



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

■ CONGRESO PARAGUAYO

2do

Vialidad y Tránsito

6 y 7 de Octubre 2016 | Encarnación
EXPO VIAL | Paraguay



EVALUACIÓN Y REFUERZO ESTRUCTURAL DE PUENTES.

REFUERZOS CON FIBRA DE CARBONO CASO DE PUENTES DE LA RUTA 5 TRAMO CONCEPCIÓN - PEDRO JUAN CABALLERO

Prof. Mg. Ing. Sergio Gavilán

Ing. Civil (FIUNA)

Mg. Ing. (FCyT-UCA)

Doctorando Área Estructuras (UFRGS-Brasil)

Prof. Hº Aº II FIUNA

Prof. TFG FIUNA

Prof. Patología y Terapia del Hº Aº- Maestría FIUNA

Director Gavilán & Asociados

EVALUACIÓN DE PUENTES



PROYECTO



RECOLECCION Y
ANALISIS DE DATOS



TRABAJOS DE CAMPO

Limpieza y despeje
Relevamiento geométrico y de daños
Preparación de superficie
Ejecución de ensayos
Muestras para laboratorio



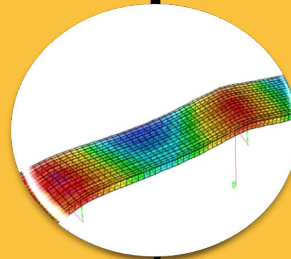
TRABAJOS DE GABINETE

Clasificación de información
Procesamiento de datos
De campo
De laboratorio

Análisis de la situación de cada puente

Condición de seguridad y durabilidad en base a la situación encontrada.

Verificación estructural



Análisis de la situación de cada puente

Condición de seguridad y durabilidad en base a la situación encontrada.

Verificación estructural

**Rehabilitación:
Reparación y/o
refuerzo estructural**



**Demolición y
reconstrucción**



TRABAJOS DE CAMPO

Análisis y
recolección de datos





TRABAJOS DE CAMPO

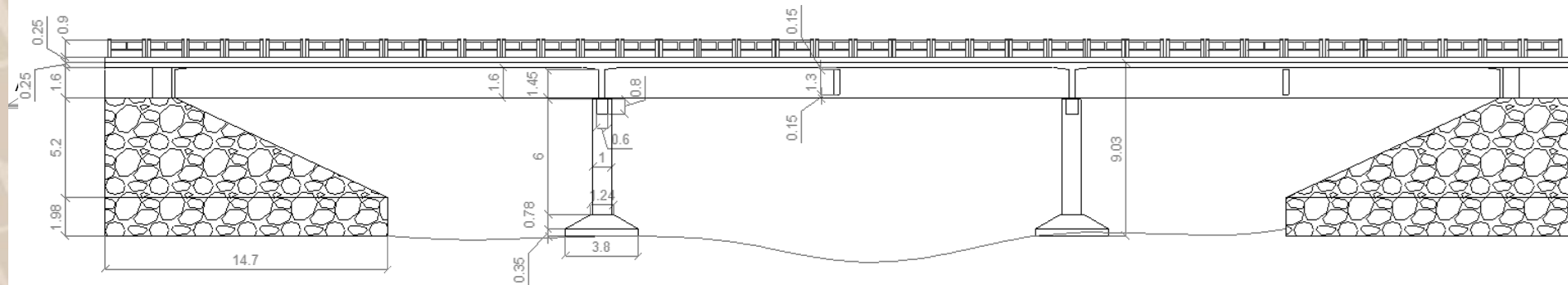
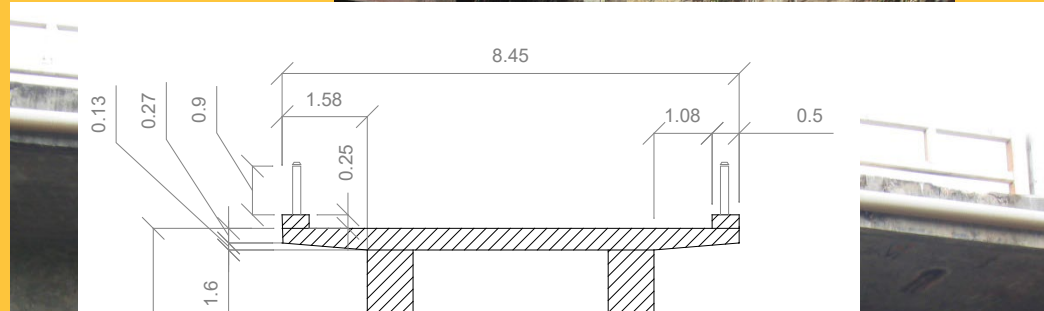
Limpieza y
despeje





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento
geométrico





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de daños

NOMENCLATURA DE DAÑOS		
C	Corrosión	
f	Fisuras	
e	Eflorescencia	
ex	Exposición de armadura	
ef	Erosión	
sc	Socavación	





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de
daños

Erosión





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de
daños

Socavación





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de
daños

Fisuras

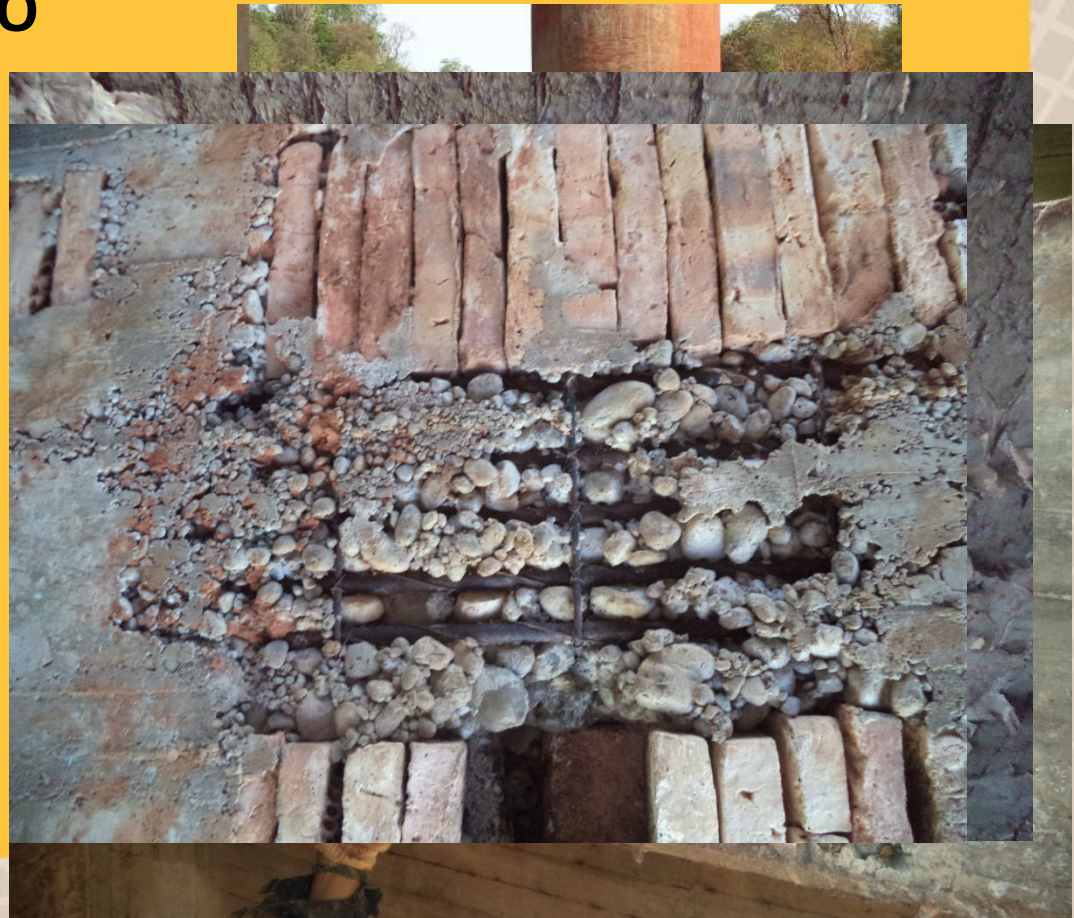




TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de
daños

Armaduras
expuestas





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de
daños

Corrosión





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de
daños

Aparatos de
apoyo





TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento
de daños

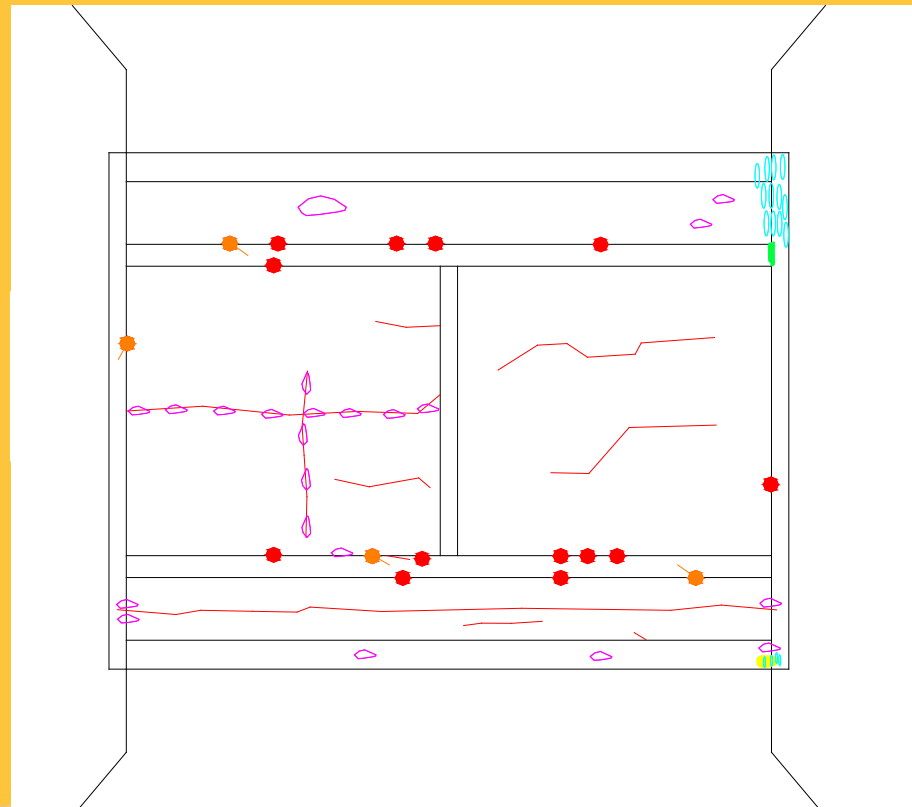




TRABAJOS DE CAMPO

Relevamiento de daños

NOMENCLATURA DE DAÑOS		
c	Corrosión	
f	Fisuras	
e	Eflorescencia	
ex	Exposición de armadura	
ef	Erosión	
sc	Socavación	





TRABAJOS DE CAMPO

Preparación para
ensayos





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Pachometría





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Extracción de
testigos





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Carbonatación





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Resistividad





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Potencial
de
corrosión





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Ultrasonido





EJECUCION DE ENSAYOS

Medición de
profundidad de
fisuras con
ultrasonido.

Trascendencia estructural
de las fisuras.





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Esclerometría





EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Ensayos en
testigos





TRABAJOS DE GABINETE



Clasificación	Criterio de Evaluación
A	Puente en buen estado
B	Puente con daños menores
C	Puente con daños considerables
D	Puente con daños graves
E	Puente con peligro de colapso

MÉTODO DE EVALUACIÓN

Clasificación de los diferentes elementos del puente

Elemento	Daño	Grado					Evaluation	
		A	B	C	D	E	Grado	Total
Vigas Principales	Fisura	No tiene	-	espaciados 50cm y más	espaciados menor a 50cm	espesor > 1 mm		
	Armadura Expuesta	No tiene	Menor a 10cm sin corrosión	Menor a 10cm con corrosión	Mayor a 10cm sin corrosión	Mayor a 10 cm con corrosión		
	Eflorescencias	No tiene	Con eflorescencias	Grande > 3x3 cm				
	Oquedades	No tiene	Pequeño < 3x3 cm	Grande > 3x3 cm				
	Desprendimientos	No tiene	-	Pequeño < 10cm	-	Grande > 10 cm		
	Deformaciones	No tiene			Con deformaciones			
	Derrumbes	No tiene		Pequeño < 10cm				

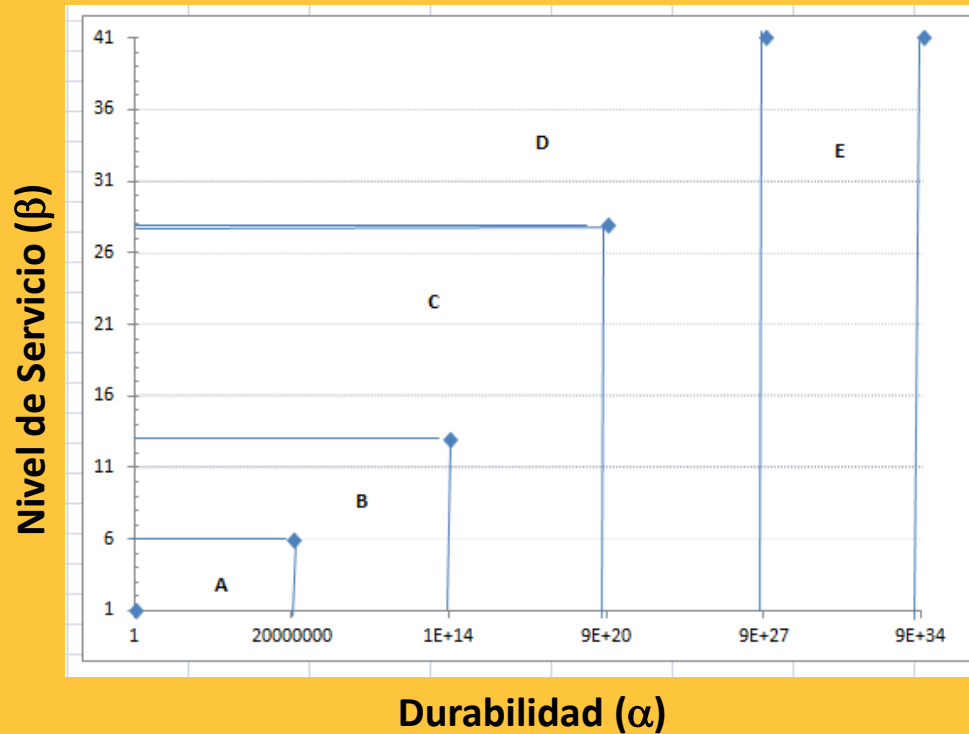
MÉTODO DE EVALUACIÓN

		Elemento a evaluar	i	Valores de los factores de Evaluación [α_i]					Coefficiente de Ponderación [β_i]
Durabilidad	Super-estructura	Viga Principal	1	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	30
		Viga Secundaria	2	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	3
		Viga Transversal	3	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	3
		Losa / Arco (losa de P. Viga)	4	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	10
		Apoyos	5	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	1
	Infra-estructura	Estribo(H°A°)	6	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	3
		Estribo(PB)	7	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	3
		Pilas (H°A°/PB)	8	a = 1	b = 2	c = 3	d = 4	e = 5	3
Nivel de Servicio	Carga Viva	Carga Viva de Diseño	9	Inicio de Carga viva		HS20	-44	1,0	2
				Inicio de Carga viva		HS15	-44	1,5	
				Inicio de Carga viva		H10	-44	2,0	
	Volumen de tráfico	Volumen de tráfico de vehículo pesado (Vol. por Día)	10	4000 \geq				1	1
				4000	< ~ \geq	8000	2		
				8000	< ~ \geq	12000	3		
				12000 <		4			
		Tiempo en Servicio	11	< 30 Años				1	1
				> 30 pero < 50 años				2	
				> 50 pero < 70 años				3	
> 70 años						4			



MÉTODO DE EVALUACIÓN

Ubicar el puente en una de las cinco zonas determinadas en el grafico (A, B, C, D o E)



CRITERIO DE EVALUACIÓN

		Daño	Grado de daño					Evaluación	
			A	B	C	D	E	Grado	Total
Pilas de Puente (Hormigón)	Cuerpo principal	Fisura	Nada	—	separación 50cm y más	separación menor a 50cm	espesor mayor de 1 mm	A	E
		Exposición de armaduras	Nada	Menor a 10 cm sin corrosión	Menor a 10 cm con corrosión	Mayor a 10cm sin corrosión	Mayor a 10 cm con corrosión	E	
		Eflorescencia	Nada	Existe	—	—	—	-	
		Oquedades	Nada	Pequeña < 3x3 cm	Grande > 3x3 cm	—	—	C	
		Desgaste y Erosión	Nada	Pequeña < 10x10 cm	Grande > 10x10 cm	—	—	C	
		Desprendimientos	Nada	—	Pequeño < 10cm	—	Grande > 10 cm	-	

UCTURA

(Carga Bruta)

Muro Principal	Fisura	Nada	—	espesor < 1 cm	—	espesor > 1 cm	E	E
	Eflorescencia	Nada	Existe	—	—	—		
	Desgaste y Erosión	Nada	Pequeña < 10x10 cm	Grande > 10x10 cm	—	—	C	
	Desprendimientos	Nada	—	envergadura pequeño	—	envergadura grande	E	
	Desplazamiento	Nada	—	—	—	Existe		
Cimentación	Asentamiento	Nada	—	envergadura pequeño	—	envergadura grande	C	E
	Socavación	Nada	—	envergadura pequeño	—	envergadura grande	E	

L o s a	Fisuras	Nada	fisura en una dirección	fisura en dos direc.(>50cm)	fisura en dos direc.(<50cm)	fisura en dos direc. con oxidación	E	E
	Exposición de armaduras	Nada	Menor a 10 cm sin corrosión	Menor a 10 cm con corrosión	Mayor a 10cm sin corrosión	Mayor a 10 cm con corrosión	E	
	Eflorescencia	Nada	Existe	—	—	—	B	
	Oquedades	Nada	Pequeña < 3x3 cm	Grande > 3x3 cm	—	—	C	
	Desprendimientos	Nada	—	Pequeño < 10cm	—	Grande > 10 cm		

Determinación Coeficiente Durabilidad (α)

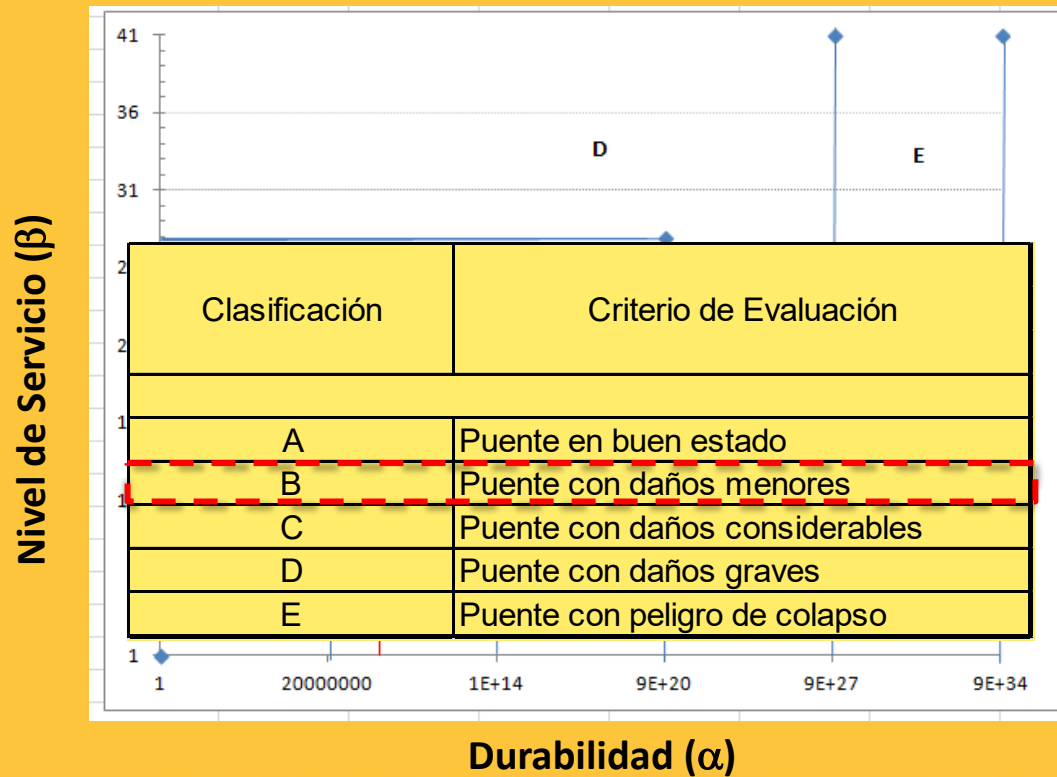
				PUENTE Nº B2-2		
		Elemento a evaluar	Coeficiente de Ponderación [β_i]	Progresiva:		
				Ec	α_i	$\alpha_i^{\beta_i}$
Durabilidad	Super-estructura	Viga Principal	30			0
		Viga Secundaria	3			0
		Viga Trasnversal	3			0
		Losa/Arco (Losa de P. Viga)	10	E	5	9765625
		Apoyos	1			0
	Infra-estructura	Estribos (Ho Ao)	3			0
		Estribo (PB)	3	E	5	125
		Pilas (HoAo /PB)	3	E	5	125
				$\alpha = 1,53E+11$		

Determinación Coeficiente Niveles de Servicio (β)

		Coeficiente de Ponderación [β_i]				
Nivel de Servicio	Carga Viva	Carga viva de diseño	2	1		1
	Volumen de tráfico	Volumen de trafico de vehiculo pesado (Vol por Dia)	1	4		4
		Tiempo en Servicio	1	2		2
				$\beta = 8$		



EJEMPLO DE EVALUACIÓN



VERIFICACION ESTRUCTURAL

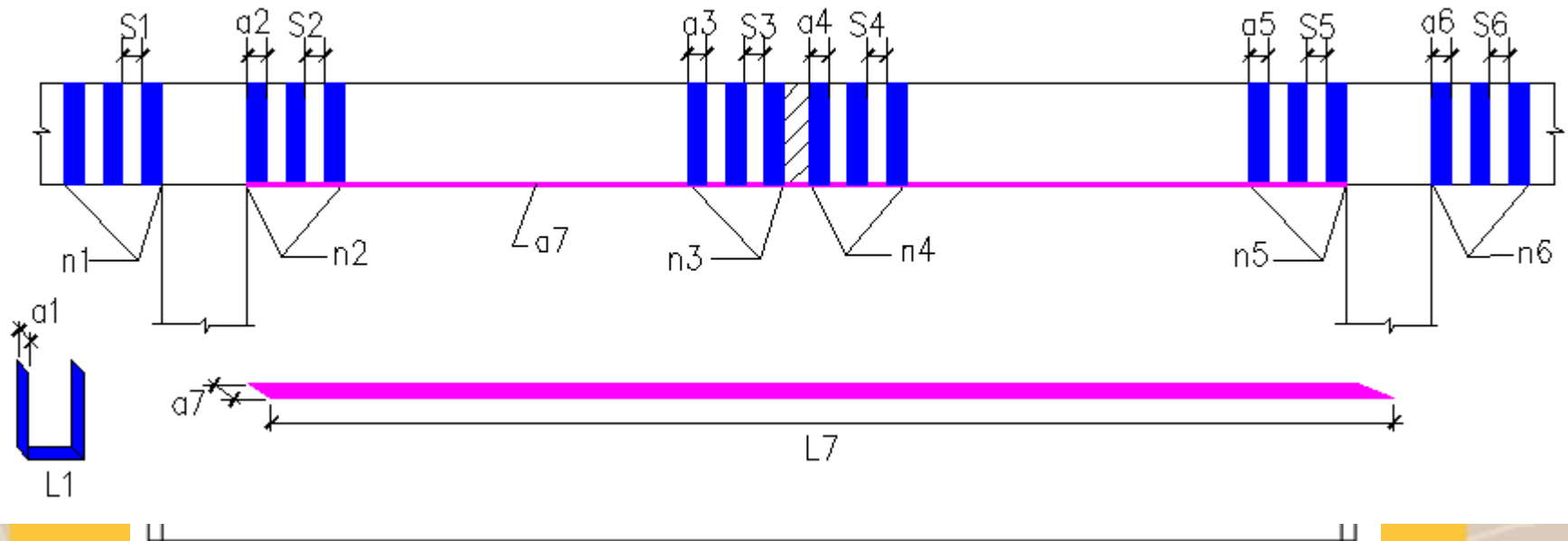


CORTANTE

Vi	Viga	Descripción	Ubicación	ds (mm)	s (cm)	n	Mds (kN.m)	k	Vcu (kN)	Vsu (kN)	$\phi_s \cdot Vu$ (kN)	Vd (kN)	n)
	1	Ext. Izquierda	Apoyo (Izquierda)	8	13	2	0.0001	1.00	408.2	406.0	-----	311.2	1.7
			Apoyo (Derecha)	8	13	2	0.0001	1.00	255.2	406.0	562.0	559.9	0
	1	Interior 1	Apoyo (Izquierda)	8	13	2	0.0001	1.00	612.4	406.0	865.6	377.7	1
			Apoyo (Derecha)	8	13	2	0.0001	1.00	255.2	406.0	562.0	705.5	4
	1	Interior 2	Apoyo (Izquierda)	8	13	2	0.0001	1.00	612.4	406.0	865.6	593.1	4
			Apoyo (Derecha)	8	13	2	0.0001	1.00	255.2	406.0	562.0	859.1	5
	1	Interior 3	Apoyo (Izquierda)	8	13	2	0.0001	1.00	612.4	406.0	865.6	355.4	1.7
			Apoyo (Derecha)	8	13	2	0.0001	1.00	255.2	406.0	562.0	813.4	9
	1	Ext. Derecha	Apoyo (Izquierda)	8	13	2	0.0001	1.00	408.2	406.0	692.1	276.1	3
			Apoyo (Derecha)	8	13	2	0.0001	1.00	255.2	406.0	562.0	675.5	6



REHABILITACIÓN



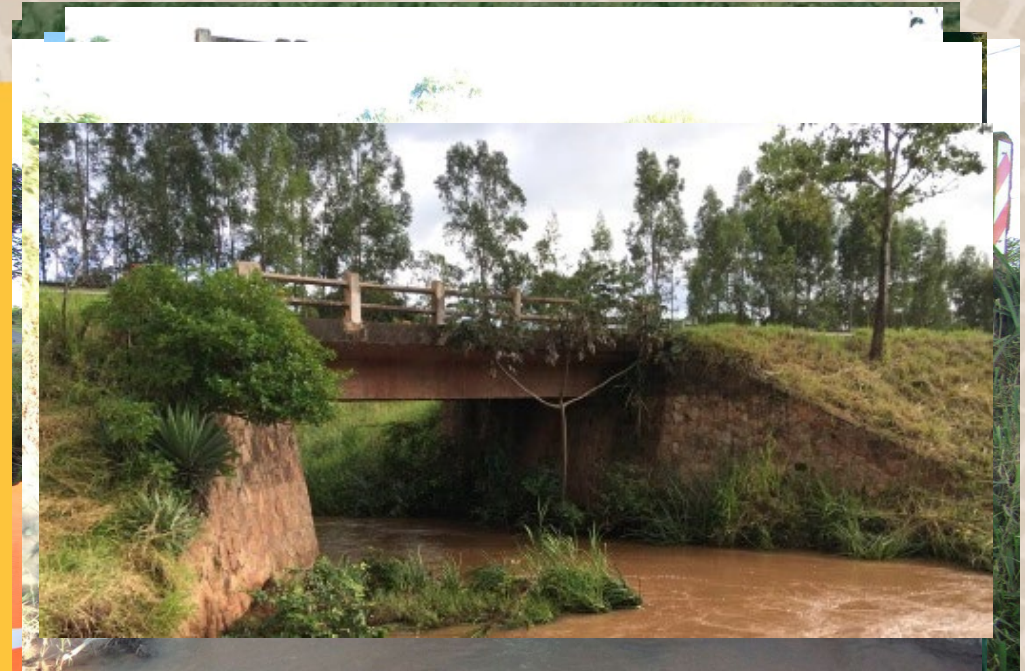


**TRABAJOS DE
REHABILITACIÓN
ESTRUCTURAL**



RUTA NACIONAL Nº 5 GRAL. BERNARDINO CABALLERO

Ubicación de los puentes



Nº	Progresiva *	Longitud (m)	Ancho (m)	Cauce	Tipo estructural
1	42+070	16	9	A° Espajín	Puente en losa de tres tramos
2	109+240	17	8	A° Yby Yau	Puente en viga
3	134+500	30	9	A° Yaguary Guazu	Puente en viga
4	145+200	10	8	A° Ñea	Puente en viga
5	155+900	10	8	A° Piky	Puente en viga
6	159+500	5	20	-----	Puente en losa con estribos de piedra
7	165+800	10	8.2	A° Guavira	Puente en viga





REPARACION DE CORROSION





REFUERZO ESTRUCTURAL

Refuerzo de losas
con Compuestos
de Fibra de
Carbono





REFUERZO ESTRUCTURAL

Refuerzo de losas
con Compuestos
de Fibra de
Carbono





REFUERZO ESTRUCTURAL

Protección con
mortero
proyectado





REFUERZO ESTRUCTURAL

Refuerzo de
vigas con
Compuesto de
Vigas de
Carbono





REFUERZO ESTRUCTURAL

Refuerzo de
vigas con Fibra
de Carbono y
Hormigón
Armado



Muchas
Gracias!!!

