



Informe de evaluación del Puente sobre el Estero La Bomba

I. ANTECEDENTES

Mediante la solicitud DVOP-084-08 del Viceministro de Obras Públicas y Transportes Dr. Pedro Castro Fernández, Ph.D recibida el 14 de enero del 2008, se solicitó la colaboración del LANAMME para la investigación del estado de la losa de rodamiento del Puente sobre el estero La Bomba. Esta solicitud implica la realización de pruebas y verificaciones en sitio de las condiciones de la losa. Adjunta a la solicitud se suministró la información de la evaluación del puente realizada por la Ing. María Ramírez, quien además proporcionó los planos constructivos de la estructura.

II. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para la evaluación de la condición actual del Puente sobre el Estero La Bomba se efectuó una visita de campo los días 23 y 24 de enero del 2008. Durante esta visita se realizaron los siguientes ensayos de campo:

- i. Extracción de diez núcleos de concreto de diez centímetros de diámetro,
- ii. Determinación del mapa de grietas de la losa,
- iii. Medición de la abertura y profundidad de las fisuras,
- iv. Detección del acero de la losa,



- v. Estimación de la homogeneidad en la distribución de la resistencia en la losa (uso del esclerómetro).

El presente informe se limita a la presentación de los resultados obtenidos en los ensayos de campo mencionados anteriormente. No están incluidas dentro de los alcances de este trabajo actividades relacionadas con el cálculo de la capacidad de la losa (real o teórica) ni la estimación de la demanda producto de las diferentes cargas u otro tipo de acciones, ya sea bajo condiciones de servicio o de resistencia última.

Núcleos de concreto

La extracción de los núcleos de concreto se realizó según la Norma ASTM C42. Se extrajeron en total diez núcleos de concreto, ocho núcleos de la losa y dos de los bastiones. De los núcleos de la losa siete se utilizaron para determinar la resistencia a la compresión del concreto y el núcleo restante se empleó para definir la profundidad de grieta. En la figura 2.1 se muestra la extracción de uno de los núcleos de la losa y en la figura 2.2 la extracción de un núcleo de los bastiones. En la figura 2.1 se pueden observar los huecos de las perforaciones realizadas por otra entidad previa a que el Lanamme iniciara sus labores de investigación.

En la tabla 2.1 se muestra la identificación de los núcleos extraídos en tanto que en la figura 2.3 se presenta la distribución espacial de los mismos en la losa.



Figura 2.1: Extracción de núcleo de la losa (sección 11).

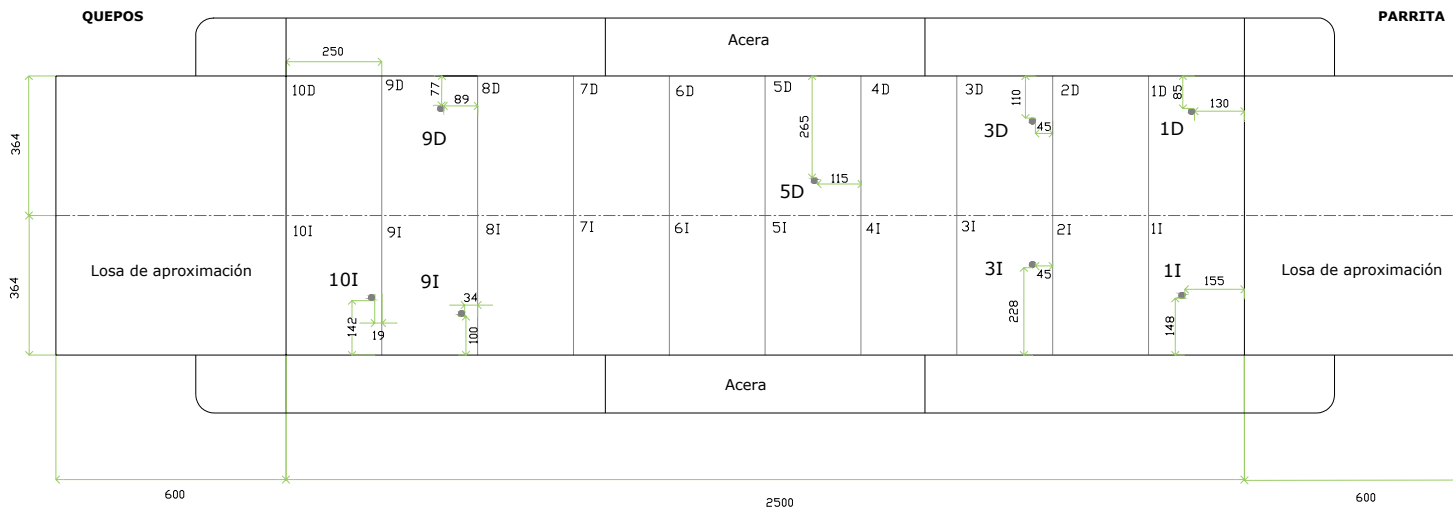


Figura 2.2: Extracción de núcleo de la pantalla del bastión izquierdo (hacia Quepos)



Tabla 2.1: Identificación de los núcleos de concreto extraídos

Identificación	Lugar de extracción
10 I	Losa (carril sentido Quepos-Parrita)
9 I	Losa (carril sentido Quepos-Parrita)
9 D	Losa (carril sentido Parrita-Quepos)
5 D	Losa (carril sentido Parrita-Quepos)
3 D	Losa (carril sentido Parrita-Quepos)
3 I	Losa (carril sentido Quepos-Parrita)
1D	Losa (carril sentido Parrita-Quepos)
1 I	Losa (carril sentido Quepos-Parrita)
Pantalla	Pantalla bastión izquierdo (Quepos)
Viga cabezal	Viga cabezal bastión derecho (Parrita)



Cotas en centímetros

Figura 2.3: Ubicación de los núcleos extraídos de la losa

Posterior a la extracción de los núcleos se procedió a la reparación de la losa mediante el llenado con concreto expansivo en los sitios de extracción, las siguientes figuras muestran esta actividad.



Figura 2.4: Reparación de la losa



Figura 2.5: Reparación de la losa



Figura 2.6: Vista de la losa reparada



Figura 2.7: Vista de la losa reparada



Mapa de distribución y tipo de grieta

El mapeo del agrietamiento consiste en la identificación y ubicación de las fisuras visibles en la losa del puente. En este mapa se detalla tanto la localización como la extensión aproximada de las fisuras para determinar las posibles causas de las mismas y para definir las acciones que se deban tomar.

Para efectuar este trabajo se consideraron secciones de la losa de 3,65 m por 2,5 m, las cuales corresponden a los paños de colado seguidos en la etapa constructiva. En cada sección se marcaron las fisuras, se tomaron fotografías y se dibujó el esquema de fisuramiento. Además se comprobó el ancho promedio de las grietas principales en cada sección y se midió la profundidad de grieta de dos maneras: utilizando un medidor de profundidad mediante ultrasonido y por medio de la extracción de un núcleo de concreto.

Detección del acero

Se efectuó la detección magnética del acero en las secciones siguientes: 10D, 10I, 9D, 9I, 7D, 7I, 6I, 5D, 3I, 3D, 1I y 1D. La identificación corresponde a la mostrada en la figura 2.3. La ubicación detallada de los puntos donde se utilizó el detector de acero se muestra en la figura 4 del Informe de Ensayo No. I-0088-08(Anexos). La medición se realizó únicamente en la parte superior de la losa ya que en la parte inferior no se pudo tener acceso.

Estimación de la homogeneidad en la distribución de la resistencia en la losa

Dado que no es posible extraer un núcleo en cada uno de los paños de colado, se estimó la homogeneidad en la distribución de la resistencia a partir de la medición de la resistencia con esclerómetro, la cual se realizó según la Norma ASTM C805 en las nueve secciones siguientes: 10I, 9I, 6I, 3I, 1I, 1D, 3D, 5D y 9D. La identificación de las secciones corresponde a la mostrada en la figura 2.3. Debe quedar claro que dado el amplio rango de variación en este tipo de medidas, las mediciones hechas con esclerómetro son del tipo cualitativo y los valores de resistencia del concreto estimados bajo este procedimiento no son tan confiables ni precisos como la extracción de núcleos.

III. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El Puente sobre el Estero La Bomba, también conocido como Puente Quebrada Suya, se ubica en las coordenadas 518 117 de longitud y 159 312 de latitud de acuerdo con el sistema Lambert Norte. Se sitúa en la ruta 235, la cual une las poblaciones de Parrita y Quepos, en el cantón de Aguirre de la provincia de Puntarenas. En la figura siguiente se muestra la ubicación del puente.

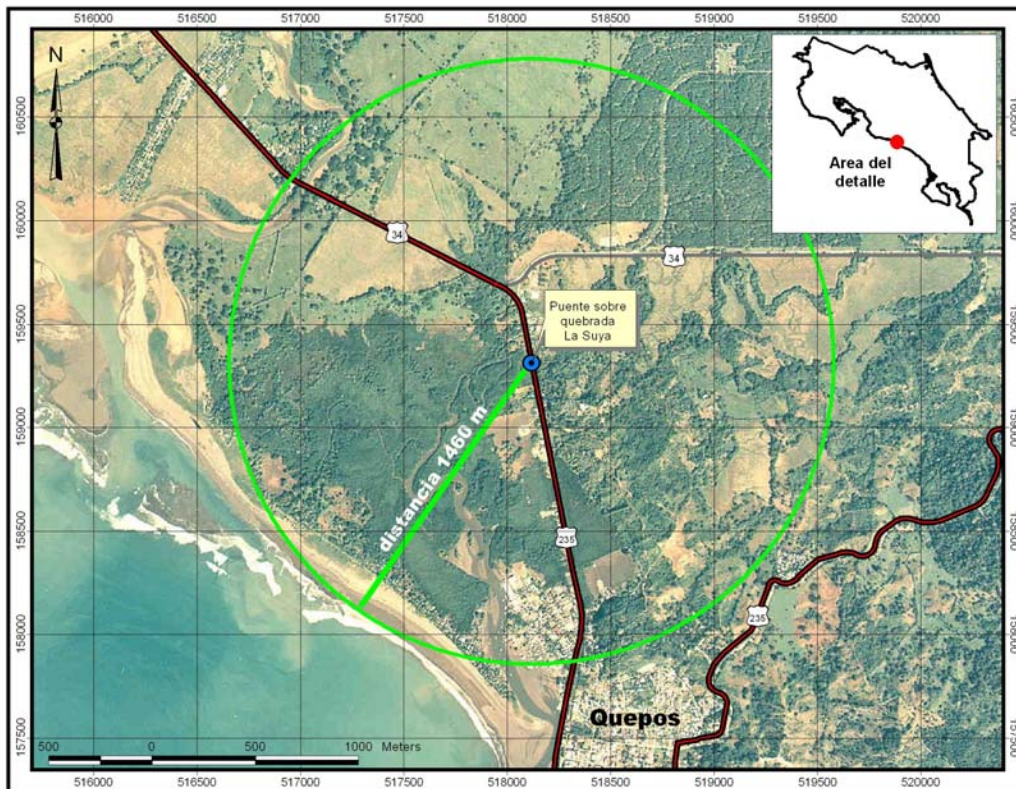


Figura 3.1: Ubicación del puente sobre Estero La Bomba

Fuente: Subprograma de Evaluación de la Red Vial Nacional, LanammeUCR

Según se observa en la figura anterior el puente se encuentra a una distancia de 1460 m de la costa.

El diseño del puente fue realizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes en 1996 y fue construido por la Constructora Meco mediante la donación de la empresa Marina Pez Vela. La obra se inauguró en mayo del 2007. En las figuras siguientes se muestran diferentes vistas del puente.



Figura 3.2: Puente sobre Estero La Bomba



Figura 3.3: Vista lateral del puente sobre Estero La Bomba



Figura 3.4: Puente sobre Estero La Bomba



El puente sobre Estero La Bomba es una estructura de concreto de un solo tramo y posee una longitud total de 25 m. La superestructura es de tipo simplemente apoyada sobre dos bastiones. El puente tiene un ancho total de 10,32 m, el cual está formado por dos carriles de circulación de 3,65 m cada uno y aceras de 1,0 m de ancho. Cuenta además con barandas de concreto a ambos lados. En las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 se muestra la elevación, la planta y una sección transversal de la estructura.

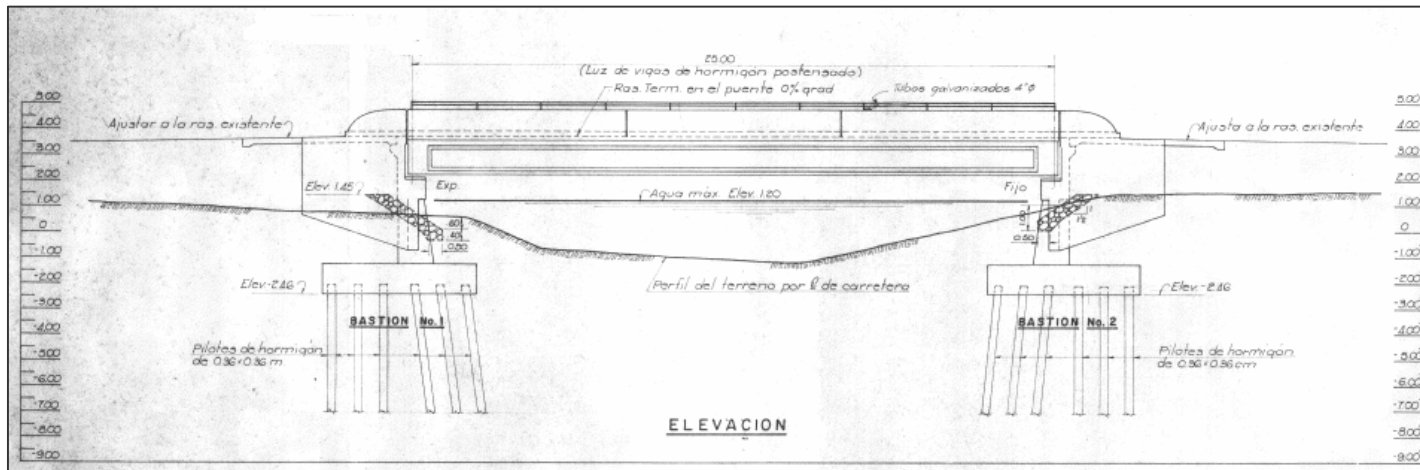


Figura 3.5: Elevación puente sobre Estero La Bomba

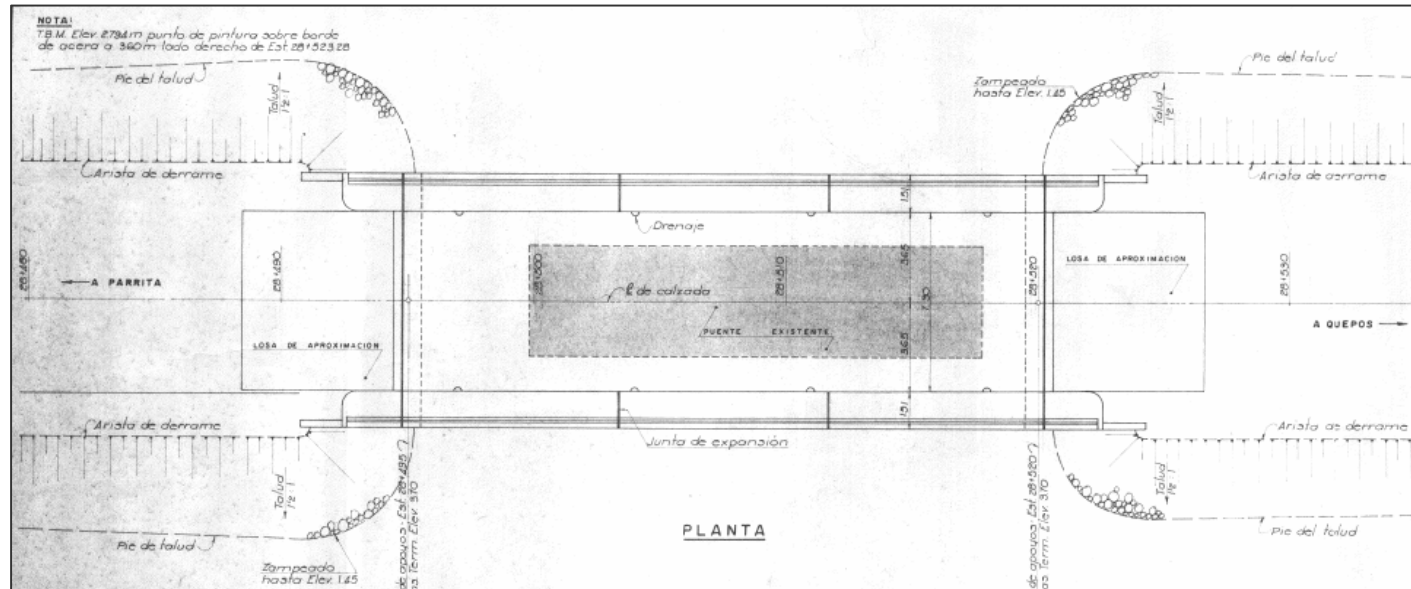


Figura 3.6: Planta del puente sobre Estero La Bomba

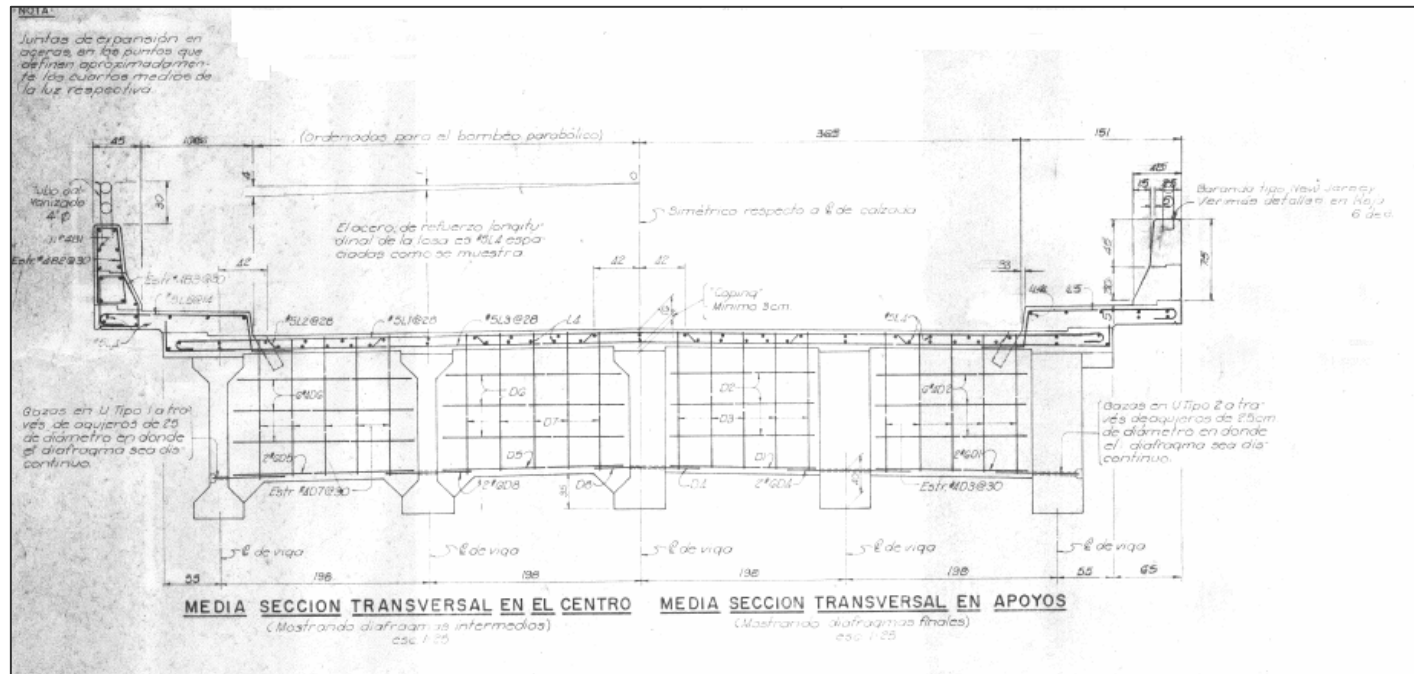


Figura 3.7: Sección transversal del puente sobre Estero La Bomba



La superestructura está formada por cinco vigas de hormigón postensadas de sección "I" y una losa colada en sitio de 0,17 m de espesor. La resistencia de la losa indicada en planos es de 280 kg/cm². Las vigas tienen un peralte de 1,37 m y se encuentran espaciadas 1,98 m. Están apoyadas sobre almohadillas de neopreno las cuales a su vez están ancladas a los bastiones mediante pernos roscados.

Los bastiones son colados en sitio, son de una topología de columnas de sección variable (dos por bastión) y una pantalla de 2,00 m de altura y 0,40 m de espesor. La resistencia del concreto de los bastiones indicada en los planos es de 225 kg/cm².

La cimentación de cada bastión la componen dos placas de 4,10 m x 6,00 m x 1,20 m. Cada placa está soportada por 26 pilotes de hormigón reforzado de 0,36 m x 0,36 m.

En los accesos al puente existen losas de aproximación de 7,28 m de ancho por 6,0 m de largo.

IV. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL

Para la valoración del estado actual se consideran las observaciones realizadas durante la visita de inspección y los resultados de las pruebas de campo efectuadas. En esta sección se describen las principales observaciones realizadas durante la visita y los resultados de las pruebas se presentan en la sección V. En el anexo se adjunta el informe completo de las pruebas de laboratorio efectuadas.

Losa de rodamiento

La losa muestra un grado de deterioro importante, el cual se manifiesta principalmente por el agrietamiento generalizado tanto en la cara superior como en la cara inferior de la losa. En las figuras de la 4.1 a la 4.7 se muestra el agrietamiento de la cara superior de la losa y en las figuras 4.8 y 4.9 el agrietamiento en la cara inferior de la misma.



Figura 4.1: Agrietamiento de la losa (sección 3 I)



Figura 4.2: Agrietamiento de la losa (sección 3 I)



Figura 4.3: Agrietamiento de la losa



Figura 4.4: Agrietamiento de la losa (sección 7 I)

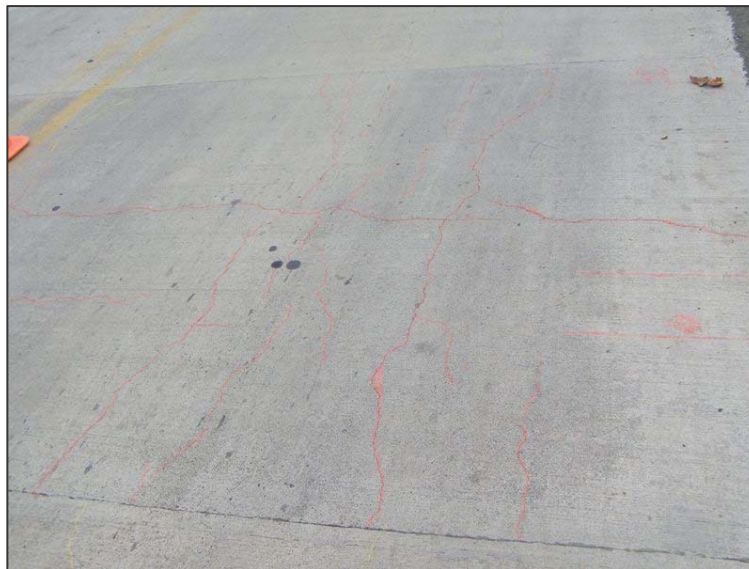


Figura 4.5: Agrietamiento de la losa (sección 3 D)



Figura 4.6: Agrietamiento de la losa (sección 3 D)



Figura 4.7: Agrietamiento de la losa (sección 5 D)



Figura 4.8: Agrietamiento en superficie inferior de la losa



Figura 4.9: Agrietamiento en superficie inferior de la losa



Como se puede apreciar en las fotografías anteriores, la cara superior de la losa presenta un fisuramiento generalizado en toda la superficie. En la figura 4.10 se muestra la distribución de las fisuras en las caras superior e inferior de la losa. Es necesario señalar que en el caso de la cara inferior de la losa no fue posible ubicar las grietas en la totalidad de la superficie, lo anterior dado que sólo se tuvo acceso a las secciones entre las vigas 3, 4 y 5 (según la numeración mostrada en la figura).

En la figura citada se aprecia como todas los paños de colado en que se divide la losa están agrietados, no obstante, presentan diferentes grados de deterioro. Las secciones 10D, 10I, 9I, 7D, 7I, 5D, 5I, 3D y 3I son las más deterioradas y se encuentran fisuras en alrededor del 80% del área del paño respectivo; de igual manera, en lo que corresponde a las secciones 1I, 1D, 2I, 4D, 4I y 6I el grado de fisuramiento es menor, estimando el área dañada en al menos un 40% de la superficie respectiva.

Inicialmente, se distingue la presencia de dos tipos de fisuras: fisuras generadas posiblemente por la acción estructural y fisuras de tipo aleatorio.

Fisuras estructurales: de lo observado en el sitio, éstas se ubican cerca de los bordes de las vigas 2,3 y 4. El patrón observado es el de fisuras que se desarrollan a lo largo de la losa (eje longitudinal). Este tipo de grietas puede ser el resultado de esfuerzo de tensión por flexión.

Fisuras aleatorias: éstas constituyen el patrón de agrietamiento predominante en toda la losa, prácticamente aparecen en todos los paños cubriendo áreas importantes de éstos. Estas fisuras siguen una distribución de tipo aleatorio, presentan longitud muy variada, siguiendo en algunos casos la forma de “pata de gallo”. Este tipo de fisuras normalmente es el resultado de procesos de retracción plástica en la superficie del concreto que se inicia con la aparición de fisuras o micro-fisuras a edades tempranas (durante o inmediatamente posterior al colado) y que posteriormente incrementan su distribución y profundidad con el paso del tiempo.

Se midió el ancho promedio de algunas de las fisuras en cada una de las secciones y se determinó que la abertura de las fisuras varía entre 0.15 mm y 2.00 mm. En la figura 4.11 se muestran los anchos medidos y en las figuras de la 4.12 a la 4.23 se pueden observar algunas de las mediciones realizadas. Se comprueba que tanto las fisuras estructurales como las aleatorias



medidas presentan aberturas mayores a 0.15 mm. El 12,7% de las fisuras tiene un ancho entre 0.15 mm y 0.25 mm. El 67 % de las mediciones se encuentra entre 0.30 mm y 0.45 mm y aproximadamente un 15% de las fisuras tiene un ancho entre 0.50 mm y 0.65 mm. Solamente alrededor del 5% las fisuras medidas tiene anchos mayores a 0.65 mm.

Las dos losas de aproximación presentan una grieta transversal a todo lo ancho de la losa (figura 4.24). Este agrietamiento parece indicar la existencia de una junta fría ubicada a aproximadamente 3,0 m de la junta de expansión.

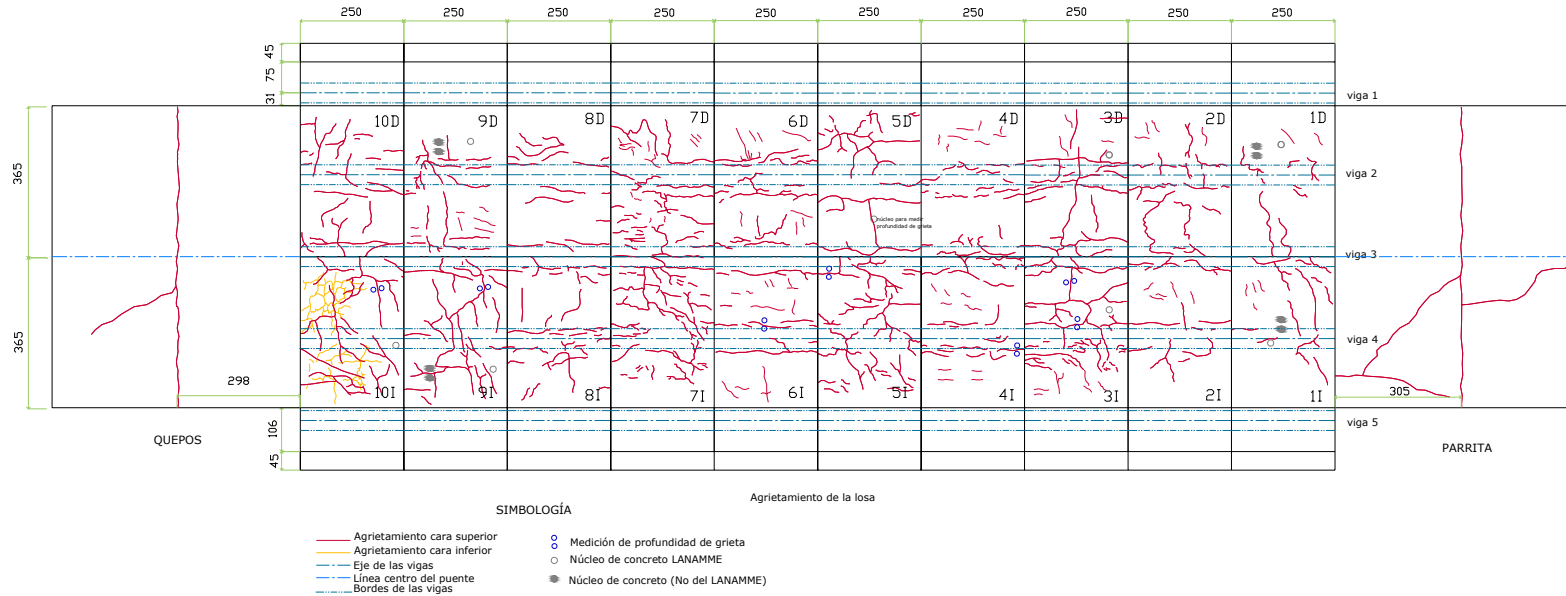


Figura 4.10: Agrietamiento de la losa del Puente sobre Estero La Bomba

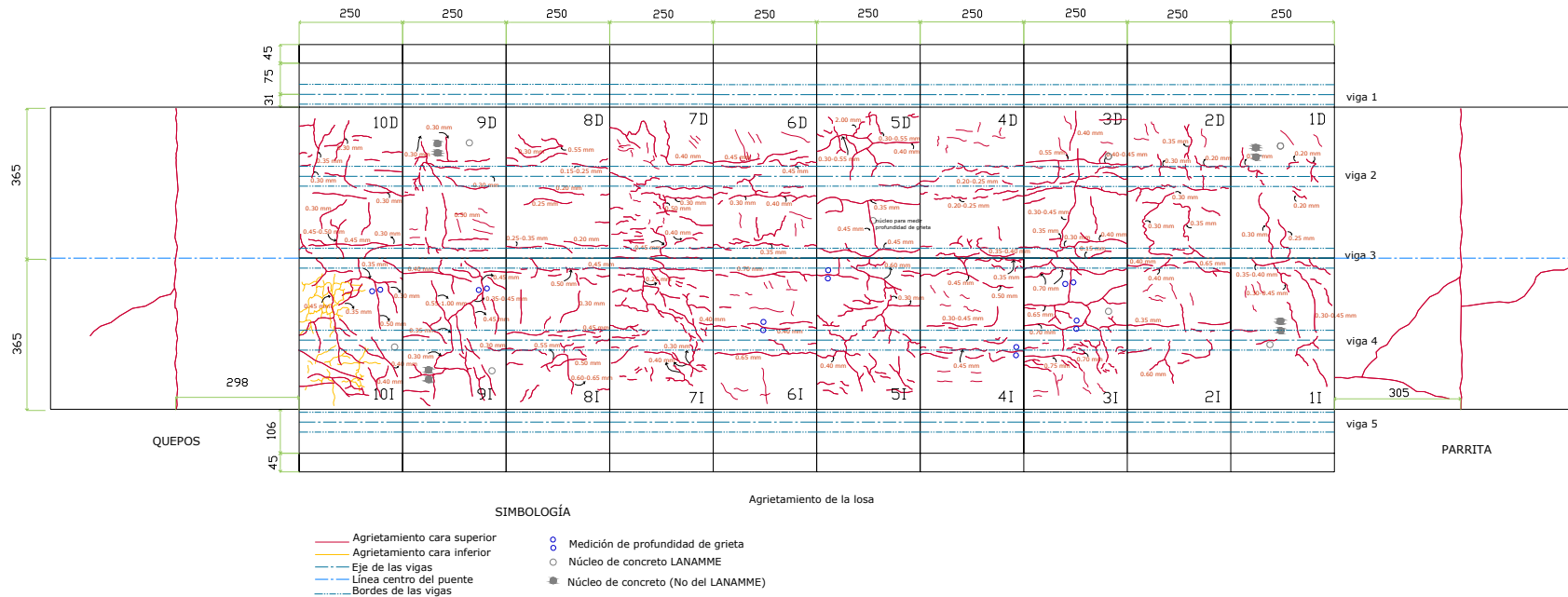


Figura 4.11: Anchos de grieta medidos en la losa del Puente sobre Estero La Bomba



Figura 4.12: Fisura de 0.35 mm

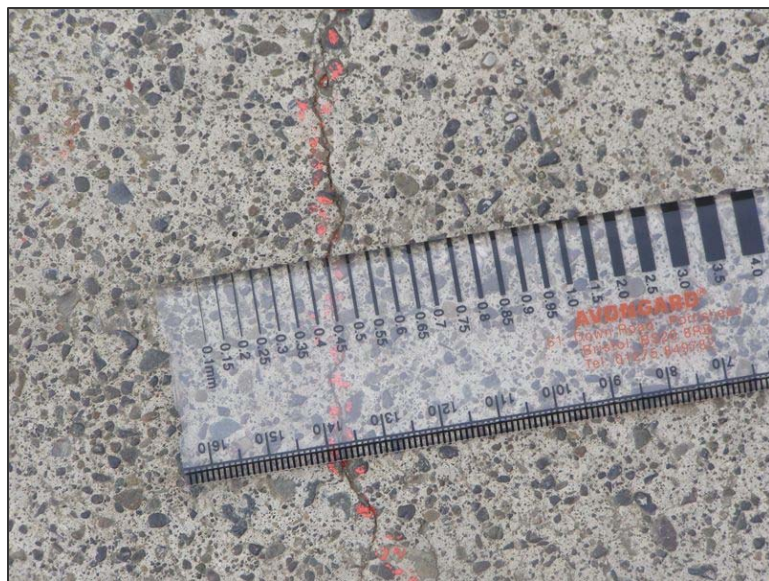


Figura 4.13: Fisura de 0.45 mm

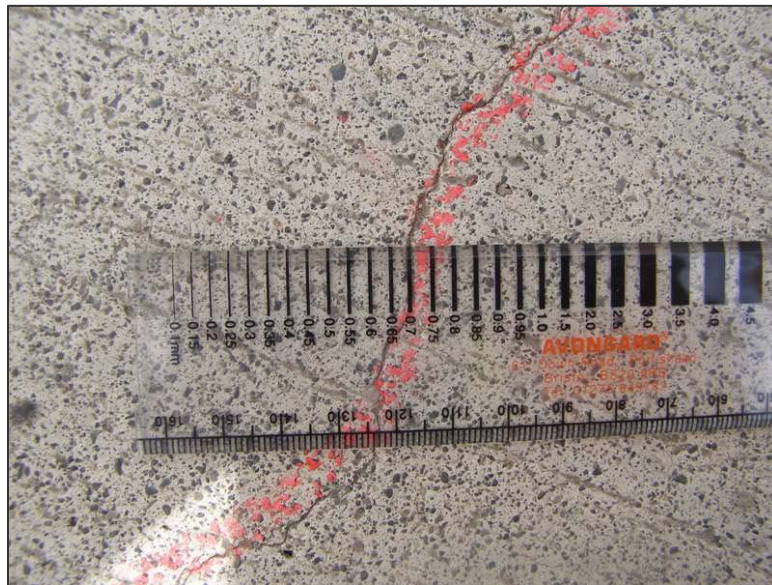


Figura 4.14: Fisura de 0.70 mm



Figura 4.15: Fisura de 0.45 mm

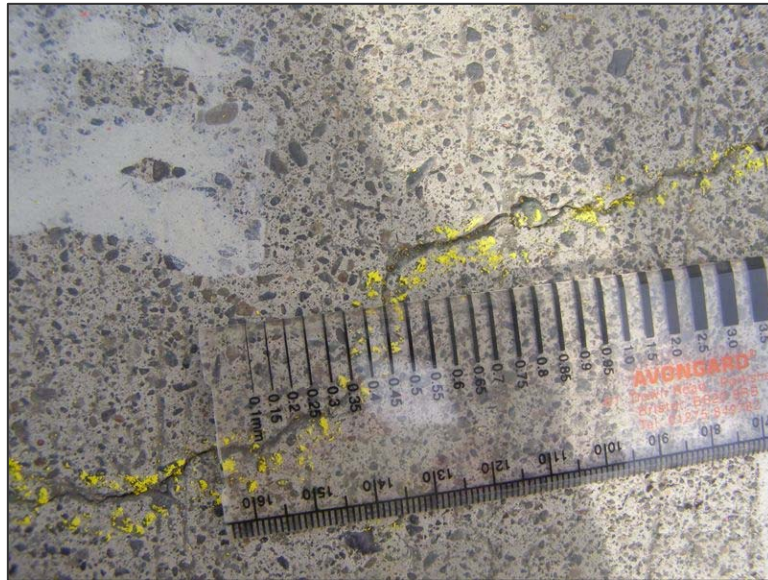


Figura 4.16: Fisura de 0.45 mm



Figura 4.17: Fisura de 0.2 mm



Figura 4.18: Fisura de 0.40 mm



Figura 4.19: Fisura de 0.50 mm

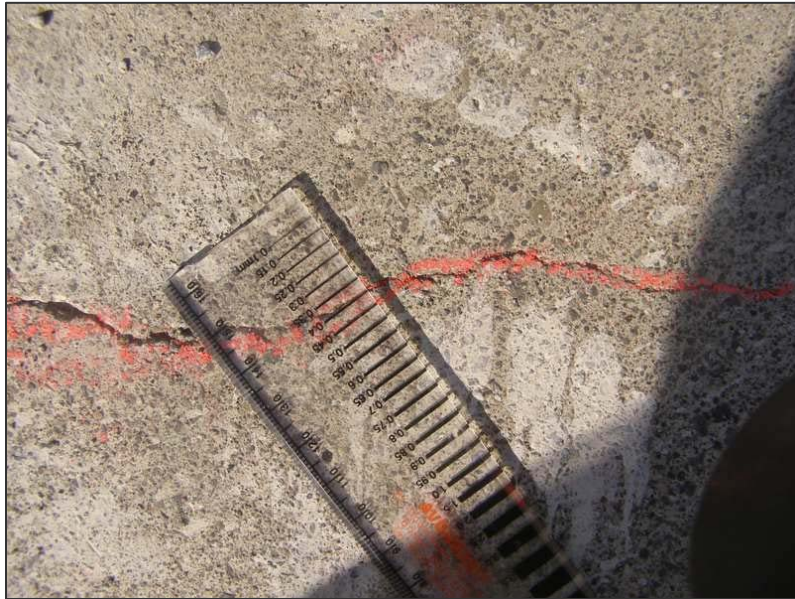


Figura 4.20: Fisura de 0.40 mm



Figura 4.21: Fisura de 0.40 mm



Figura 4.22: Fisura de 0.40 mm



Figura 4.23: Fisura de 0.55 mm



Figura 4.24: Agrietamiento transversal en la losa de aproximación (hacia Parrita)

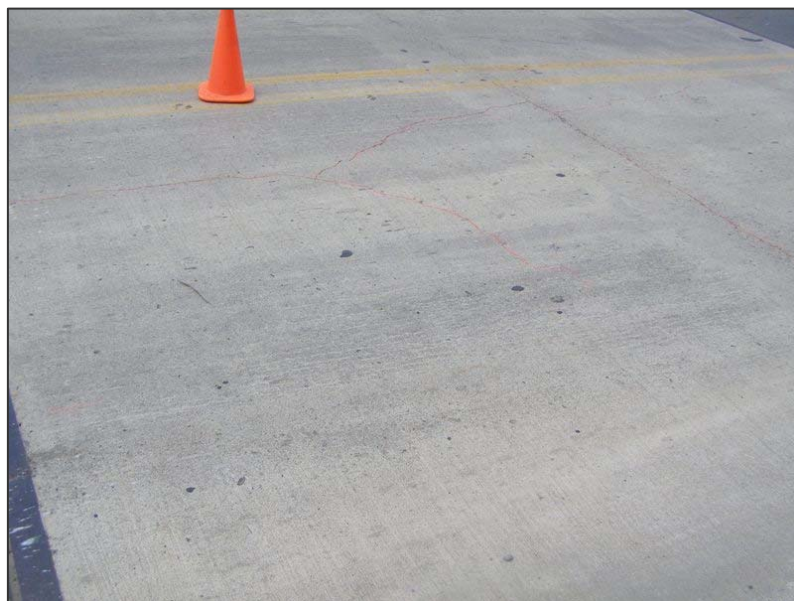


Figura 4.25: Agrietamiento en la losa de aproximación (hacia Parrita)

V. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

En esta sección se presenta un resumen de los resultados de las pruebas realizadas. El informe completo de los ensayos se incluye en los anexos.

Resultados de resistencia a compresión de núcleos de concreto ASTM C42/C39

Tabla 5.1: Resultados de los núcleos extraídos de la losa

Identificación	Área (cm ²)	Carga (kN)	Resistencia a la compresión	
			(MPa)	(kg/cm ²)
1I	69,9	202	28,0	286
1D	70,2	154	21,4	218
3D	69,9	192	26,6	272
9D	69,8	185	25,6	261
3I	70,0	177	23,3	237
9I	70,0	223	28,4	289
10I	70,0	274	38,8	396
Promedio		201	27,5	280
Desviación estándar		35,6	5,19	52,9

(De acuerdo con los planos la resistencia de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)

Tabla 5.2: Resultados de los núcleos extraídos de los bastiones

Identificación	Área (cm ²)	Carga (kN)	Resistencia a la compresión	
			(MPa)	(kg/cm ²)
Pantalla	69,9	214	30,6	312
Viga cabezal	70,0	233	33,7	344
Promedio		223	32,2	328
Desviación estándar		12,8	2,21	22,5

(De acuerdo con los planos la resistencia de diseño $f'c = 225 \text{ kg/cm}^2$)

Se determinó además que el diámetro máximo del agregado es de $\frac{3}{4}$ de pulgada para todos los núcleos, excepto para el núcleo 1D para el cual es de 1 pulgada.

Resultados de las mediciones con esclerómetro

Se utilizó un esclerómetro para estimar la homogeneidad de la resistencia en los diferentes paños de colado. Debido al grado de error en la determinación de la resistencia a partir del uso del esclerómetro, los valores de resistencia obtenidos con esta prueba son usados sólo como referencia para la caracterización determinar la resistencia del concreto en nueve puntos de la losa. En la Tabla 5.3 se presentan los valores promedio obtenidos en cada sección. El detalle de las mediciones realizadas se presenta en la sección 5.3 del Informe de Ensayo adjunto en los anexos.

Tabla 5.3: Resistencia del concreto utilizando esclerómetro

Punto de ensayo	Sección de la losa	Resistencia promedio del concreto (kg/cm ²)
1	10I	380
2	9I	350
3	6I	350
4	3I	350
5	1I	308
6	1D	308
7	3D	325
8	5D	325
9	9D	325

Detección del acero

Se detectó el acero transversal en doce puntos en la superficie superior de la losa. El detalle de la ubicación de los puntos de medición se muestra en la figura 4 de la sección 5.4 del Informe de Ensayo (Ver anexos).

En todos los puntos de ensayo se detectó el acero a 25 cm. Debido a que la capacidad de reconocimiento del equipo es de 9 cm no se detectó el acero longitudinal.

Medición del ancho de las fisuras

Según se indicó en la sección IV se midieron las aberturas de algunas de las fisuras en cada una de las secciones. Los anchos de fisuras medidos se presentan en la Tabla 5.4 y en la figura 4.1 se señala la ubicación aproximada de los puntos de medición.

Tabla 5.4: Anchos de fisuras medidos

Ancho (mm)	Cantidad de mediciones	Porcentaje
0,15	2	1,49
0,20	9	6,72
0,25	6	4,48
0,30	29	21,64
0,35	19	14,18
0,40	20	14,93
0,45	22	16,42
0,50	8	5,97
0,55	5	3,73
0,60	3	2,24
0,65	4	2,99
0,70	4	2,99
0,90	1	0,75
1,00	1	0,75
2,00	1	0,75

En la tabla anterior se puede observar que los anchos medidos varían dentro de un rango amplio, desde 0,15 mm hasta 2,00 mm. La distribución de los anchos medidos no es uniforme en todo el intervalo, por lo que en la Tabla 5.5 se presentan los anchos de las fisuras clasificados en rangos.

Tabla 5.5: Ancho de las fisuras medidos clasificados en rangos

Rango del ancho (mm)	Porcentaje de las fisuras medidas
0,15 – 0,25	12,7
0,30 – 0,45	67,2
0,50 – 0,65	14,9
0,70 – 2,00	5,2

Como se puede apreciar en la tabla 5.5, existe un gran porcentaje de fisuras con anchos de grieta entre los 0.30 y 0.45 mm. Es importante aclarar que estos anchos se aprecian tanto en grietas del tipo estructural como del tipo aleatorio.

Resultados de la profundidad de grietas medida

La determinación de la profundidad de las fisuras de la losa se realizó por medio de ultrasonido y mediante la extracción de un núcleo de concreto. En la Tabla 5.6 se presentan las profundidades de grieta medidas con ultrasonido.

Tabla 5.6: Profundidades de grieta medidas con ultrasonido

Sección de la losa	Profundidad de grieta (cm)
10I	7,52
9I	6,58
6I	3,35
5I	5,43
4I	Cruza la losa
3I	Cruza la losa
3I	7,76

El espesor de la losa medido en campo es de 17 cm, por lo que la profundidad de grieta medida varía desde aproximadamente un 20% del espesor (3,35 cm corresponde a un 19,7%) hasta un 100%, como es el caso de las secciones 4I y 3I.

A partir del núcleo extraído de la sección 5D se midió una profundidad de grieta de 15 cm, la cual corresponde al 88% del espesor. En las figuras 5.1 y 5.2 se puede observar la profundidad de la grieta existente en el núcleo 5D.



Figura 5.1: Núcleo de concreto utilizado para determinar la profundidad de grieta



Figura 5.2: Núcleo de concreto utilizado para determinar la profundidad de grieta

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de las pruebas de los núcleos, la resistencia del concreto de la losa en promedio es de 280 kg/cm^2 , con una desviación de 52.9 kg/cm^2 .

De acuerdo con los resultados de las pruebas de los núcleos, la resistencia del concreto de los bastiones en promedio es de 328 kg/cm^2 , con una desviación de 22.5 kg/cm^2 .

La presencia de grietas en los núcleos puede generar distorsión en las resistencias medidas del concreto, sin embargo esta situación es representativa de la condición real de la losa en el sitio.

De acuerdo con las mediciones hechas con esclerómetro, existe homogeneidad en el concreto en los diferentes paños de colado evaluados en sitio.

De acuerdo con los núcleos extraídos en el sitio, el espesor promedio de la losa es de 17.0 cm .

El estado de fisuramiento observado en sitio es excesivo. Un alto porcentaje de las fisuras cuenta con un ancho superior a los 0.30 mm .

De acuerdo con las mediciones de profundidad de grietas en sitio y de lo observado en los núcleos de concreto, en general la penetración de las grietas dentro de la losa varía entre los 3.0 cm y el espesor total de la losa (17.0 cm).

De acuerdo con el mapa de grietas elaborado, aproximadamente el 85% del área de la losa se encuentra agrietada. Se presentan tanto grietas del tipo estructural como del tipo aleatorio, predominando en exceso las grietas del tipo aleatorio, las cuales parecen ser el resultado de procesos de retracción plástica temprana en la losa durante la etapa constructiva.

A partir de la investigación realizada no es posible determinar cuál es el nivel actual de seguridad de la losa tanto para la condición de servicio como la condición última a la falla,



lo anterior debido a que se requiere conocer los niveles de demanda y capacidad sobre este sistema estructural.

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

Director LANAMME



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

ANEXOS



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

INFORME DE ENSAYO

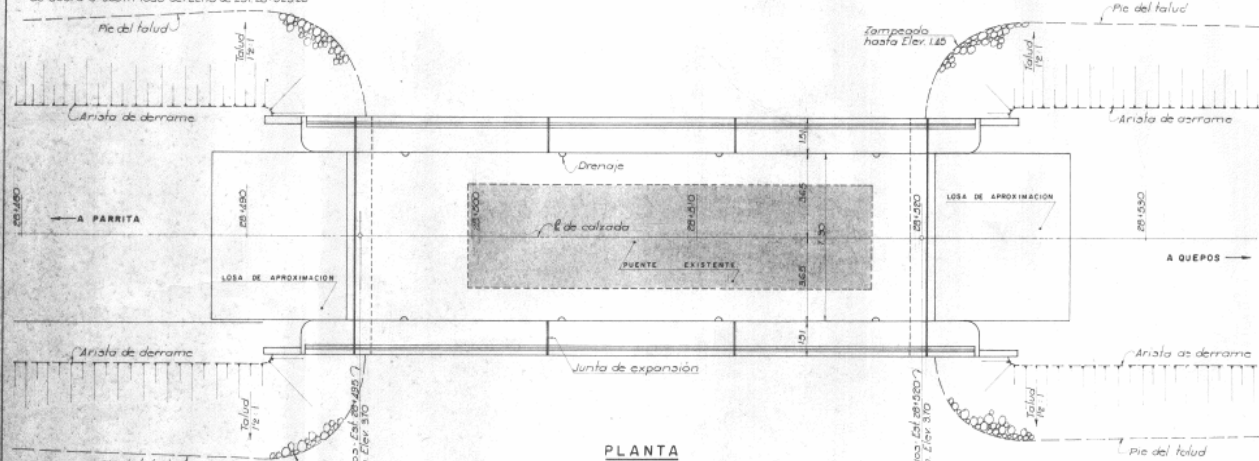
N° I-0088-08



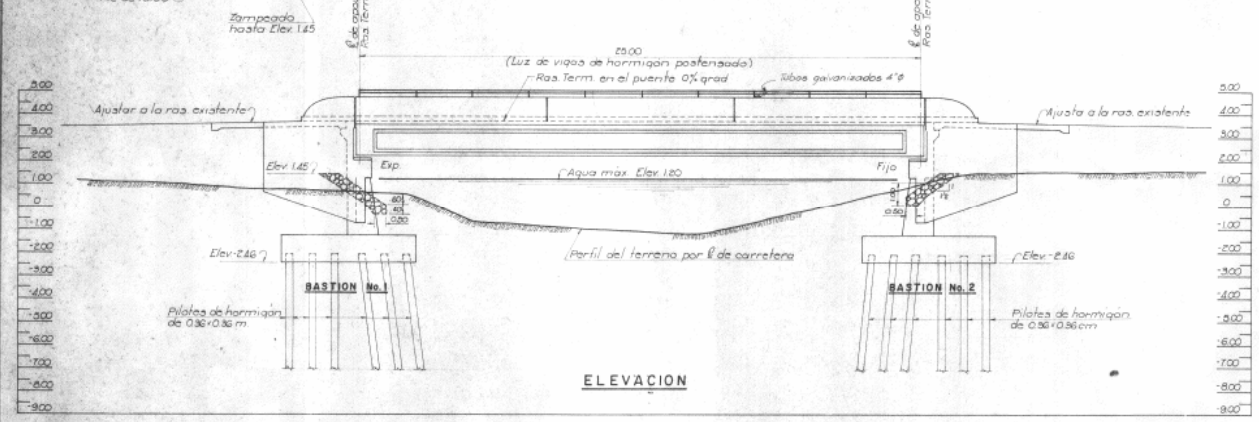
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

PLANOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE

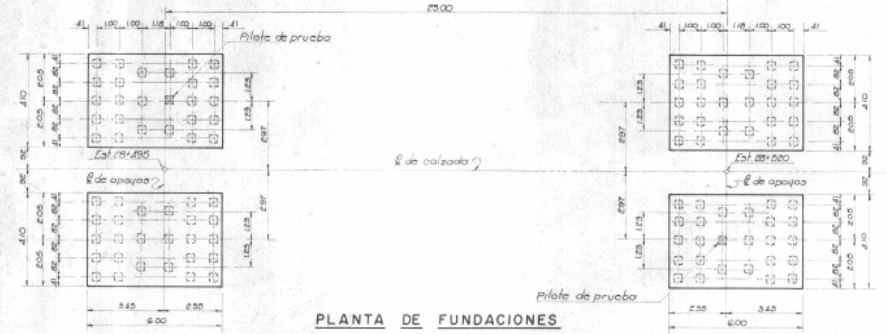
NOTA:
T.B.M. Elev. 278.4 m punto de pintura sobre borde
de acera a 360 m todo derecho de Est. 20+523.28



PLANTA



ELEVACION



PLANTA DE FUNDACIONES

ESTIMACION DE CANTIDADES

ITEM.	DESCRIPCION	UNIDAD	BAST. 1	BAST. 2	SUPERES	TOTAL
202 (1)	Remocion estructuras existentes	Global	---	---	---	0/0/0/0
206 (2)	Excavacion para puentes	m ³	247	247	---	494
601 (4)	Pilotes suminal rodos de hormigon premoldeado	m lin	730	730	---	1460
601 (13)	Pilotes de hormigon hincados	cu	51	51	---	102
601 (19)	Pilotes de prueba hincados	cu	1	1	---	2
602 A (1)	Hormigon estructural Clase "A" de 225 Kg/cm ²	m ³	975	975	---	1950
602 B (1a)	Miembros estructurales de hormigon precaf (2500m)	cu	---	---	---	5
602 C (1)	Varilla para refuerzo	Kg	6406	6406	10047	22859
612 (1)	Baranda de hormigon para puentes (tipo Lev. Joroca)	m lin	5	5	50	60
619 B (2)	Escalera de piedra ligada con mortero	m ²	51	18	---	69
602 A (2)	Hormigon estructural Clase "B" de 280 Kg/cm ²	m ³	---	---	97	97

NOTA:
Las cantidades de varilla para refuerzo y hormigon estructural clase B correspondientes a las losas de aproximacion, estan incluidas en las cantidades de la super estructura.

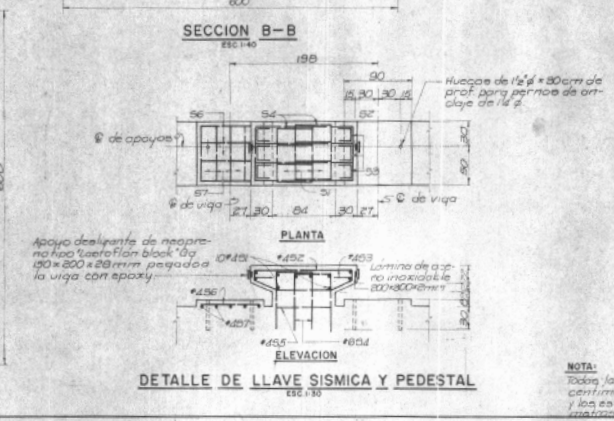
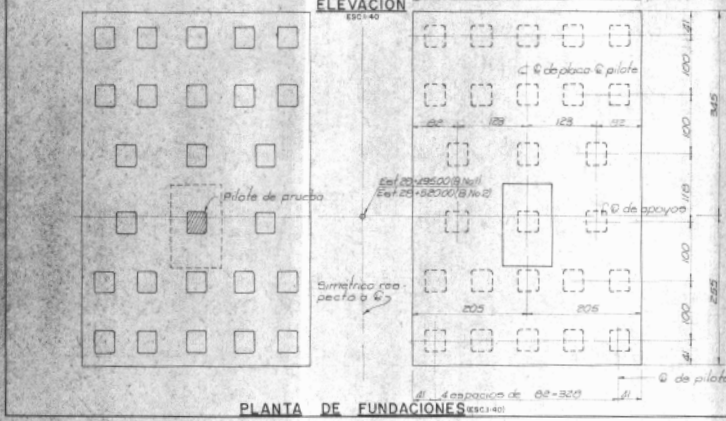
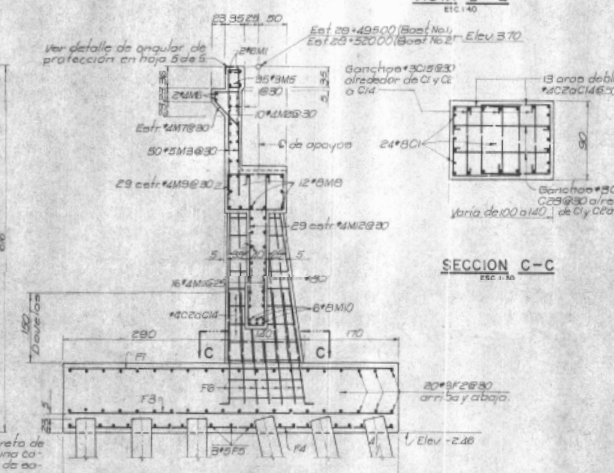
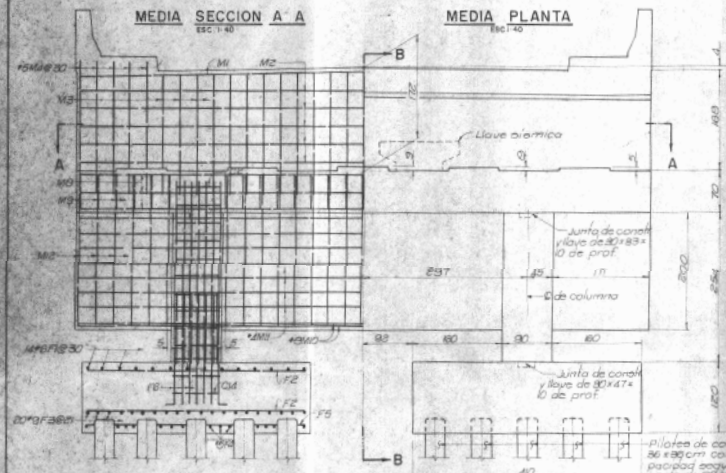
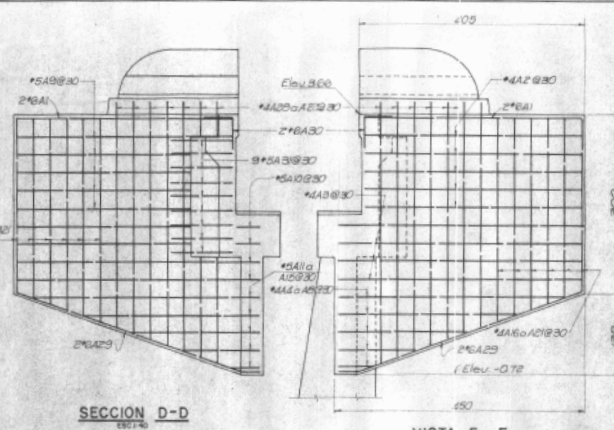
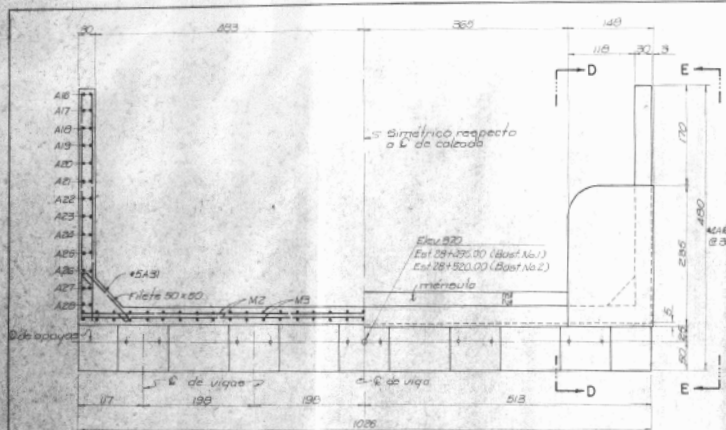
APROBO: *J.A. Rivera M.*
ING. JEFE DEPARTAMENTO DE PUENTES
FECHA: *1/1/96*

INDICE DE HOJAS

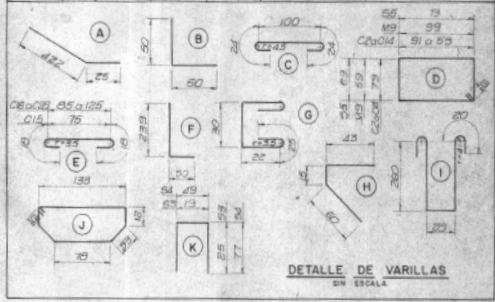
HOJA	NOMBRE	DIBUJO No.
1 DE 6	PLAN GENERAL	P 606 - 1
2 DE 6	NOTAS GENERALES	P 606 - 2
3 DE 6	BASTIONES No. 1 y No. 2	P 606 - 3
4 DE 6	SUPERESTRUCTURA DE 2500m	P 606 - 4
5 DE 6	DETALLES VIGAS POSTENSADAS DE 2500m	P 606 - 5
6 DE 6	DETALLES VARIOS	P 606 - 6

CARGA VIVA: HS 20-44 A.A.S.H.T.O.

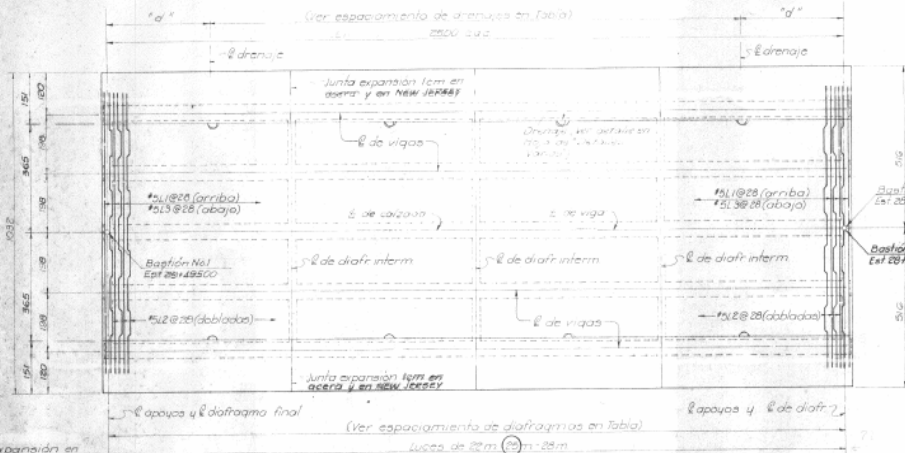
NOTA:
DIMENSIONES EN METROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE DIFERENTE.



ACERO DE REFUERZO (PARA UN BASTION)		MARCA	Ø	CANTIDAD	LONGITUD	DETALLE	UBICACION
A1	6	4	395	Rectas	Aleladas ambas caras horizontales		
A2	4	10	395		cara exterior		
A3	4	8	440				
A4 a A9	4	24	405 a 65				
A9	4	10	395		interior		
A10	4	8	440				
A11 a A15	4	24	405 a 65				
A16 a A21	4	49	297 a 342		ambas caras verticales		
A22 a A25	4	49	377 a 430				
A26	4	4	437	A	inclinadas		
A27	4	4	100	B	cuadradas		
A28	4	18	149	C	filas		
C1	4	48	309	Rectas	Columnas verticales		
C2 a C4	4	49	366 a 230	D	arcs		
C5	4	78	111	E	gancho		
C6 a C29	4	49	121 a 181	E			
F1	4	28	254	Rectas	Fundaciones longitudinales arq.		
F2	4	30	396		transversales		
F3	4	40	264		longitudinales interiores		
F4	4	28	204		abajo		
F5	4	34	296		transversales abajo		
F6	4	49	269	F	dovelas		
M1	4	2	1016	Rectas	Pared de cabecera horizontales		
M2	4	10	106				
M3	4	50	207		verticales		
M4	4	20	227				
M5	4	35	124	G	gancho		
M6	4	2	320	Rectas	menbrula horiz.		
M7	4	25	118	H	carinas		
M8	4	12	108	Rectas	Vigas de cabecera horizontales		
M9	4	29	342	D	arco		
M10	4	2	438	Rectas	Barra de transferencia abajo		
M11	4	18	1016				
M12	4	29	229	I	verticales estribos		
S1	4	20	70	Rectas	Llave sismica horizontales		
S2	4	8	327	J	arcs		
S3	4	12	63	K	estribos		
S4	4	18	203	K			
S5	4	2	910	D	arcs		
S6	4	20	80	Rectas	Pedestales		
S7	4	25	70				

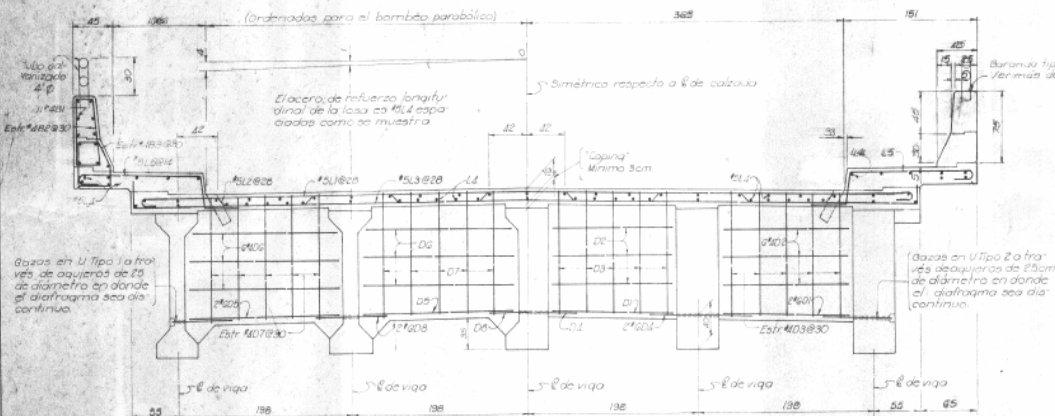


NOTA:
Todas las dimensiones están dadas en centímetros, excepto las elevaciones y los estacionamientos que están en metros. No se incluye el concreto.



NOTA:
 Juntas de expansión en aseras, en los puntos que se definen oportunamente (se cuantia mediante de la luz respectiva).

PLANTA
 (Mostrando refuerzo transversal)
 esc. 1/25



MEDIA SECCION TRANSVERSAL EN EL CENTRO
 (Mostrando diafragma y intermedios)
 esc. 1/25

MEDIA SECCION TRANSVERSAL EN APOYOS
 (Mostrando diafragma final)
 esc. 1/25

TABLAS DE REACCIONES

VIGA	LUZ DE 22m				LUZ DE 25m				LUZ DE 28m			
	C.M.	C.V.	I	INTER.	C.M.	C.V.	I	INTER.	C.M.	C.V.	I	INTER.
INTER.												
EXTER.												

NOTA:
 Todas las dimensiones están en centímetros excepto donde se indique diferente.

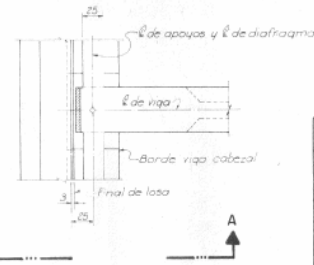
CARGA VIVA HS 20-44 A.A.S.H.T.O.

TABLA DE ESPACIAMIENTOS (cm)

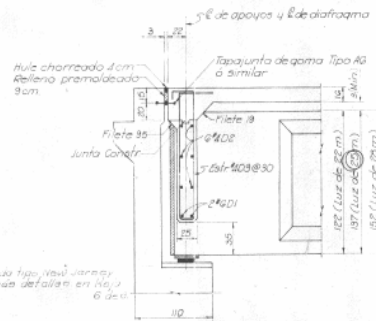
LUZ	DRENAJES	"e"	POSTES	DIAPHRAGMAS
22 m	4 esp. de 220-1800	200	4 esp. de 100-200	4 esp. de 550-1200
25 m	4 esp. de 330-2200	175	Barras tipo New Jersey	4 esp. de 625-2500
28 m	4 esp. de 600-2430	200	4 esp. de 200-200	4 esp. de 700-2800

ESTIMACION DE CANTIDADES

LUZ	VOL. CONCRETO	ACERO REFUERZO
22 m	49.5 m³	8930 Kg
25 m	83.0 m³	8270 Kg
28 m	115 m³	8740 Kg

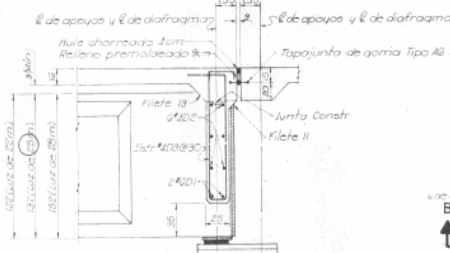


PLANTA FINAL DE VIGA EN BASTION
 esc. 1/25



SECCION A-A
 esc. 1/25

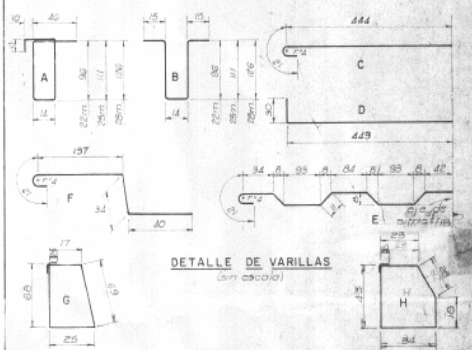
SECCION DIAFRAGMA INTERMEDIO
 esc. 1/25



SECCION B-B
 esc. 1/25

ACERO DE REFUERZO

MARCA	#	CANTIDAD			LONGITUD			DETALLE	UBICACION
		22 m	25 m	28 m	22 m	25 m	28 m		
01	#5	16	16	12	135	135	135	Rectos	Diafragma final/soa
02	#7	18	36	25	135	135	135	Rectos	soa
03	#7	20	40	40	184	314	344	A	soa
04	#5	12	12	12	157	157	157	Rectos	soa
05	#5	24	24	24	165	165	165	Rectos	Diafragma inter/bastion
06	#7	22	22	22	165	165	165	Rectos	soa
07	#8	60	60	60	238	268	298	B	soa
08	#5	18	18	18	172	172	172	Rectos	soa
09	#5	80	91	102	318	330	318	C	Loza transversal arriba
10	#5	79	90	101	312	312	312	D	soa
11	#5	86	91	102	346	358	346	E	soa
12	#5	56	64	55	2845	2535	2835	Rectos	y aceras longitud
13	#5	320	364	406	469	232	469	F	Acera costados
14	#8	22	22	22	2584	2584	2584	Rectos	New Jersey horizontal
15	#5	170	170	170	1991	1991	1991	G	soa
16	#5	170	170	170	166	166	166	H	soa



DETALLE DE VARILLAS
 (sin escala)



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica

Solicitud DVOP-084-08



*Ministerio de Obras Públicas y Transportes
Despacho del Viceministro de Obras Públicas
San José, Costa Rica*



*10 de enero de 2008
DVOP-084-08*

*Ingeniero
Alejandro Navas C., M. Sc.
Director,
Laboratorio Nacional de Materiales y
Modelos Estructurales, LANAMME*

Estimado señor:

En relación con el oficio adjunto No. 755 07, suscrito por la Ing. María Ramírez G., Directora de Puentes, recibido en este Despacho el 9 de enero del presente, referente al puente sobre Estero La Bomba, me permito solicitar la colaboración de LANAMME, para la extracción de los núcleos de concreto, indicados en el punto No. 3., página No. 4, bajo el título Problemas Constructivos.

Atentamente,

*Dr. Pedro Luis Castro Fernández, Ph. D
Viceministro*



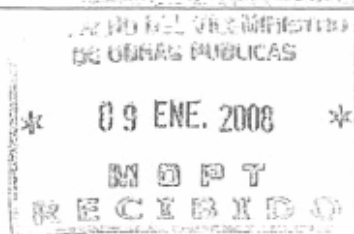
ipt

*Cc: Ing. José Manuel Camacho, Consultor
Ing. María Ramírez G., Directora de Puentes
Archivo*



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE PUENTES
TEL/FAX. (506) 523- 2403 , EXT. 2405, APTO 10176-1000

San José, 20 de diciembre de 2007.



755.07

URGENTE

Doctor
Pedro Castro Fernández, Ph. D.
Viceministro de Obras Públicas.

Ingeniero
Alejandro Molina Solís
Director Ejecutivo a.i

SECOMO

Ref. Puente sobre Estero La Bomba.

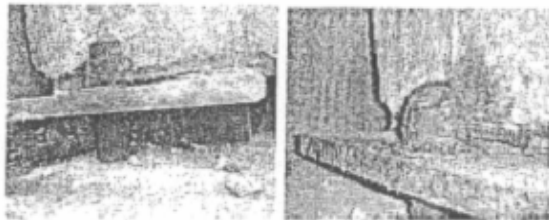
Estimados señores:

Acorde con la instrucción girada por el Despacho del Viceministro de Obras Públicas, la suscrita procedió a realizar inspección en sitio de las fisuras de la losa del puente sobre Estero La Bomba, construido por la Constructora Meco mediante donación de la Empresa Marina Pez Vela, con el aporte por parte de la Administración del diseño de 1996 realizado por esta Dependencia .

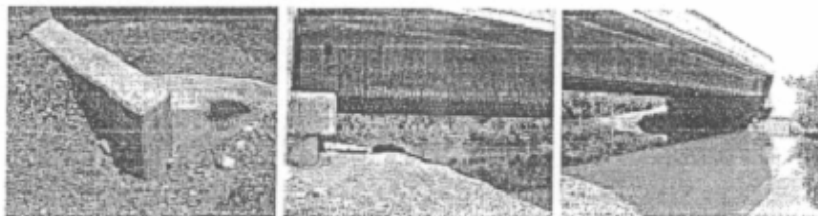
Dado que las fisuras existentes evidencian una falla prematura de la losa, con la intención de identificar las posibles causas se requiere analizar el desempeño estructural del elemento en sus tres etapas:

1. **Etapa Diseño.** Para determinar si la capacidad de carga viva es insuficiente, como producto de un diseño estructural deficitario.
2. **Etapa Constructiva.** Para verificar que la resistencia del concreto en sitio cumpla con la resistencia mínima establecida en el diseño y no sea insuficiente producto de un diseño de mezcla inapropiado, por falta de ajustes en la relación agua-cemento al utilizar aditivos que afectan la resistencia final, por problemas en la fragua del concreto al no considerar el clima calurosos o incluso por agregados problemáticos.
3. **Etapa de Servicio.** Para verificar si las cargas de servicio reales no exceden peso, frecuencia y porcentaje de los vehículos las consideradas en el diseño original.

DAÑOS y ERRORES OBSERVADOS



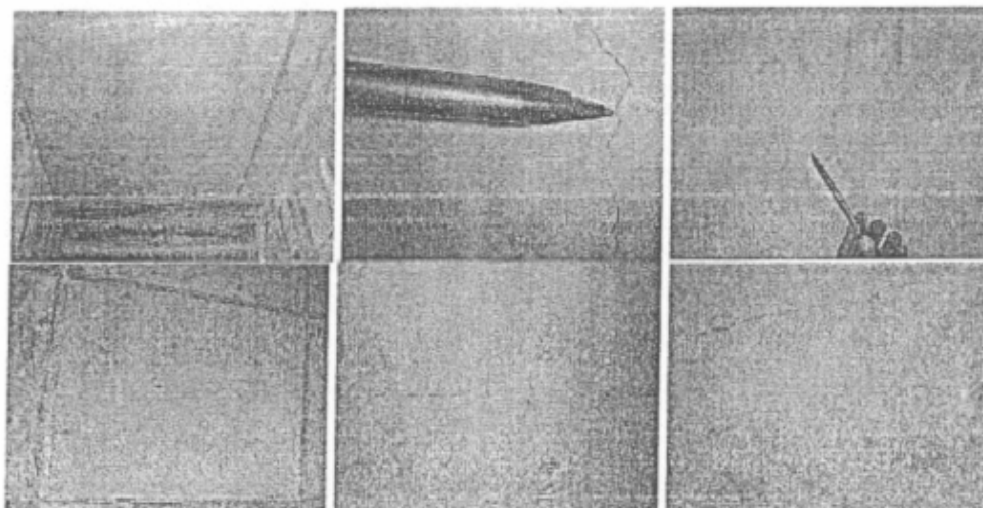
Pernos de anclaje corroídos porque no fueron protegidos solo tienen grasa.



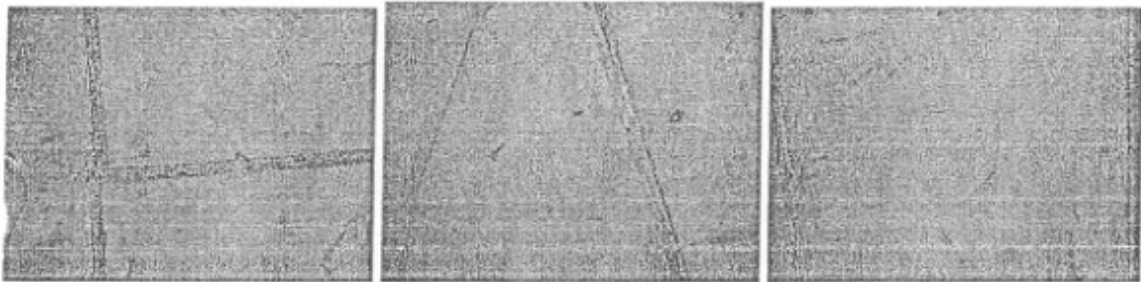
Faltan las escolleras.



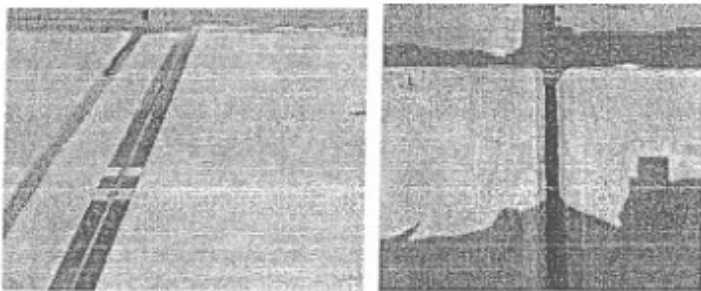
Junta fría en bastión de margen derecha, construido sobre el bastión anterior (de la Empresa Escojisa, a la cual se le rescindió el Contrato por no cumplir la resistencia mínima de $f'c=225 \text{ kg/cm}^2$ en la placa de fundación).



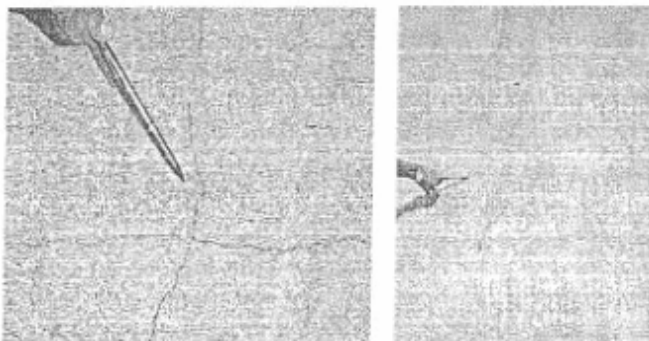
Fisuras longitudinales y transversales, en cara inferior que no coinciden con el espaciamiento del acero de refuerzo.



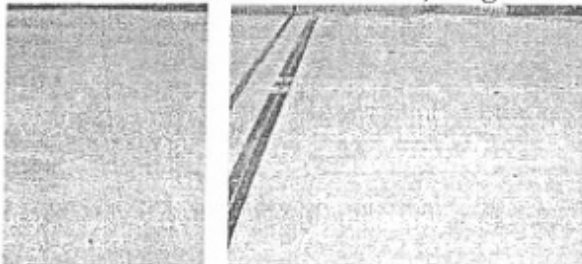
Fisuras de cara inferior en tramos intermedios de losa.



Junta de expansión mal colocada porque no está entre la losa de la superestructura y la pared de cabezal sino entre la pared y la losa de aproximación.



Fisuras estructurales $> 0.3\text{mm}$, longitudinales y transversales en cara superior de losa.



Fisuras en losa de aproximación.



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE PUENTES
TEL/FAX. (506) 523- 2403 , EXT. 2405, APTO 10176-1000

755 07

DISEÑO

Acorde con los planos constructivos diseñados en 1996, que consideró una carga viva de diseño tipo HS-20-44 equivalente a un camión de tres ejes de 32 toneladas, se cuenta con una losa de concreto clase B con Resistencia mínima a la compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ de 16cm de espesor con coping de 3cm, con acero de refuerzo grado 60 con un $Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$, que en el acero principal perpendicular al tráfico cuenta con varillas transversales #5 @ 14 cm (arriba y abajo) y para el acero secundario varillas longitudinales #5, apoyada sobre 5 vigas postensadas espaciadas a 1.98m.

Con tales características la suscrita comprobó que el diseño indicado en planos cumple con la Carga Viva HS-20, con los artículos específicos del diseño de losas de las indicados en el Art. 3.24 de las Especificaciones de Diseño AASHTO 16ª edición de 1992 vigentes al momento del diseño, dado que la cuantía requerida era de varillas #5 @ 17cm y se tiene a cada 14cm, ver memoria de cálculo adjunta.

Sin embargo dado que desde el año 2000, la carga viva solicitada por esta Dependencia se incremento a HS-20+25% equivalente a un tractocamión de 40 toneladas, la suscrita procedió a revisar dicho diseño con la carga viva actual encontrando que la losa tiene la capacidad justa para soportar esta nueva carga, como se demuestra en memoria de cálculo adjunta.

PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS

No es posible descartar esta etapa como generadora de la falla sin realizar los ensayos de campo pertinentes, como mínimo se requiere los siguiente:

1. Aporte por parte de la Empresa Constructora del diseño de mezcla, de los registros del Control de calidad del concreto y los certificados de calidad de los materiales utilizados en obra.
2. Aporte de la bitácora de obra, para reconstruir la secuencia y las horas del día en las cuales se realizaron las chorreas, para verificar si se hicieron o no correcciones en el proceso de fragua considerando las variaciones de temperatura en el sitio.
3. Extracción de al menos 6 núcleos de concreto, para lo cual se sugiere que el CONAVI solicite formalmente la colaboración del LANAMME.
4. Pruebas a los agregados utilizados para descartar que sean los causantes de un eventual caída en la resistencia final del concreto.

CONDICION REAL DE SERVICIO



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE PUENTES

TEL/FAX. (506) 523- 2403 , EXT. 2405, APTO 10176-1000

755.07

Dado que la construcción de este puente era necesaria para agilizar el proceso constructivo de la Marina Pez Vela, resulta muy probable que la construcción de la marina sea en parte la causante de la fatiga prematura de la losa, ya sea por el trasiego de equipo pesado antes de que el concreto de la losa alcanzara la resistencia mínima de diseño o porque las vagonetas cargadas exceden el porcentaje de vehículos pesados de la carretera o incluso exceden el peso máximo de 40 toneladas, hecho conocido tanto por el MOPT como por el CONAVI que ha generado una demanda excesiva en las reparaciones frecuentes de los pisos de rieles del puente de ferrocarril sobre el río Parrita.

Para disminuir el progreso de las fisuras se requiere establecer controles de tránsito apropiados para regular el peso y la frecuencia de las vagonetas cargadas sobre esta losa.

RECOMENDACIONES

Sin la información técnica mencionada en las etapas II y III, esta Dirección concluye que únicamente se puede descartar el diseño como causante de las fisuras en la losa.

Para determinar la solución final que incluso puede ser la sustitución de la losa se deben realizar los ensayos de campo y la verificación de la calidad de los materiales.

En forma inmediata se recomienda tanto sellar las fisuras existentes con una membrana impermeabilizante o resinas epóxicas (que no incrementa el peso como lo haría una carpeta asfáltica) para prevenir la corrosión del acero de refuerzo y el eventual colapso de la losa, como establecer el control de cargas pesadas en el puente.

Atentamente,

DIRECCIÓN DE PUENTES


Ing. María Ramírez González
Directora



Cc. Ing. Daniel Zeledón Castillo, Director Obras Públicas.
Archivo/copiador