

Instituto del Cemento Portland Argentino

Factor de seguridad de cargas

En el procedimiento de diseño, las cargas de ejes determinados en el paso anterior son multiplicadas por un factor de seguridad de cargas (FSC). Estos valores son los que a continuación se recomiendan:

- Autopistas y rutas de alto volumen de tránsito pesado, donde sea requerido un flujo ininterrumpido del tránsito, FSC = 1,2
- Rutas y arterias importantes con moderado volumen de tránsito pesado, FSC = 1.1
- Rutas y otras vías de bajo volumen de tránsito pesado y calles residenciales, FSC = 1,0

El FSC brinda además una seguridad adicional en el procedimiento de diseño, contemplando otros imponderables tales como sobrecargas impredecibles, variaciones normales de las propiedades de los materiales y pequeñas deficiencias en el espesor de proyecto.

En casos especiales, la utilización de FSC = 1.3 podría justificarse para mantener un nivel de serviciabilidad más alto de lo normal durante todo el período de diseño. El ejemplo puede ser una arteria urbana con muy alto volumen de tránsito, en donde no existan vías alternativas para el tráfico circulante.

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

El método presentado a continuación es usado cuando se ha determinado en forma detallada la distribución de cargas de los diferentes tipos de ejes (simples, dobles y triples). Para esto se necesita conocer los siguientes factores, tratados anteriormente:

- Tipo de junta y banquina
- Resistencia a la flexión del hormigón (MR) a los 28 días
- Módulo de reacción "k" de la subrasante o combinación subrasante/subbase
- Número esperado de repeticiones de cargas para cada tipo de eje durante el período de diseño

En el ejemplo se muestran ambos análisis, el de fatiga (para controlar fisuración por fatiga) y el de erosión (para controlar erosión de banquina y materiales de fundación, bombeo y escalonamiento de losas).

El análisis de fatiga usualmente define el diseño de los pavimentos de tránsito liviano (calles residenciales y caminos secundarios, independientemente de si poseen o no pasadores) y pavimentos de tránsito mediano con pasadores.

El análisis de erosión controlará usualmente el diseño de pavimentos de tránsito mediano y pesado, con juntas sin pasadores (trabajón entre agregados) y pavimentos de tránsito pesado con pasadores.

Para pavimentos que soportan pesos mixtos de ejes (livianos, medianos y pesados), las cargas de ejes simples son generalmente más severas en el análisis de fatiga, mientras que las de los ejes tandem lo son para el análisis de erosión.

El procedimiento de diseño pasa a paso es el siguiente: Se establecen los datos de diseño mostrados en la parte superior de la Figura 4 (planilla utilizada en el cálculo de espesores de pavimentos) y se completan las Columnas 1 y 3. Las cargas por eje se multiplican por el Factor de Seguridad de Cargas y se obtiene así la Columna 2.

Análisis de Fatiga

Los resultados del análisis de Fatiga y por lo tanto los ábacos y Tablas utilizados en su determinación, son los mismos para pavimentos con y sin pasadores, e inclusive para pavimentos con armadura continua.

- Pavimentos sin banquina de hormigón: se usará la Tabla 5.a. y la Figura 5
- Pavimentos con banquina de hormigón: se usará la Tabla 5.b. y la Figura 5

Procedimiento:

1. Determinar en las tablas correspondientes, la tensión equivalente para ejes simples, tandem y tridem (ítems 8, 11 y 14 de la Figura 4), función del espesor estimado del pavimento y del Módulo de reacción combinado "k". Para valores de "k" intermedios a los que presentan las Tablas, se interpolará linealmente entre éstos.

8, 11 y 14

Instituto del Cemento Portland Argentino

2. Dividiendo a las anteriores por el Módulo de Rotura del hormigón "MR" se determinará el Factor de Relación de Tensiones para los diferentes ejes (ítems 9, 12 y 15 de la Figura 4).
3. Completar la Columna 4 por medio del uso de la Figura 5. Para esto se unirá linealmente los valores correspondientes a cada carga de la Columna 2 con el Factor de Relación de Tensiones respectivo (según el tipo de eje). Continuando dicha recta hasta el eje vertical de la derecha, se leerá el valor de las "Repeticiones Admisibles".
4. Calcular la Columna 5, dividiendo la Columna 3 por la Columna 4 y multiplicando por 100; luego sumar los valores individuales para cada tipo de eje.

Análisis de Erosión

A. Pavimentos sin banquina de hormigón

- Juntas con pasadores o pavimentos de armadura continua, usar Tabla 6.a y la Figura 6.a.
- Juntas con trabazón entre agregados, utilizar la Tabla 6.b y la Figura 6.a.

B. Pavimentos con banquina de hormigón

- Juntas con pasadores o pavimentos de armadura continua, usar Tabla 7.a y la Figura 6.b.
- Juntas con trabazón entre agregados, utilizar la Tabla 7.b y la Figura 6.b.

Procedimiento:

1. Determinar en las tablas correspondientes, el Factor de Erosión para ejes simples, tandem y tridem (ítems 10, 13 y 16 de la Figura 4), función del espesor estimado del pavimento y del Módulo de reacción combinado "K". Para valores de "K" intermedios a los que presentan las Tablas, se interpolará linealmente entre éstos.
2. Completar la Columna 6 por medio del uso de la Figura 6.a o Figura 6.b., según se trate de pavimentos sin o con banquina de hormigón, respectivamente. Para esto se unirá linealmente los valores correspondientes a cada carga de la Columna 2 con el Factor de Erosión respectivo (según el tipo de eje). Continuando dicha recta hasta el eje vertical de la derecha, se leerá el valor de las "Repeticiones Admisibles".
3. Calcular la Columna 7, dividiendo la Columna 3 por la Columna 6 y multiplicando por 100; luego sumar los valores individuales para cada tipo de eje.

Nota: En las Figuras 5, 6.a y 6.b no están incorporados los ejes Tridem en la columna de cargas (por razones de espacio). Para poder hacer uso de las mismas, solo bastará con dividir por 3 la carga del eje tridem e ingresar con este valor del lado correspondiente al eje simple.

En la utilización de los ábacos no es necesario la interpolación precisa de las repeticiones admisibles. Si la línea interseca al eje de las repeticiones admisibles por encima del límite superior, se considerará que las mismas son ilimitadas.

El espesor tentativo no será adecuado si la suma total de cada tipo de eje supera el 100 % del consumo de Fatiga o Daño por Erosión. En este caso se deberá adoptar un espesor mayor y repetir todo el procedimiento de diseño, hasta que los mismos no superen el 100 %. Si estos valores están muy por debajo del 100 % se procederá en forma inversa, disminuyendo el espesor tentativo hasta acercarse lo más posible al límite máximo del 100 %, tanto para Fatiga como para Erosión. El espesor de pavimento se adoptará al centímetro.

Observación.

Al adoptar el Módulo de Reacción de la Subrasante (si existe Subbase la combinación de ambas) para el diseño de espesores, el mismo no deberá ser nunca superior a 17 kg/cm³, aunque al estimarlo en función del CBR, Tipo y Espesor de Subbase, sea superior al valor indicado.

Ejemplo**• Datos de Proyecto**

Número de Trochas	4 (2 por sentido de circulación)
Período de Diseño	20 años
TMDA	11.200 veh/día
Tasa de crecimiento anual de Vehículos Pesados (%)	3,0
Camiones	17 % del TMDA

• Cálculo del Tránsito

Factor de Proyección: $(1 + 0,03)^{(20/2)} = 1,34391$

TMDA de Diseño = $11.200 * 1,34391 = 15.052$ vehículos/día (7.525 en una dirección)

Distribución del Tránsito (%) = 50 - 50

TMDA de Camiones = $15.052 * 0,5 * 0,17 = 1.280$ camiones/día

De la Figura 2, para 7.525 veh/día en una dirección y 2 trochas por sentido, se obtiene el porcentaje de camiones en una dirección, siendo en este caso un valor aproximado a 83%.

Por lo tanto, el número de vehículos pesados esperados para el Período de Diseño será:

$$\text{Número de Camiones (NºC)} = 1.280 * 0,83 * 20 * 365 \approx 7.755.670$$

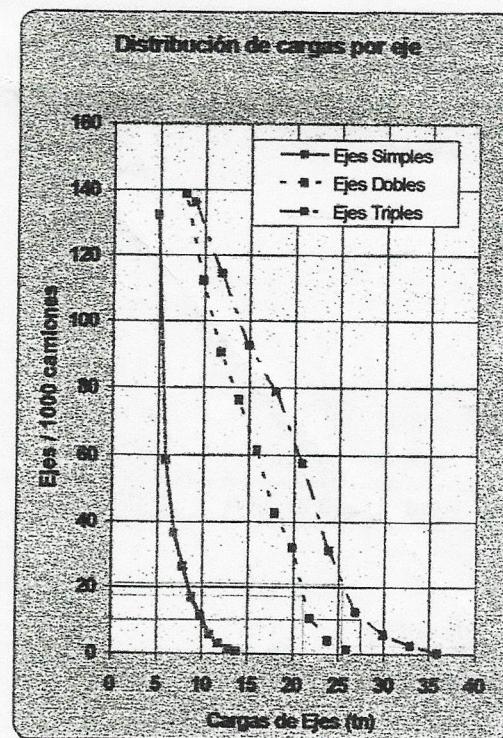
Para los rangos de cargas por eje y frecuencia de las mismas cada 1000 vehículos, se adoptan los valores de la Tabla 4, Columnas 1 y 2 respectivamente. La Columna 3 corresponde al número de ejes que se estiman para el Período de Diseño analizado (20 años), calculados de la siguiente manera:

$$\text{Ejes en el Período de Diseño (Carga i)} = \text{Ejes por cada 1000 camiones} * \text{Nº de Camiones} / 1000$$

Tabla 4

Cargas de Ejes (tn)	Ejes por cada 1000 camiones	Ejes en el Período de Diseño
Ejes Simples		
14.0	0.61	4731
13.0	1.28	9927
12.0	2.98	23112
11.0	5.56	43122
10.0	11.26	87328
9.0	16.81	130373
8.0	26.32	204129
7.0	36.59	283780
6.0	58.47	453474
5.0	132.29	1025998
Ejes Dobles (Tandem)		
26.0	1.23	9539
24.0	3.96	30712
22.0	10.58	82055
20.0	32.09	248879
18.0	42.48	329461
16.0	61.51	477051
14.0	76.21	591060
12.0	90.39	701035
10.0	112.48	872358
8.0	138.80	1076487
Ejes Triples (Tridem)		
36.0	0.28	2172
33.0	2.56	19855
30.0	5.68	44052
27.0	12.50	96946
24.0	31.29	242575
21.0	57.64	447037
18.0	78.90	611922
15.0	92.67	718718
12.0	114.72	889731
9.0	136.31	1057176

Figura 3



Datos

Alternativa N°	1	2	3	4	5
Tipo de Junta (CP, SP)	CP	CP	CP	SP	SP
Tipo de Banquina (CBH, SBH)	SBH	SBH	CBH	SBH	CBH
Tipo de Subbase (G, C)	G	C	G	C	C
Espesor de Subbase (cm)			10		
Módulo de Reacción de Subrasante (kg/cm ³)			2.77		
Módulo de Reacción Combinado (kg/cm ³)	3.56	7.74	3.56	7.74	7.74
Factor de Seguridad de Cargas			1.2		
Resistencia a la flexión MR, kg/cm ²			45		

Tabla resumen de las diferentes alternativas

Alternativa N°	1	2	3	4	5
Espesor resultante (cm)	25	22	21	27	23
Consumo de Fatiga (%)	45.43	73.13	78.06	0.09	0.39
Remanente disponible (%)	54.57	26.87	21.94	99.91	99.61
Daño por Erosión (%)	58.17	74.47	75.87	80.95	77.39
Remanente disponible (%)	41.83	25.53	24.13	19.05	22.61
Dominio del Diseño	Fatiga	Fatiga	Fatiga	Erosión	Erosión

Alternativa N°	1	2	3	4	5
Ejes Simples					
Tensión Equivalente (kg/cm ²)	13.83	14.36	14.40	10.77	11.19
Factor de Erosión	2.55	2.69	2.36	2.64	2.42
Consumo de Fatiga	38.25	71.57	74.73	0.09	0.39
Daño por Erosión (%)	2.71	8.50	6.45	6.07	11.38
Ejes Dobles					
Tensión Equivalente (kg/cm ²)	13.02	12.27	12.60	9.66	9.54
Factor de Erosión	2.75	2.81	2.50	2.84	2.52
Consumo de Fatiga	7.18	1.56	3.32	0.00	0.00
Daño por Erosión (%)	27.52	41.36	43.72	53.14	51.64
Ejes Triples					
Tensión Equivalente (kg/cm ²)	9.96	9.22	9.65	7.33	7.44
Factor de Erosión	2.92	2.91	2.60	2.89	2.54
Consumo de Fatiga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Daño por Erosión (%)	27.94	24.61	25.70	21.74	14.37

Cálculo de Espesores de Pavimentos

FIGURA 4

Proyecto: Alternativa N° 1

Espesor estimado (cm) :	25 cm	Junta con pasadores :	Si
"k" Subrasante - Subbase :	3.56 kg/cm ³	Banquina de Hormigón :	No
Módulo de Rotura "MR" :	45 kg/cm ²	Posee Subbase :	Si
Factor de Seguridad de Cargas "FSC" :	1.2	Tipo :	Granular
Período de Diseño :	20 años	Espesor :	10 cm

Cargas de ejes	Carga por FSC	Repeticiones Esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones Admisibles	Consumo de Fatiga (%)	Repeticiones Admisibles	Daño por Erosión (%)
1	2	3	4	5	6	7

EJES SIMPLES

8. Tensión Equivalente :

13.83

9. Factor de Relación de Tensiones:

0.307

10. Factor de Erosión:

2.55

14.0	16.8	4731	28102	16.83	1648626	0.29
13.0	15.6	9927	87016	11.41	2556372	0.39
12.0	14.4	23111	298179	7.75	4152327	0.56
11.0	13.2	43121	1911744	2.26	7439391	0.58
10.0	12.0	87327	Ilimitado	0.00	15503169	0.56
9.0	10.8	130370	Ilimitado	0.00	38990926	0.33
8.0	9.6	204126	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
7.0	8.4	283775	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
6.0	7.2	453466	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
5.0	6.0	1025979	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
Suma Parcial			38.25			2.71

EJES DOBLES

11. Tensión Equivalente :

13.02

12. Factor de Relación de Tensiones:

0.289

13. Factor de Erosión:

2.75

26.0	31.2	9539	226269	4.22	637882	1.50
24.0	28.8	30712	1062287	2.89	1005380	3.05
22.0	26.4	82054	106839870	0.08	1738851	4.72
20.0	24.0	248875	Ilimitado	0.00	3056723	8.14
18.0	21.6	329455	Ilimitado	0.00	5966160	5.52
16.0	19.2	477043	Ilimitado	0.00	14384942	3.32
14.0	16.8	591049	Ilimitado	0.00	46512001	1.27
12.0	14.4	701022	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
10.0	12.0	872342	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
8.0	9.6	1076468	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
Suma Parcial			7.18			27.52

EJES TRIPLES

14. Tensión Equivalente :

9.96

15. Factor de Relación de Tensiones:

0.221

16. Factor de Erosión:

2.92

36.0	43.2	2172	Ilimitado	0.00	332153	0.65
33.0	39.6	19854	Ilimitado	0.00	545449	3.64
30.0	36.0	44051	Ilimitado	0.00	939109	4.69
27.0	32.4	96944	Ilimitado	0.00	1803906	5.37
24.0	28.8	242671	Ilimitado	0.00	3636372	6.67
21.0	25.2	447029	Ilimitado	0.00	8941278	5.00
18.0	21.6	611911	Ilimitado	0.00	32097076	1.91
15.0	18.0	718705	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
12.0	14.4	889714	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
9.0	10.8	1057156	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
Suma Parcial			0.00			27.94

Consumo de Fatiga: 45.43 % Daño por Erosión: 58.17 %

Tabla 5.a. Tensión Equivalente - Sin Banqueta de Hormigón
Ejes Simples (S) - Ejes Tandem (D) - Ejes Tridem (T)

Espesor de losa (cm)	1.39			2.77			4.16			5.54			6.31			8.31			13.85			19.39		
	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T
12	46.1	29.3	40.7	33.2	25.1	37.7	30.4	23.6	35.7	28.7	22.8	32.0	26.6	22.1	28.7	24.8	21.4	27.6	23.8	20.9	23.8	20.9	16.2	
13	41.1	35.4	26.6	36.3	29.3	22.4	33.7	27.3	20.8	31.9	25.7	20.0	28.6	23.8	18.1	26.7	21.9	18.4	24.8	20.9	16.2	23.8	20.9	16.2
14	38.9	32.4	24.4	32.6	27.2	20.4	30.2	24.8	16.7	23.2	20.7	17.8	26.6	22.4	16.1	19.5	16.1	12.5	22.5	18.5	15.8	20.5	18.5	15.8
15	33.5	28.9	22.6	29.6	25.0	18.8	27.5	22.7	17.1	26.1	21.3	16.1	21.2	19.5	15.1	21.9	17.7	13.7	20.1	16.2	12.9	16.8	14.0	
16	30.7	27.8	21.1	27.1	23.2	17.4	25.2	21.0	15.7	23.8	19.6	14.8	22.1	17.9	13.7	20.1	16.2	12.9	16.8	14.0	12.5	15.3	12.5	
17	28.2	25.9	19.7	24.8	21.8	16.2	23.1	19.5	14.6	21.9	18.2	13.7	20.3	16.8	12.6	18.5	14.9	11.7	17.3	14.0	11.3	14.0	11.3	
18	26.0	24.2	18.5	22.9	20.1	15.2	21.3	18.2	13.6	20.2	16.9	12.7	18.8	15.4	11.8	17.0	13.8	10.7	16.0	12.9	10.2	12.9	10.2	
19	24.0	22.8	17.4	21.2	18.9	14.3	19.7	17.0	12.8	18.7	15.8	11.9	17.4	14.3	10.8	15.3	12.8	9.6	14.8	11.9	9.3	11.9	9.3	
20	22.4	21.5	16.5	19.7	17.9	13.5	18.4	16.0	12.1	17.4	14.9	11.2	16.2	13.5	10.1	14.8	12.0	9.1	15.8	11.2	8.7	14.8	11.2	
21	20.8	20.4	15.6	18.5	16.8	12.8	17.2	15.1	11.4	16.3	14.1	10.6	15.1	12.7	9.5	13.8	11.3	8.5	12.9	10.5	8.0	12.9	10.5	
22	18.6	19.4	14.8	17.3	16.0	12.2	16.1	14.3	10.9	15.2	13.3	10.0	14.1	12.0	9.0	12.8	10.6	8.0	12.1	9.8	7.5	12.1	9.8	
23	16.4	18.5	14.0	16.2	15.2	11.6	16.1	13.6	10.4	14.3	12.7	9.5	13.3	11.4	8.5	12.1	10.1	7.5	11.4	9.3	7.0	11.4	9.3	
24	17.4	17.6	13.3	15.3	14.5	11.1	14.2	13.0	9.9	13.5	12.0	9.1	12.5	10.8	8.1	11.4	9.5	7.2	10.7	8.6	6.6	11.4	9.3	
25	16.4	16.8	12.5	14.4	13.8	10.6	13.4	12.4	9.5	12.7	11.5	8.7	11.8	10.3	7.8	10.3	9.0	6.8	10.1	8.4	6.3	11.4	9.3	
26	15.5	16.1	11.9	13.8	13.2	10.1	12.7	11.9	9.1	12.1	11.0	8.4	11.2	9.9	7.4	10.2	8.6	6.5	9.6	8.0	6.0	11.4	9.3	
27	14.8	15.4	11.3	12.9	12.7	8.7	12.0	11.4	8.7	11.4	10.5	8.0	10.6	9.4	7.2	9.7	8.3	6.2	9.1	7.6	5.7	11.4	9.3	
28	14.0	14.9	10.7	12.3	12.2	9.3	11.4	10.9	8.4	10.6	10.0	7.7	10.1	9.1	6.9	9.2	7.9	6.0	8.6	7.3	5.6	7.3	5.6	
29	13.4	14.3	10.1	11.7	8.9	10.9	10.5	8.0	10.3	9.7	7.4	9.5	8.7	6.7	8.6	8.7	6.6	7.7	6.2	7.0	5.3	6.2	7.0	

Tabla 5.b. Tensión Equivalente - Con Banqueta de Hormigón
Ejes Simples (S) - Ejes Tandem (D) - Ejes Tridem (T)

Espesor de losa (cm)	1.39			2.77			4.16			5.54			6.31			8.31			13.85			19.39		
	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T
12	36.2	30.6	24.2	31.7	26.5	21.6	29.4	24.8	20.5	27.9	23.5	20.0	25.9	22.3	19.4	23.6	21.1	19.0	22.2	20.7	18.9	22.2	20.7	16.9
13	32.5	27.7	21.7	28.5	23.6	18.2	26.5	22.1	16.1	25.1	21.1	17.6	23.3	19.8	17.0	21.3	18.7	16.7	20.1	18.2	16.4	20.1	18.2	16.4
14	29.3	25.3	19.8	25.6	21.7	17.3	24.0	20.0	16.2	22.7	19.0	15.6	21.2	17.6	15.0	19.4	16.7	14.6	18.3	16.2	14.4	18.3	16.2	14.4
15	28.8	23.3	17.9	23.6	18.9	15.7	21.9	18.3	14.7	20.8	17.4	14.2	19.4	16.2	13.5	17.8	15.2	13.0	16.8	14.7	12.9	16.8	14.7	
16	24.6	21.9	16.5	21.6	18.4	14.4	19.1	16.9	13.5	19.1	16.0	12.8	17.9	14.9	12.3	16.4	13.9	11.8	15.5	13.3	11.6	15.5	13.3	
17	22.6	20.1	15.3	19.9	17.1	13.3	19.6	15.6	12.5	17.6	14.8	11.9	16.5	13.8	11.2	15.1	12.7	10.7	14.4	12.2	10.5	14.4	12.2	
18	20.9	18.8	14.1	18.4	16.0	12.3	17.2	14.8	11.4	16.4	13.7	10.9	15.2	12.8	10.3	14.1	11.8	9.8	13.3	11.2	9.5	13.3	11.2	
19	19.4	17.6	13.2	17.2	14.9	11.4	16.0	13.6	10.7	15.2	12.9	10.1	14.2	11.8	9.5	13.1	10.9	8.0	12.4	10.5	8.6	12.4	10.5	
20	18.1	16.6	12.4	16.0	14.1	10.7	14.9	12.8	9.9	14.2	12.1	9.4	13.3	11.1	8.9	12.2	10.2	8.4	11.6	9.7	8.1	11.6	9.7	
21	17.0	15.7	11.6	15.0	13.3	10.1	14.0	12.1	9.3	13.3	11.4	8.8	12.5	10.5	8.3	11.5	9.8	7.8	10.9	8.1	7.5	11.5	9.7	
22	15.6	14.9	10.9	14.1	12.6	9.5	13.1	11.4	8.8	12.5	10.5	8.3	11.7	9.9	7.8	10.8	7.3	10.3	8.6	7.0	9.8	8.6	7.0	
23	15.0	14.1	10.3	13.3	11.9	8.9	12.4	10.8	8.3	11.6	10.2	7.8	11.0	9.4	7.3	10.2	8.5	6.8	9.7	8.1	6.6	9.7	8.1	
24	14.2	13.5	9.7	12.5	11.3	8.5	11.6	10.3	7.9	11.1	9.7	7.4	10.4	8.9	6.8	9.6	8.1	6.5	9.1	7.7	6.2	9.1	7.7	
25	13.4	12.8	9.2	11.8	10.8	8.1	11.0	9.8	7.5	10.5	9.3	7.1	9.8	8.5	6.6	8.1	7.7	6.1	7.7	7.3	5.8	7.3	5.8	
26	12.7	12.3	8.7	11.2	10.4	7.8	10.5	9.4	7.1	10.0	8.6	6.7	9.3	8.1	6.2	8.7	7.3	5.7	8.2	6.8	5.5	8.2	6.8	
27	12.1	11.8	8.2	10.7	9.9	7.3	10.0	9.0	6.7	9.5	8.4	6.4	8.9	7.7	6.0	8.2	7.0	5.5	7.8	6.6	5.3	7.8	6.6	
28	11.5	11.3	7.8	10.1	9.5	6.8	9.6	8.8	6.5	8.1	8.1	6.1	8.4	7.4	5.7	7.9	6.7	5.2	7.4	6.3	5.0	7.4	6.3	
29	11.0	10.9	7.4	9.7	9.1	6.6	9.0	8.3	6.1	8.6	8.7	5.8	8.0	7.1	5.4	7.5	6.4	5.0	7.1	6.0	4.8	7.1	6.0	

Tabla 6.a. Factor de Erosión - Con Pasadores. Sin barquina de hormigón
Ejes Simples (S) - Ejes Tandem (D) - Ejes Tridem (T)

Espesor de laosa (cm)	K de subrasante - Subbase, (kg/cm ² /cm)												19.39	
	1.39				2.77				5.54					
	Tipo de Eje		S		Tipo de Eje		S		Tipo de Eje		S			
S	D	T	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	
1.2	3.53	3.85	3.51	3.74	3.64	3.50	3.55	3.57	3.49	3.52	3.52	3.46	3.48	
1.3	3.42	3.55	3.66	3.40	3.49	3.56	3.39	3.45	3.48	3.42	3.44	3.37	3.39	
1.4	3.33	3.47	3.59	3.31	3.41	3.49	3.29	3.36	3.40	3.28	3.33	3.36	3.38	
1.5	3.24	3.40	3.53	3.33	3.32	3.42	3.20	3.26	3.33	3.19	3.25	3.27	3.30	
1.6	3.15	3.33	3.47	3.13	3.26	3.30	3.11	3.20	3.26	3.10	3.25	3.17	3.22	
1.7	3.08	3.26	3.41	3.05	3.19	3.30	3.13	3.13	3.20	3.11	3.21	3.09	3.14	
1.8	3.00	3.20	3.36	2.98	3.13	3.25	3.08	3.07	3.15	3.02	3.15	3.01	3.07	
1.9	2.93	3.14	3.31	2.91	3.08	3.20	2.88	3.00	3.09	2.94	3.04	2.93	3.00	
2.0	2.87	3.09	3.27	2.84	3.01	3.16	2.82	3.05	3.09	2.87	3.03	2.93	2.97	
2.1	2.81	3.04	3.23	2.78	2.95	3.11	2.78	2.82	2.95	2.81	2.91	2.79	2.87	
2.2	2.75	2.98	3.18	2.72	2.91	3.07	2.70	2.84	2.98	2.75	2.85	2.73	2.87	
2.3	2.69	2.95	3.15	2.72	2.86	3.03	2.64	2.85	2.95	2.65	2.85	2.73	2.72	
2.4	2.64	2.81	3.11	2.61	2.82	2.86	2.64	2.78	2.91	2.62	2.82	2.61	2.77	
2.5	2.58	2.67	3.08	2.56	2.75	2.86	2.59	2.75	2.88	2.57	2.71	2.68	2.77	
2.6	2.53	2.83	3.04	2.51	2.74	2.92	2.53	2.70	2.84	2.52	2.68	2.59	2.69	
2.7	2.48	2.80	3.01	2.46	2.74	2.89	2.46	2.68	2.81	2.47	2.62	2.56	2.65	
2.8	2.44	2.78	2.96	2.42	2.70	2.89	2.45	2.62	2.77	2.42	2.58	2.57	2.68	
2.9	2.39	2.73	2.95	2.42	2.67	2.86	2.39	2.66	2.74	2.38	2.54	2.53	2.63	
2.95	2.37	2.73	2.95	2.37	2.63	2.85	2.34	2.55	2.71	2.33	2.50	2.55	2.61	

Tabla 6.b. Factor de Erosión - Trabazón entre Agregados. Sin banqueta de hormigón

Espessor de lona (cm)	k de substrato - Subbase, (kg/cm ² /cm)												19.39					
	1.39						2.77						5.54		8.31		13.85	
	Tipo de Elje		S		D		Tipo de Elje		S		D		Tipo de Elje		S		D	
S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	
1.2	3.73	3.87	3.91	3.70	3.78	3.81	3.67	3.70	3.72	3.65	3.67	3.66	3.62	3.62	3.58	3.59	3.58	
1.3	3.63	3.79	3.83	3.60	3.79	3.73	3.57	3.61	3.64	3.55	3.57	3.58	3.52	3.52	3.50	3.49	3.48	
1.4	3.54	3.72	3.76	3.51	3.62	3.66	3.48	3.53	3.58	3.46	3.49	3.51	3.43	3.44	3.43	3.41	3.40	
1.5	3.46	3.66	3.70	3.42	3.55	3.60	3.39	3.46	3.50	3.37	3.42	3.44	3.34	3.36	3.37	3.31	3.37	
1.6	3.38	3.64	3.68	3.34	3.53	3.59	3.30	3.38	3.43	3.29	3.35	3.37	3.26	3.28	3.29	3.22	3.32	
1.7	3.31	3.53	3.58	3.27	3.45	3.51	3.23	3.33	3.37	3.21	3.28	3.31	3.18	3.22	3.24	3.17	3.18	
1.8	3.25	3.46	3.53	3.20	3.38	3.42	3.16	3.26	3.32	3.14	3.23	3.28	3.11	3.17	3.19	3.12	3.13	
1.9	3.18	3.43	3.49	3.13	3.32	3.37	3.08	3.22	3.26	3.07	3.17	3.20	3.04	3.10	3.13	3.09	3.13	
2.0	3.13	3.38	3.44	3.07	3.26	3.33	3.03	3.16	3.22	3.01	3.12	3.16	2.98	3.05	3.09	3.06	3.08	
2.1	3.07	3.34	3.39	3.01	3.23	3.28	2.97	3.13	3.17	2.95	3.07	3.11	2.92	3.00	3.04	3.01	3.03	
2.2	3.02	3.30	3.35	2.96	3.19	3.23	2.91	3.06	3.13	2.89	3.02	3.07	2.86	2.90	2.96	2.98	2.98	
2.3	2.97	3.26	3.31	2.90	3.15	3.19	2.85	3.04	3.08	2.83	2.98	3.02	2.80	2.86	2.84	2.81	2.94	
2.4	2.93	3.23	3.28	2.86	3.12	3.16	2.81	3.01	3.05	2.76	2.96	3.02	2.80	2.84	2.78	2.86	2.89	
2.5	2.88	3.19	3.24	2.81	3.08	3.12	2.78	2.97	3.01	2.73	2.91	2.95	2.70	2.83	2.87	2.74	2.82	
2.6	2.84	3.16	3.20	2.77	3.04	3.08	2.71	2.93	2.98	2.68	2.87	2.91	2.65	2.78	2.87	2.68	2.82	
2.7	2.80	3.13	3.17	2.73	3.01	3.05	2.67	2.80	2.94	2.64	2.83	2.88	2.61	2.75	2.83	2.74	2.78	
2.8	2.77	3.10	3.14	2.69	2.98	3.02	2.63	2.86	2.91	2.60	2.80	2.84	2.57	2.72	2.80	2.58	2.75	
2.9	2.73	3.07	3.11	2.65	2.95	2.96	2.59	2.83	2.88	2.56	2.77	2.81	2.54	2.77	2.75	2.69	2.71	

Tabla 7.a. Factor de Erosión - Con Pasadores, Con Bandulina de Hormigón
Ejes Simples (S) - Ejes Tandem (D) - Ejes Tríadem (T)

Espesor de losa (cm)	1.39			2.77			5.64			8.31			13.85			19.39		
	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T
12	3.08	3.15	3.20	3.04	3.04	3.00	2.86	2.87	2.87	2.98	2.91	2.90	2.95	2.87	2.88	2.92	2.85	2.82
13	2.68	3.07	3.14	2.94	2.86	2.99	2.90	2.87	2.87	2.82	2.81	2.84	2.76	2.76	2.76	2.82	2.74	2.72
14	2.90	3.01	3.09	2.85	2.89	2.94	2.81	2.79	2.79	2.79	2.74	2.74	2.78	2.88	2.87	2.85	2.85	2.84
15	2.61	2.85	3.04	2.77	2.83	2.88	2.72	2.73	2.74	2.70	2.67	2.68	2.67	2.60	2.60	2.64	2.56	2.56
16	2.74	2.89	2.89	2.69	2.76	2.74	2.54	2.65	2.66	2.69	2.62	2.62	2.59	2.53	2.53	2.56	2.49	2.49
17	2.67	2.83	2.85	2.62	2.72	2.60	2.58	2.60	2.65	2.65	2.54	2.57	2.57	2.52	2.47	2.47	2.42	2.42
18	2.60	2.78	2.81	2.55	2.87	2.75	2.51	2.65	2.60	2.48	2.49	2.45	2.45	2.41	2.41	2.42	2.37	2.38
19	2.53	2.73	2.73	2.48	2.62	2.72	2.44	2.50	2.56	2.41	2.44	2.47	2.38	2.36	2.37	2.37	2.31	2.31
20	2.46	2.85	2.84	2.43	2.58	2.86	2.38	2.46	2.52	2.35	2.40	2.43	2.32	2.32	2.33	2.33	2.29	2.29
21	2.42	2.85	2.81	2.37	2.53	2.85	2.32	2.41	2.49	2.29	2.35	2.40	2.26	2.27	2.27	2.27	2.22	2.22
22	2.37	2.80	2.78	2.32	2.49	2.62	2.27	2.37	2.46	2.24	2.30	2.37	2.20	2.22	2.28	2.23	2.21	2.21
23	2.31	2.98	2.98	2.26	2.45	2.59	2.21	2.33	2.43	2.16	2.26	2.34	2.15	2.18	2.18	2.16	2.12	2.12
24	2.27	2.53	2.71	2.22	2.42	2.55	2.17	2.30	2.39	2.14	2.23	2.30	2.10	2.15	2.19	2.08	2.11	2.15
25	2.22	2.49	2.68	2.17	2.38	2.52	2.12	2.26	2.36	2.09	2.19	2.27	2.05	2.11	2.16	2.09	2.05	2.08
26	2.18	2.45	2.66	2.12	2.34	2.50	2.07	2.23	2.34	2.04	2.16	2.25	2.00	2.07	2.13	1.98	2.01	2.08
27	2.14	2.42	2.63	2.06	2.31	2.47	2.03	2.16	2.31	1.99	2.13	2.25	2.00	2.04	2.10	1.93	1.98	2.03
28	2.10	2.38	2.60	2.04	2.28	2.45	1.99	2.16	2.29	1.95	2.09	2.20	1.92	2.01	2.08	1.89	1.95	2.00
29	2.06	2.38	2.57	2.00	2.25	2.42	1.94	2.13	2.26	1.91	2.06	2.17	1.85	1.98	2.05	1.85	1.92	1.97

Tabla 7.b. Factor de Erosión - Trabajo entre Agregados, Con Banqueta de Hormigón
Ejes Simples (S) - Ejes Tandem (D) - Ejes Tríadem (T)

Espesor de losa (cm)	1.39			2.77			5.64			8.31			13.85			19.39		
	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T	S	D	T
12	3.27	3.35	3.36	3.23	3.24	3.24	3.19	3.17	3.14	3.17	3.11	3.09	3.14	3.07	3.03	3.10	3.04	3.04
13	3.18	3.26	3.31	3.13	3.16	3.17	3.09	3.07	3.06	3.07	3.03	3.01	2.98	2.95	3.01	2.94	2.94	2.94
14	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.98	2.94	2.95	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86
15	3.02	3.16	3.21	3.04	3.08	3.08	2.92	2.94	2.94	2.90	2.88	2.88	2.83	2.83	2.83	2.79	2.79	2.76
16	2.95	3.11	3.16	2.90	2.95	3.01	2.85	2.88	2.88	2.83	2.82	2.82	2.76	2.76	2.76	2.72	2.72	2.70
17	2.88	3.08	3.12	2.83	2.94	2.97	2.78	2.82	2.84	2.76	2.77	2.73	2.70	2.68	2.71	2.65	2.64	2.64
18	2.82	3.01	3.08	2.76	2.89	2.93	2.72	2.77	2.79	2.68	2.71	2.72	2.67	2.65	2.64	2.60	2.59	2.59
19	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.68	2.68	2.67	2.60	2.59	2.57	2.54	2.54	2.54
20	2.71	2.93	3.02	2.65	2.80	2.85	2.59	2.68	2.71	2.57	2.62	2.63	2.54	2.55	2.52	2.50	2.50	2.50
21	2.66	2.90	2.99	2.59	2.76	2.82	2.54	2.64	2.67	2.51	2.58	2.60	2.48	2.50	2.46	2.45	2.45	2.45
22	2.61	2.88	2.96	2.54	2.73	2.79	2.49	2.60	2.64	2.54	2.58	2.64	2.43	2.46	2.47	2.41	2.41	2.41
23	2.56	2.85	2.93	2.49	2.68	2.77	2.43	2.57	2.61	2.41	2.50	2.53	2.36	2.42	2.44	2.35	2.37	2.36
24	2.52	2.79	2.91	2.45	2.68	2.73	2.39	2.53	2.58	2.37	2.47	2.49	2.34	2.38	2.40	2.31	2.34	2.34
25	2.48	2.78	2.89	2.41	2.52	2.71	2.35	2.50	2.55	2.32	2.43	2.47	2.30	2.35	2.37	2.26	2.30	2.31
26	2.44	2.74	2.87	2.38	2.60	2.80	2.30	2.47	2.53	2.27	2.40	2.44	2.22	2.32	2.34	2.22	2.26	2.28
27	2.40	2.71	2.84	2.32	2.57	2.66	2.26	2.44	2.50	2.23	2.37	2.41	2.20	2.29	2.31	2.18	2.23	2.25
28	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.26	2.26	2.26	2.14	2.20	2.22
29	2.33	2.65	2.80	2.25	2.51	2.62	2.18	2.38	2.45	2.15	2.31	2.36	2.23	2.23	2.23	2.17	2.21	2.19

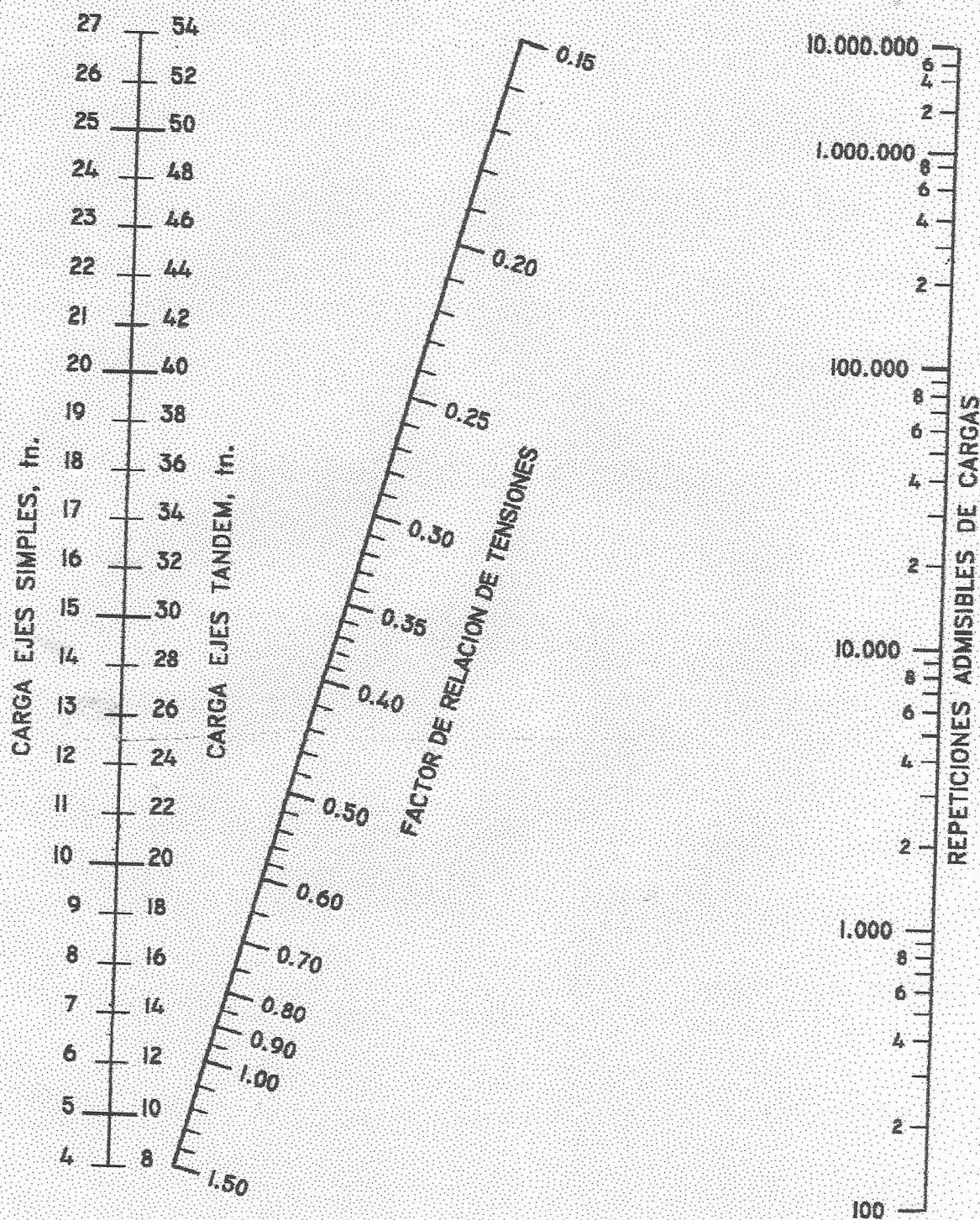


FIGURA 5. ANALISIS DE FATIGA

REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGAS BASADO EN EL FACTOR DE RELACION DE TENSIONES
(CON Y SIN BANQUINA DE HORMIGON)

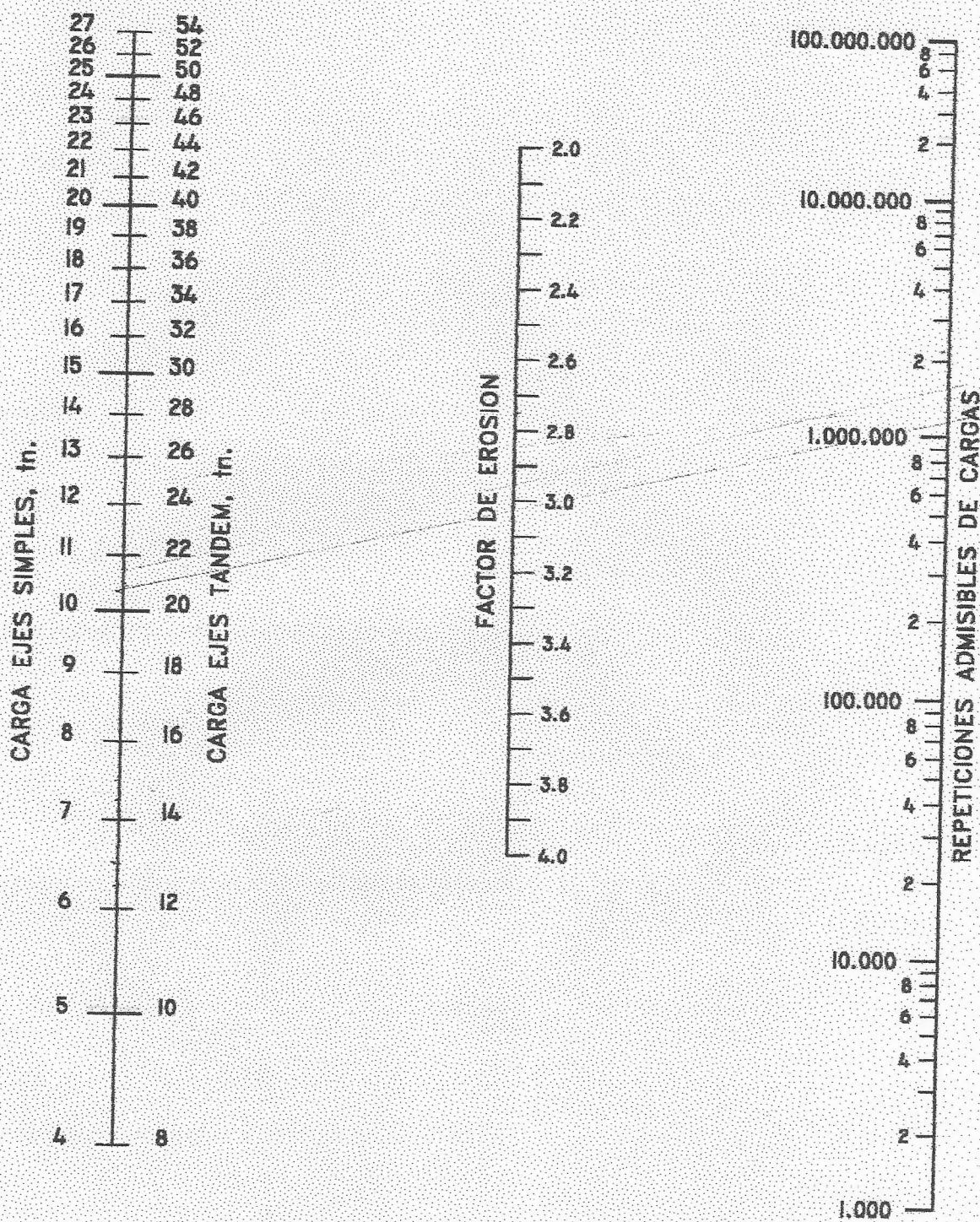


FIGURA 6A. ANALISIS DE EROSION

REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGAS BASADO EN EL FACTOR DE EROSION
(SIN BANQUINA DE HORMIGON)

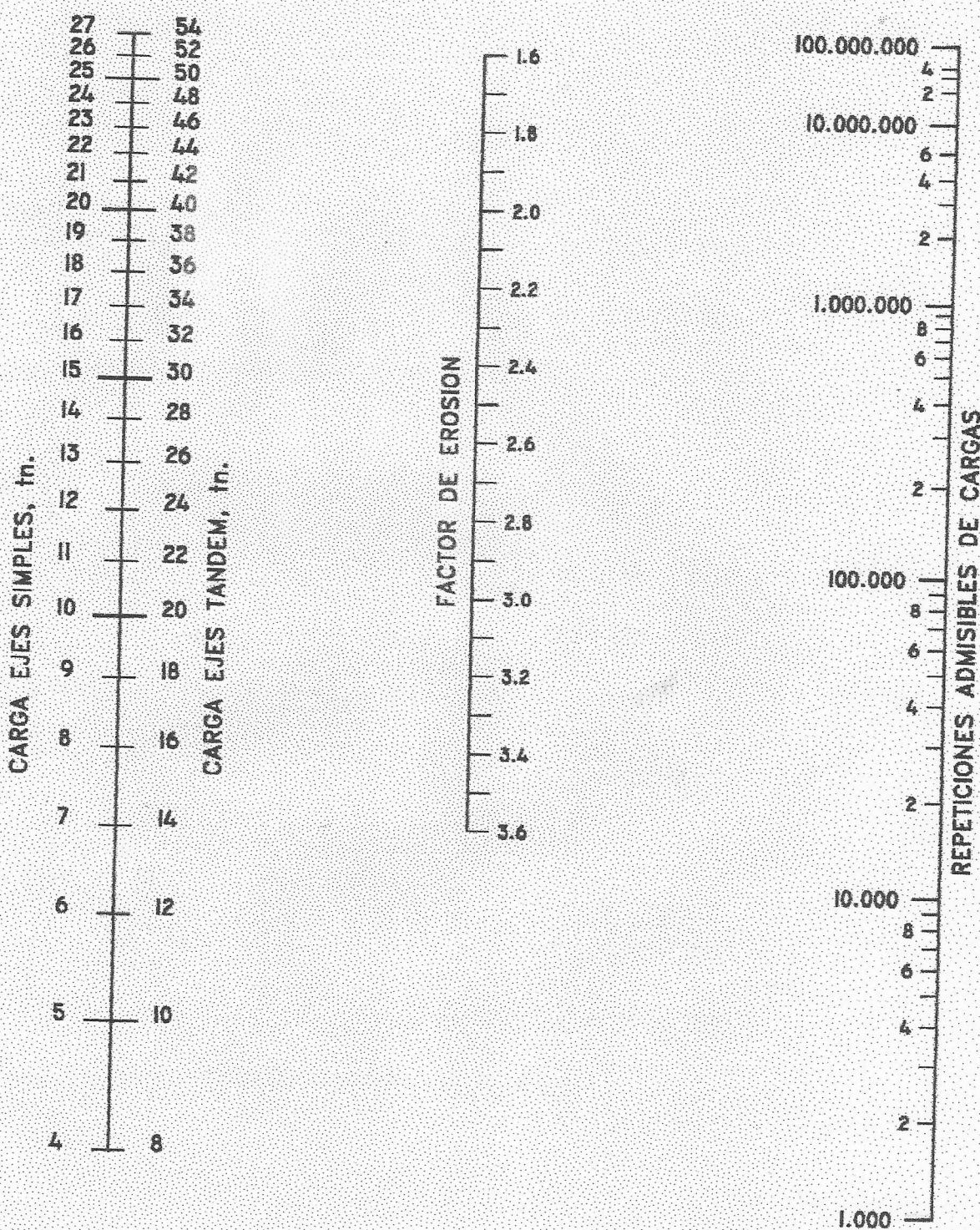


FIGURA 6B. ANALISIS DE EROSION

REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGAS BASADO EN EL FACTOR DE EROSION
(CON BANQUINA DE HORMIGON)

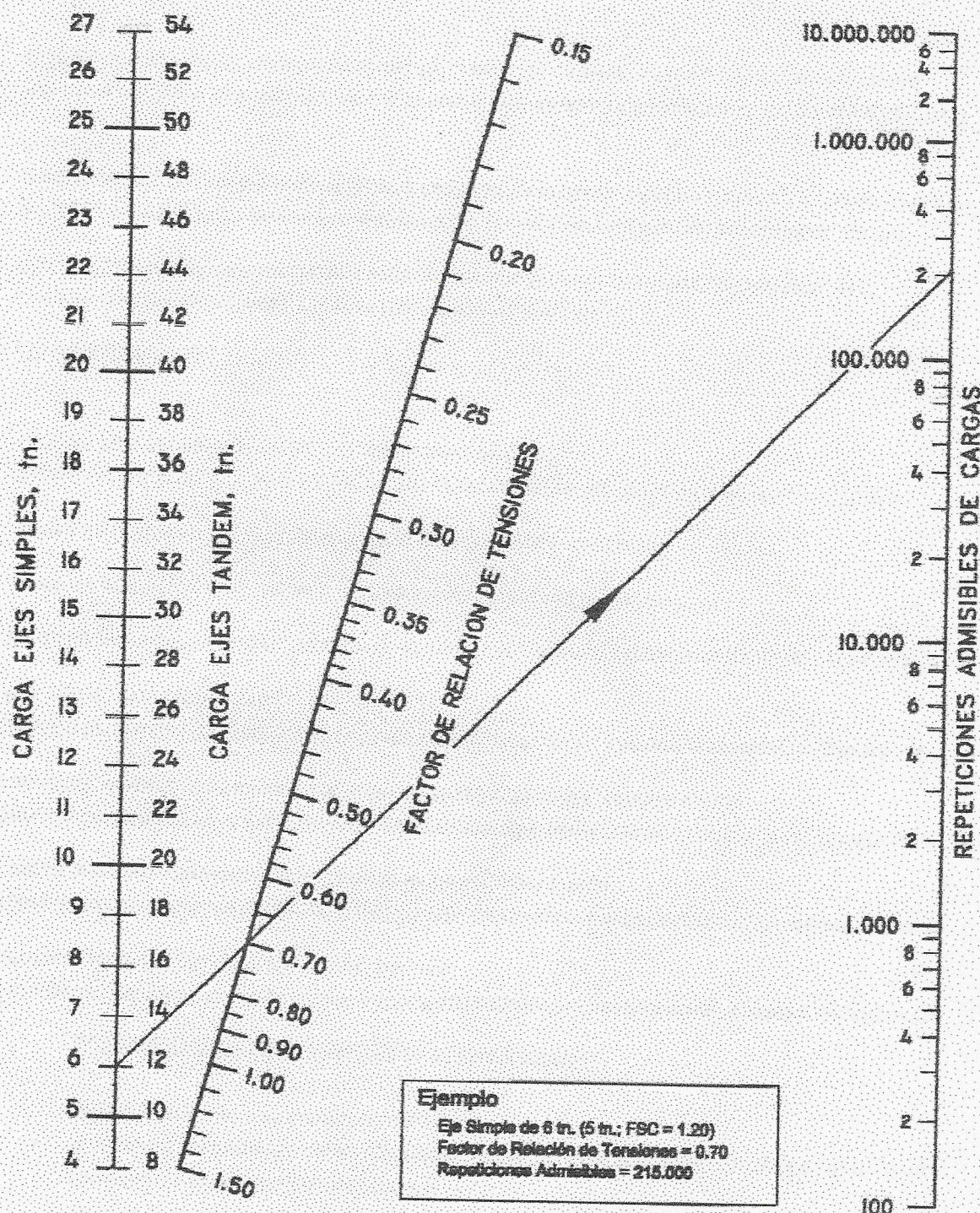


FIGURA 5. ANALISIS DE FATIGA

REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGAS BASADO EN EL FACTOR DE RELACION DE TENSIONES
 (CON Y SIN BANQUINA DE HORMIGON)

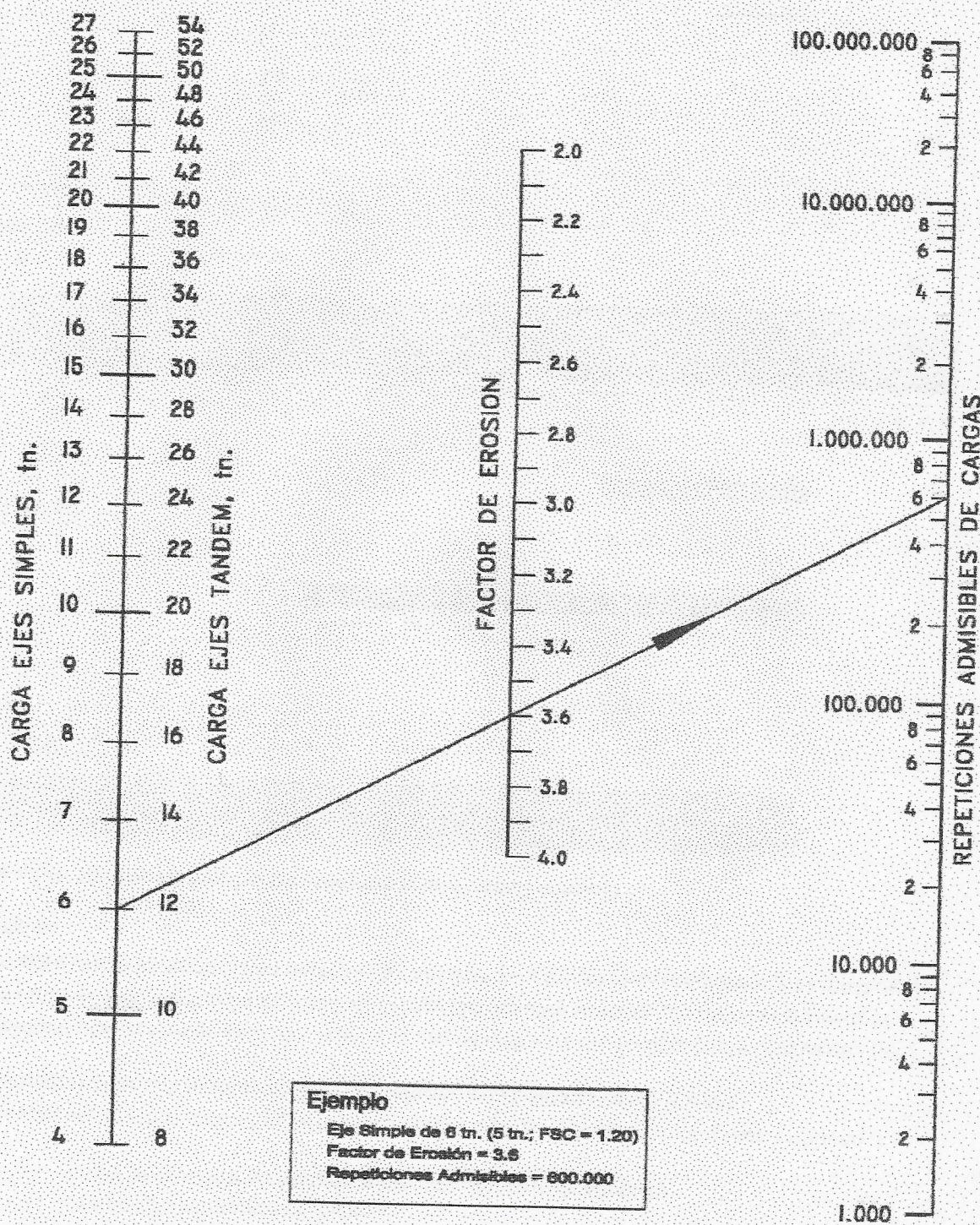
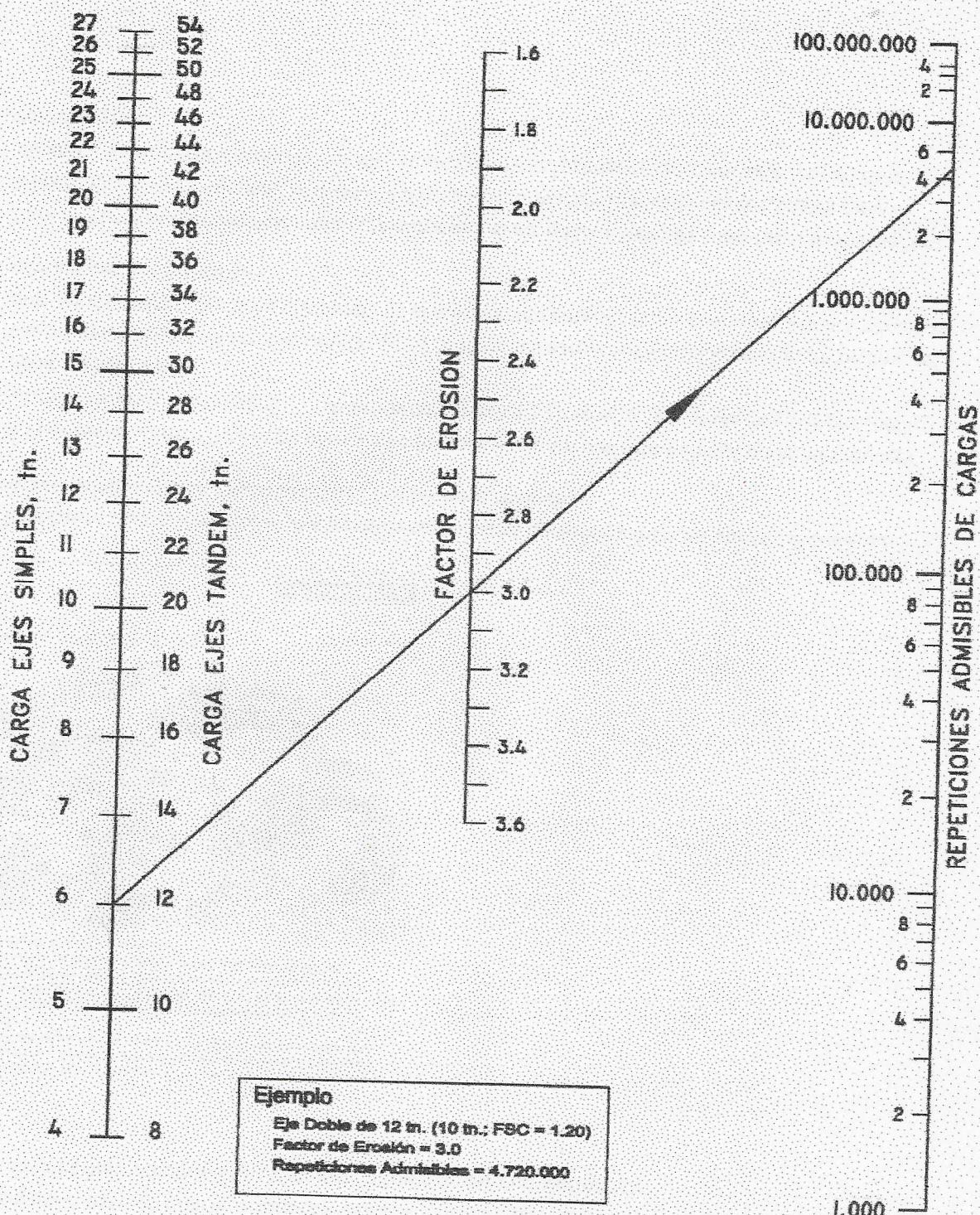


FIGURA 6A. ANALISIS DE EROSION

REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGAS BASADO EN EL FACTOR DE EROSION
 (SIN BANQUINA DE HORMIGON)

**FIGURA 6B. ANALISIS DE EROSION**

REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGAS BASADO EN EL FACTOR DE EROSION
 (CON BANQUINA DE HORMIGON)