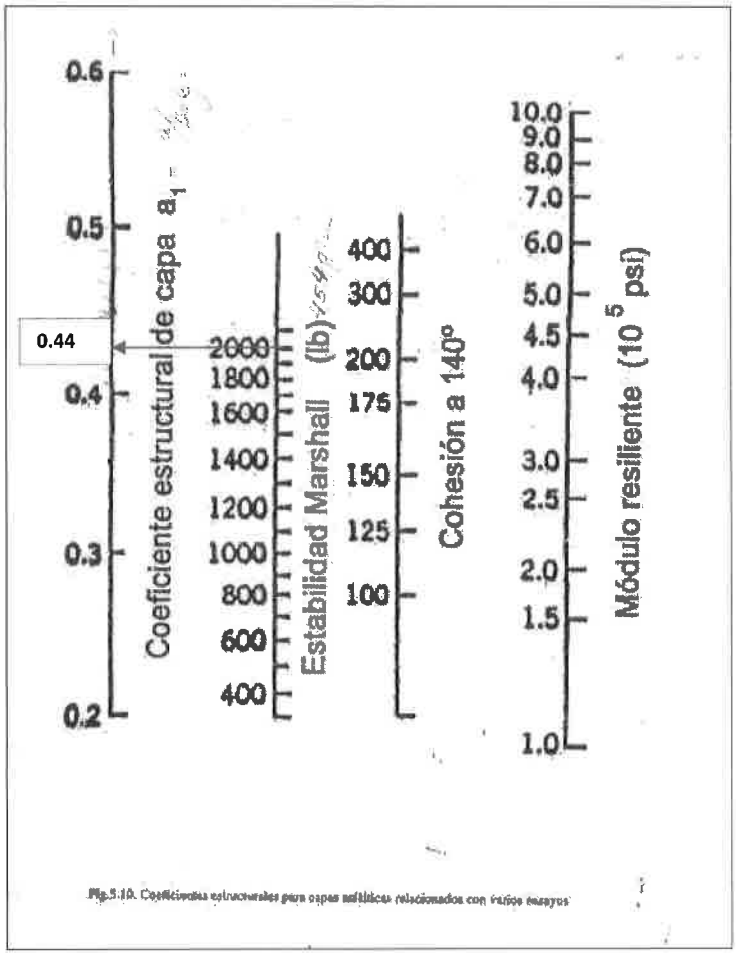


Fig.5.10. Coeficientes estructurales para capas asfálticas relacionados con varios ensayos

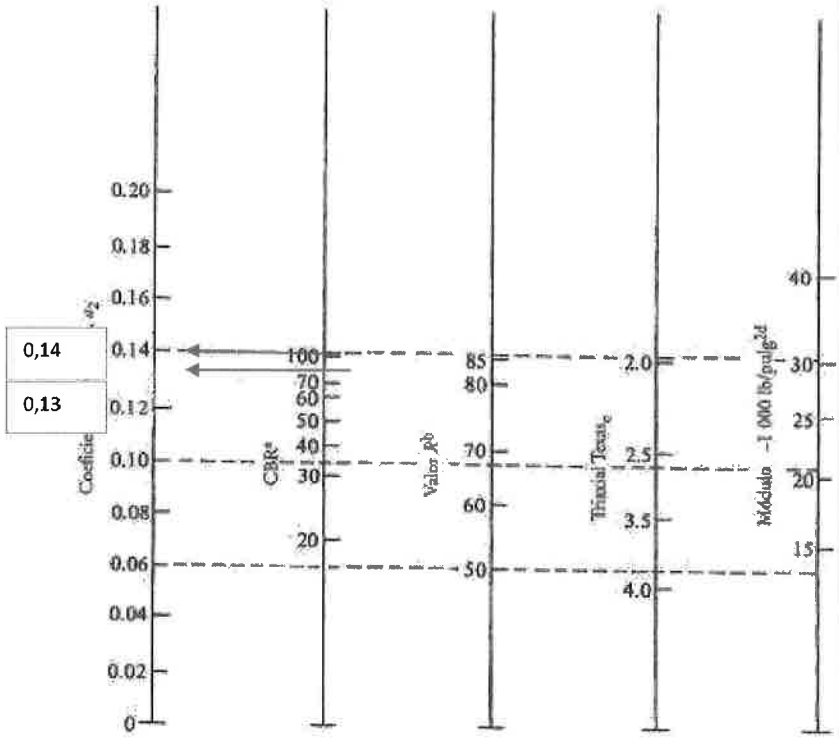
Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1635

256 (doscientos cincuenta y seis)

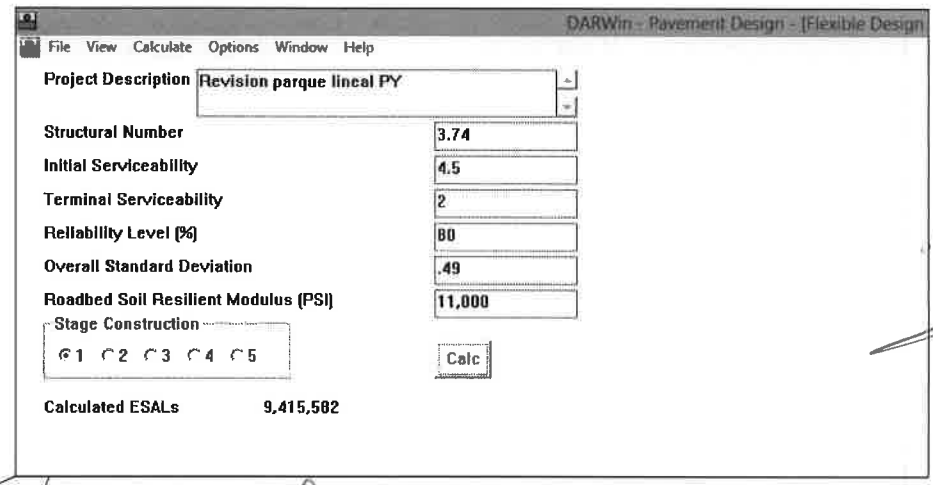
1.3.2. BASE Y SUBBASE DE ESTABILIZADO GRANULAR:



[a]Escala derivada de correlaciones de Illinois.
[b]Escala derivada de correlaciones del Asphalt Institute, California, Nuevo México y Wyoming.
[c]Escala derivada de correlaciones obtenidas en Texas.
[d]Escala derivada del proyecto NCHRP 128, 1972.

Variación del coeficiente de capa de base granular, a_2, con diversos parámetros de resistencia de la sub base.

1.4. DETERMINACION DE EJES EQUIVALENTES



Ing. JULIO R. ESPINOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1688

255 (doscientos cincuenta y cinco)

2. ESTUDIO DE TRANSITO

2.1. INFORME ESTADÍSTICO.

Dirección del Registro de Automotores
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
División de Procesamiento de Datos y Soporte a Usuarios

INFORME ESTADISTICO

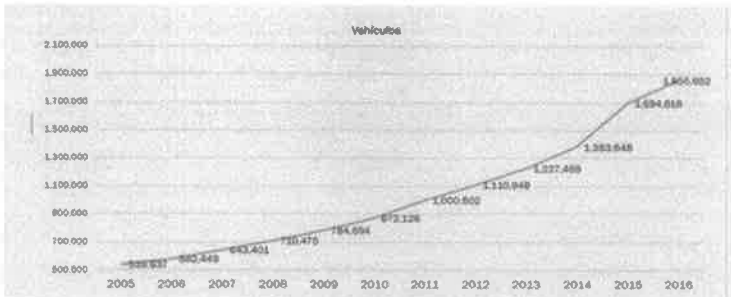
CANTIDAD DE REGISTRADOS POR DEPARTAMENTO Y POR TIPO DE AUTOMOTOR DE TODO EL PAÍS

Datos Actualizados al 31 de Mayo de 2017

Departamento	Autos	Camionetas	Jeeps	Camiones	Carretas	Ómnibus	Acoplados	Tractores	Minibuses	Maquinarias	Motos	Varios	Total
CENTRAL	115.849	48.126	458	20.578	534	4.624	519	657	1.868	7	177.354	182.935	553.509
CAPITAL	111.683	52.247	991	13.984	496	1.834	537	2.080	1.862	34	56.787	142.189	383.704
ALTO PARANA	86.342	23.567	83	12.485	881	635	275	2.192	3.953	21	109.348	109.158	328.918
ITAPUA	26.698	14.049	64	7.578	342	405	241	2.418	695	2	82.462	40.647	175.601
CAAGUAZU	14.754	7.159	44	5.728	227	231	249	755	326	-	42.467	29.091	101.031
CORDILLERA	7.282	4.544	30	2.759	128	460	38	157	158	-	20.300	12.291	48.127
AMAMBAY	6.036	2.918	13	1.501	47	102	61	590	76	-	28.980	10.497	45.816
GUAIRA	6.843	3.203	49	1.990	77	161	33	344	201	-	20.330	11.615	44.846
SAN PEDRO	4.584	3.747	17	2.348	40	107	41	575	103	-	16.777	14.931	43.270
PARAGUARI	5.026	3.158	53	1.963	23	233	24	54	111	-	19.290	8.448	37.783
BOQUERON	3.820	4.599	7	675	16	27	109	665	89	1	14.868	12.738	37.614
CANINDEYU	4.702	2.712	8	2.056	133	22	74	863	81	27	10.660	16.118	37.456
CONCEPCION	2.573	2.118	48	1.189	26	85	46	213	47	-	19.138	6.093	31.574
MISIONES	4.610	1.817	23	738	25	40	16	60	98	-	10.745	5.288	23.455
CAAZAPA	1.843	1.442	4	843	27	16	6	119	53	-	10.915	4.945	20.213
ÑEEMBUCU	2.148	1.913	99	535	27	82	15	37	62	-	11.828	3.308	20.049
PRESIDENTE HAYES	1.857	1.747	30	588	13	89	62	417	56	-	6.490	4.739	16.098
CHACO	56	84	-	29	-	-	1	8	-	-	397	740	1.315
ALTO PARAGUAY	26	104	-	24	1	-	1	14	-	-	247	323	740
SIN DATOS	259	229	1	53	3	13	1	24	8	1	73	47	712
DESCONOCIDO	117	96	1	25	1	3	-	57	-	-	311	19	630
Total	387.108	179.574	1.401	77.069	3.067	8.979	2.349	12.279	9.642	91	654.760	616.140	1.952.461
Porcentual	19,83%	9,20%	0,07%	3,95%	0,16%	0,46%	0,12%	0,63%	0,49%	0,00%	33,54%	31,56%	100,00%

Base de Datos de la Dirección del Registro de Automotores — Datos actualizados al 31 de Mayo de 2017

2.2. TASA DE CRECIMIENTO



Año 2010: 872.126 Año 2016: 1.855.652 Aumento 2010/2016: 112%

Fuente: Dirección Nacional del Registro del Automotor. 2017

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO.
INGENIERO VIAL
M.P. 1886

254 (doscientos cincuenta y cuatro)

2.3. VIDA ÚTIL PROYECTO BASE

CALCULO DE N

EJES EQUIVALENTES DE 10 Tn. Y 18.000.- LbS.

PARQUE LINEAL ASUNCION
TRAMO:
SECCION:

TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCION DE EJES	Nº DE EJES (1)	% DE C/ TIPO DE VEHIC.(2)	FACTOR "C" (3)	(1)*(2)*(3)/100
AUTOMOVILES JEEPS CAMIONETAS	1,1	2	81,82%	0,010	0,016
OMNIBUS	1,1	2	7,28%	0,070	0,010
CAMIONES SIN	1,1	2	10,90%	0,600	0,131
ACOPLADOS	1,2	3	0,00%	0,380	0,000
CAMIONES CON	11-11	4	0,0	0,600	0,000
ACOPLADOS	11-12	5	0,00%	0,390	0,000
	12-11	5	0,0	0,470	0,000
	12-12	6	0,0	0,320	0,000
SEMI	111	3	0,0	0,540	0,000
REMOLQUES	112	4	0,00%	0,450	0,000
	113	5	0,0	0,410	0,000
	123	6	0,0	0,350	0,000
			100,00%		0,157

VIDA UTIL EN AÑOS:	21		
		tmda inicial	1223
ULTIMO AÑO DEL TMDA CONOCIDO:	2017		
TMDA CONOCIDO:	835	coeficiente (b)	2,95
AÑO DE INAGURACION:	2021	tmda final	3611
n° de años para det. coef. (a)	4		
coef. (a)	1,46	FACTOR POR Nº DE TROCHAS:	1
tasa de crecimiento	0,100	Nº DE EJES EQUIVALENTES 80 KN (8,2Tn) :	
			9,35E+06

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1688

253 (doscientos cincuenta y tres)

3. PAVIMENTO RIGIDO

3.1. EJES DE DISEÑO

	TMDA PESADOS
TMDA TOTAL	132
%	10%
VU	25
835	

CAM. S/A	MINIB	BUS
91	38	3

LIVIANOS	CAMION S/A	CAMION C/A	SEMI	MINIBUSES	BUSES	TOTAL
900	120	0	0	50	30	1100
81,82%	10,91%	0,00%	0,00%	4,55%	2,73%	100%

	PESO POR GRUPO DE EJES (Tn)					
CONFIGURACION EJES	**2,5**	**4,5**	**6**	**10,5**	**18**	**OBSERV**
CAMION LIVIANO 1 - 1			120	120		
MINIBUS	50	50				
BUS			30		50	
DIRECCIONALIDAD				**50%**		
TOTAL EJES POR DIA	**25**	**25**	**75**	**60**	**25**	

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1635

252 (doscientos cincuenta y dos)

3.2. CALCULO EJES EN VIDA UTIL

CALCULO DE EJES EN LA VIDA UTIL TASA CREC.: 10,0%

AÑO	TMDA	2,5 TN	4,5 TN	6 TN	10,5 TN	18 TN
1	132	9.125	9.125	27.375	21.900	9.125
2	145	10.038	10.038	30.113	24.090	10.038
3	160	11.041	11.041	33.124	26.499	11.041
4	176	12.145	12.145	36.436	29.149	12.145
5	193	13.360	13.360	40.080	32.064	13.360
6	213	14.696	14.696	44.088	35.270	14.696
7	234	16.165	16.165	48.496	38.797	16.165
8	257	17.782	17.782	53.346	42.677	17.782
9	283	19.560	19.560	58.681	46.945	19.560
10	311	21.516	21.516	64.549	51.639	21.516
11	342	23.668	23.668	71.004	56.803	23.668
12	377	26.035	26.035	78.104	62.483	26.035
13	414	28.638	28.638	85.914	68.732	28.638
14	456	31.502	31.502	94.506	75.605	31.502
15	501	34.652	34.652	103.957	83.165	34.652
16	551	38.117	38.117	114.352	91.482	38.117
17	607	41.929	41.929	125.787	100.630	41.929
18	667	46.122	46.122	138.366	110.693	46.122
19	734	50.734	50.734	152.203	121.762	50.734
20	807	55.808	55.808	167.423	133.938	55.808
21	888	61.388	61.388	184.165	147.332	61.388
22	977	67.527	67.527	202.582	162.065	67.527
23	1075	74.280	74.280	222.840	178.272	74.280
24	1182	81.708	81.708	245.124	196.099	81.708
25	1300	89.879	89.879	269.636	215.709	89.879
TOTAL EJES EN VU		**897.417**	**897.417**	**2.692.251**	**2.153.801**	**897.417**

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1888

251 (doscientos cincuenta y uno)

3.3. CARGAS POR EJE CONSIDERADAS

PESO MAXIMO POR GRUPO DE EJES:

TIPO DE EJE	ESQUEMA	PESO	TOL.
Eje aislado (Rodado Simple: 1 Simple)		6,0 Tn.	0,5 Tn.
Eje aislado (Rodado Dual: 1 Dual)		10,5 Tn.	1,0 Tn.
Doble Eje (2 Simples)		10,0 Tn.	1,5 Tn.
Doble Eje (1 Dual + 1 Simple)		14,0 Tn.	1,5 Tn.
Doble Eje (2 Duales)		18,0 Tn.	1,5 Tn.
Triple Eje (2 Duales + 1 Simple)		21,0 Tn.	2,0 Tn.
Triple Eje (3 Duales)		25,5 Tn.	2,0 Tn.
PESO TOTAL PERMITIDO			0,5 Tn.

Conforme a las normas vigentes, las TOLERANCIAS por GRUPO DE EJES se admiten siempre y cuando no se supere el PESO TOTAL PERMITIDO para ese vehículo (con su tolerancia de 0,5 tn.)

Se considera conjunto TANDEM DE EJES, al agrupamiento de 2 o 3 ejes consecutivos pertenecientes a un mismo vehículo y unidos entre sí por un dispositivo que permita repartir el peso entre ellos.

DOBLE: cuando la distancia entre los centros de ejes sea mayor de 1,20 mts. y menor de 2,40 mts.

TRIPLE: cuando la distancia entre los centros de los ejes consecutivos sea mayor de 1,20 mts. y menor de 2,40 mts.

CASOS USUALES

Potencia Mínima Necesaria	Unidad	Configuración	Peso Máximo
53		1 1 S–D	16,5
78		1 2 S–DD	24,0
97		1 3 S–DDD	31,5
91		2 2 SS–DD	28,0
87		1 1 1 S–D–D	27,0
112		1 1 2 S–D–DD	34,5
112		1 2 1 S–DD–D	34,5
136		1 1 3 S–D–DDD	42,0
136		1 2 2 S–DD–DD	42,0
146		1 2 3 S–DD–DDD	45,0
146		1 1 1 1 1 S–D–D–D–D	45,0
121		1 1 1 1 S–D D–D	37,5
146		1 1 1 2 S–D D–DD	45,0
146		1 2 1 1 S–DD D–D	45,0
146		1 2 1 2 S–DD D–DD	45,0
146		1 1 1 1 1 S–D–D D–D	45,0

Ing. JULIO R. ESPÍNOLA
Representante Legal
GINSA S.A.

GINSA S.A.

TULIO ALTAMIRANO
INGENIERO VIAL
M.P. 1655