INFORME EJECUTIVO – COMPONENTE ESTRUCTURAL

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCION

El presente documento, contiene los principales ajustes, modificaciones y actualización del componente estructural del proyecto "CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA" cuyos cálculos estructurales se presentan en la memoria de cálculo del proyecto: DIS-PR-047-MEMORIA-DE-CALCULO.

CARACTERISTICAS GENERALES

Los diseños estructurales mencionados cumplen con los requisitos establecidos en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP-14) y AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2012. De esta manera se garantiza una capacidad adecuada de la estructura para resistir el efecto de las cargas externas esperadas, dentro de las que se encuentran las cargas vivas, muertas, de viento y/o de sismo.

Una vez que se ha entregado los planos estructurales definitivos, así como los requerimientos de la estructura y el respectivo análisis, se puede destacar lo siguiente:

- La estructura consiste en un puente recto de una sola luz, de 30 m de longitud, 29.0 m entre ejes de apoyo, y 8.5 m de ancho total de tablero.

- La superestructura está compuesta por un tablero de concreto de espesor variable (20-30 cm) apoyado sobre tres vigas de concreto postensado de 1.70 m de altura.

- Las vigas son simplemente apoyadas sobre los estribos y están restringidas al desplazamiento longitudinal y transversal mediante topes sísmicos.

- La vinculación de las vigas longitudinales a la infraestructura se realiza mediante apoyos de neopreno reforzado.

- Las vigas postensadas se arriostran mediante diafragmas intermedios y de apoyo en concreto reforzado.

-

METODOS PARA EL DISEÑO DE PUENTES

Para el diseño del puente carretero se utilizará la Norma CPP14 y AASHTO LRFD 2012 utilizando el "Método de diseño por factores de carga y resistencia", la cual toma en cuenta los principios de seguridad y aproximaciones lógicas para asegurar la constructibilidad, seguridad, serviciabilidad, inspeccionabilidad, economía y estética. Por medio de un proceso de calibración de los factores de mayoración de carga y de los de reducción de capacidad garantiza un índice de confiabilidad y a partir de diseños de prueba simulado.

- **Consideraciones Iniciales de Diseño:**

El objetivo de los requisitos de la Norma es que sean aplicados al diseño, evaluación y rehabilitación de puentes carreteros tanto fijos como móviles. Los puentes deben ser proyectados para cumplir satisfactoriamente las condiciones impuestas para los Estados Límites previstos en el proyecto, considerando todas las combinaciones de carga que puedan ser ocasionadas durante la construcción y el uso del puente. Asimismo, deben ser proyectados teniendo en cuenta su integración con el medio ambiente y cumplir las exigencias de durabilidad y servicio requeridas de acuerdo a sus funciones, importancia y las condiciones ambientales. El propósito primario de un puente carretero es llevar con seguridad (geométrica y estructural) los volúmenes necesarios de trabajo y las cargas. Por lo general, los volúmenes de tráfico presente y futuros determinan el número y ancho de los carriles de tráfico, establecen la necesidad y el ancho de bermas y el peso mínimo del camión de diseño. Estos requerimientos son establecidos usualmente por la sección de planeación y diseño de carretera de la entidad propietaria del puente. Si los anchos de los carriles, las bermas y otras dimensiones pertinentes no son establecidos por la entidad propietaria, las normas de la CPP14 deben usarse como guía. Las

consideraciones de tráfico en puentes no están necesariamente limitadas a vehículos terrestres. En muchos casos deben ser considerados barcos y equipos de construcción. Requerimientos para el paso seguro de tráfico extraordinario sobre y bajo la estructura pueden imponer restricciones adicionales al diseño que podrían ser muy severas.

ANALISIS DE CARGAS

Se deben especificar unos requisitos para cargas y fuerzas, los límites de su aplicación, los factores de carga y las combinaciones de carga utilizadas para el diseño de puentes nuevos, asi como solicitaciones mínimas que puedan desarrollarse durante su proceso de construcción.

- **Carga muerta de elementos estructurales y no estructurales antes de fraguado del tablero (DC1)**

Estas cargas corresponden al peso propio de las vigas postensadas, los diafragmas y el tablero antes de fraguado, los cuales actúan sobre las vigas en sección simple. El peso de los elementos estructurales se tiene en cuenta en el análisis a través de las dimensiones de las secciones de los elementos de acero incluidas en el modelo (vigas principales y diafragmas). El peso del tablero se consideró mediante cargas de 0.28 Ton/m aplicadas a los elementos transversales que representan el tablero y evaluadas en función de los espesores promedio del tablero en cada tramo, del peso unitario del concreto reforzado (2.4 Ton/m3) y de la separación entre franjas de tablero (50 cm).

- **Carga muerta de elementos estructurales y no estructurales después de fraguado del concreto (DC2)**

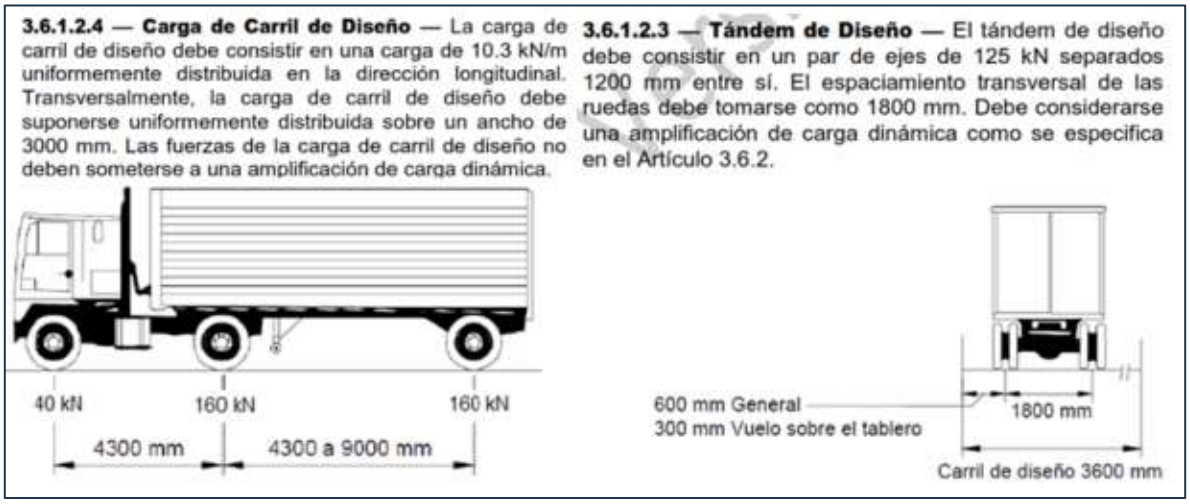
El peso del concreto de los bordillos y la placa superior de los andenes que conforman el paso peatonal del puente, se consideró mediante cargas de 0.15 Ton/m, actuando en las franjas del tablero en voladizo, evaluada a partir del área de concreto que sobresale del tablero (0.24 m2), el peso unitario del concreto (2.4 Ton/m3) y la separación de franjas (0.50 m).

- **Carga permanente por carpeta asfáltica y barandas (DW)**

La carga permanente deberá incluir el peso de accesorios e instalaciones de servicios unidas a la misma, superficie de rodamiento, futuras sobre capas y ensanchamientos previstos. La densidad de los materiales granulares dependen de su grado de compactación y del contenido de agua.

- **Carga viva más impacto (LL+IM)**

La carga viva vehicular en las calzadas del puente o en estructuras incidentales, designada como CC-14, debe consistir en una combinación de: Camión o tándem de diseño, y Carga de carril de diseño. Cada carril de diseño bajo consideración debe estar ocupado por el camión o por el tándem de diseño, coincidente con la carga de carril, donde sea aplicable, excepto como se modifica en el Artículo 3.6.1.3.1. Debe suponerse que las cargas ocupan 3.0 m transversalmente dentro del carril de diseño.



A menos que se especifique de otra manera en los Artículos 3.6.2.2 y 3.6.2.3, los efectos estáticos del camión o tándem de diseño, diferentes a fuerzas centrífugas y de frenado, deben incrementarse por el porcentaje especificado en la Tabla 3.6.2.1-1 para amplificarlos por carga dinámica.

Tabla 3.6.2.1-1 — Amplificación por Carga Dinámica, *IM*

Componente	*IM*
Juntas de Tablero-Todos los Estados Límite	75%
Todos los demás componentes:	
• Estado Límite de Fatiga y Fractura	15%
• Todos los demás Estados Límite	33%

En la definición del camión de diseño se incluye un impacto del 33%, ya sea sobre el camión de 36 Ton o el tándem de 25 Ton de peso total. No se aplica impacto a la carga uniforme de 1.03 Ton/m.

- **Carga viva peatonal (PL)**

Debe aplicarse una carga peatonal de 3.6 kN/m² a todas las aceras de más de 600 mm de ancho considerada simultáneamente con la carga vehicular de diseño en el carril para vehículos. Donde los vehículos puedan montarse en la acera, no debe considerarse la carga peatonal de la acera al mismo tiempo. Si en un futuro la acera puede quitarse, se deben aplicar las cargas vivas vehiculares a 300 mm del borde del tablero para el diseño de su proyección, y a 600 mm del borde del tablero para el diseño de los demás componentes. No se debe considerar que la carga peatonal actúe al mismo tiempo que la de vehículos. No se necesita considerar la amplificación por carga dinámica para vehículos. Los puentes exclusivos para peatones, tráfico ecuestre, vehículos livianos de mantenimiento, y/o tráfico de bicicletas deberían diseñarse de acuerdo con LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges de la AASHTO

La carga peatonal de 0.36 Ton/m2 especificada en el CCP-14 se consideró mediante cargas de 0.18 Ton/m aplicadas en las franjas del tablero en voladizo.

- **Carga de viento sobre la carga viva (WL)**

La carga de viento se debe suponer uniformemente distribuida sobre el área expuesta al viento. El área expuesta debe ser la suma de las áreas de todos los componentes, como se ven en una vista en alzada perpendicular a la dirección supuesta del viento, incluyendo el sistema de piso, las barandillas, y las barreras de sonido. Debe variarse esta dirección para determinar las fuerzas extremas en la estructura o en sus componentes. Pueden ser despreciadas en el análisis las áreas que no contribuyen al efecto extremo bajo consideración.

La carga horizontal por viento se transmite por el tablero a los diafragmas de apoyo y de estos a los topes sísmicos laterales. El efecto del viento sobre la carga viva en las vigas principales equivale al de una carga vertical adicional de 0.15 Ton/m, que puede actuar sobre cualquier viga.

- **Carga viva para evaluar deflexiones**

La carga viva para evaluar deflexiones se adoptó de acuerdo a lo establecido en CCP- 14, incluyendo un impacto del 33% sobre el camión.

- **Carga viva para evaluar fatigas**

La carga de fatiga debe ser un camión de diseño o sus ejes especificados en el Artículo 3.6.1.2.2, pero con un espaciamiento constante de 9000 mm entre los ejes de 160 kN. La amplificación por carga dinámica especificada en el Artículo 3.6.2

se debe aplicar a la carga de fatiga. Para el diseño de tableros ortotrópicos y pavimentos sobre tableros ortotrópicos, se debe usar el patrón de carga que se muestra en la Figura 3.6.1.4.1-1.

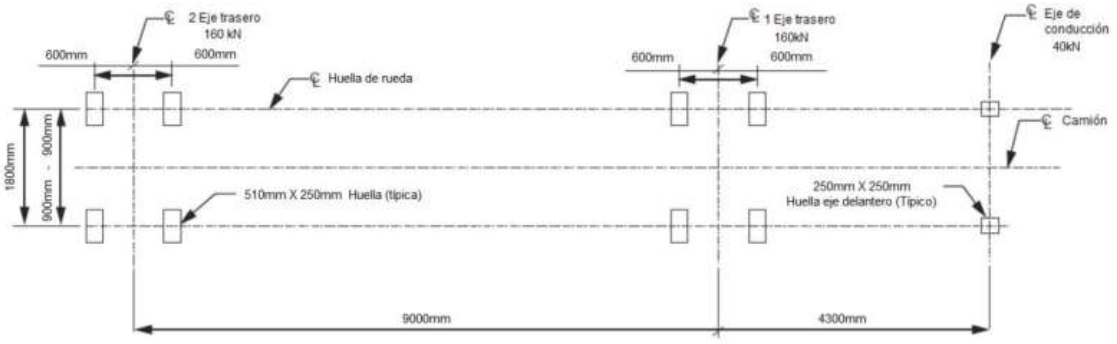


Figura 3.6.1.4.1-1 — Huella Refinada del Camión de Diseño para Diseño por Fatiga

La carga viva para verificar fatiga se adoptó de acuerdo a lo establecido en CCP-14, incluyendo un impacto del 15% sobre el camión.

- **Empuje del suelo EH**

Se asumirá que el empuje lateral del suelo es linealmente proporcional a la altura de suelo, y se deberá tomar como:

$$P = K \gamma_S Z$$

De la ecuación anterior k es el coeficiente de empuje lateral tomado como ko, especificado en el Artículo 3.11.5.2, para muros que no se deforman ni mueven, ka, especificado en los Artículos 3.11.5.3, 3.11.5.6 y 3.11.5.7, para muros que se deforman o mueven lo suficiente para alcanzar la condición mínima activa, o kp, especificado en el Artículo 3.11.5.4, para muros que se deforman o mueven lo suficiente para alcanzar una condición pasiva.

COMBINACIONES DE CARGA Y FACTORES DE CARGA

La siguiente ecuación constituye la base de la metodología del Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD). (A2012 Ec.1.3.2.1- 1)

$$\sum \eta i \gamma i Qi \leq \phi Rn = Rr$$

Los componentes y conexiones de un puente deberán satisfacer la siguiente ecuación para las combinaciones aplicables de solicitaciones extremas mayoradas según se especifica para cada uno de los Estados Límites descritos en el A2012

Artículo 3.4.1.

Para el cálculo del factor de modificación de las cargas (ηi), se toman en cuenta los factores relacionados con la ductilidad, redundancia e importancia operativa. (A2012 Ec. 1.3.2.1-2)

$$\boldsymbol{\eta i = \eta D \eta R \eta I \geq 0.95}$$

$\boldsymbol{\gamma i}$ = Factor de carga: multiplicador de base estadística aplicado a los efectos de las fuerzas

$\boldsymbol{\phi}$ = Factor de resistencia: multiplicador de base estadística aplicado a la resistencia nominal, como se especifica en las secciones 5, 6, 7, 8, 10, 11 y 12

$\boldsymbol{\eta i}$ = Modificador de carga: un factor relacionado con la ductilidad, redundancia y clasificación operacional

$\boldsymbol{\eta D}$ = Un factor relacionado con la ductilidad, como se especifica en el Artículo 1.3.3

$\boldsymbol{\eta R}$ = Un factor relacionado con la redundancia, como se especifica en el Artículo 1.3.4

$\boldsymbol{\eta I}$ = Un factor relacionado con la clasificación operacional, como se especifica en el Artículo 1.3.5

$\mathbf{Q}\boldsymbol{i}$ = Efectos de las fuerzas

$\boldsymbol{Rn}$ = Resistencia nominal

$\boldsymbol{Rr}$ = Resistencia Factorada: $\boldsymbol{\phi R}$n

- Resistencia I — Combinación básica de cargas relacionada con el uso vehicular normal del puente sin viento.

- Resistencia II — Combinación de cargas relacionada con el uso del puente con vehículos especiales de diseño especificados por el Propietario, con vehículos de evaluación con permiso, o ambos, sin viento.

- Resistencia III — Combinación de carga relacionada con la exposición del puente a vientos con velocidades en exceso de 90 km/h.

- Resistencia IV — Combinación de carga relacionada con los efectos de relaciones muy altas de carga muerta sobre carga viva.

- Resistencia V — Combinación de carga relacionada con el uso vehicular normal del puente con vientos de 90 km/h de velocidad.

- Evento Extremo I — Combinación de carga que incluye sismo. El factor de carga para carga viva γEQ, debe determinarse para cada proyecto específico.

- Evento Extremo II — Combinación de cargas de, colisión de embarcaciones y vehículos, inundaciones de verificación, y ciertos eventos hidráulicos con una carga viva reducida diferente a aquella que hace parte de la carga de colisión vehicular,CT . Los casos de inundaciones de verificación no deben combinarse con BL ,CV , CT o IC .

- Servicio I — Combinación de carga relacionada con la operación normal de uso del puente con un viento de 90 km/h y con todas las cargas tomadas en sus valores nominales. También relacionada con control de deflexiones en estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles, y tubería termoplástica, para control del ancho de fisura en estructuras de concreto reforzado, y para análisis transversal relacionado con tracción en vigas de concreto por segmentos. Esta combinación de carga también debe utilizarse para la investigación de la estabilidad de taludes.

- Servicio II — Combinación de carga para controlar fluencia de estructuras de acero y deslizamiento de conexiones a deslizamiento critico debido a carga viva vehicular.

- Servicio III — Combinación de carga para análisis longitudinal relacionado con tracción en superestructuras de concreto preesforzado con el objetivo de control de fisuras y de la tracción principal en las almas de vigas de concreto por segmentos.

- Servicio IV — Combinación de carga relacionada solamente con tracción en columnas de concreto preesforzado con el objetivo de control de fisuras.

- Fatiga I — Combinación de carga para fatiga y fractura relacionada con vida útil de fatiga inducida por carga infinita.

- Fatiga II — Combinación de fatiga y fractura relacionada con vida útil inducida por carga finita.

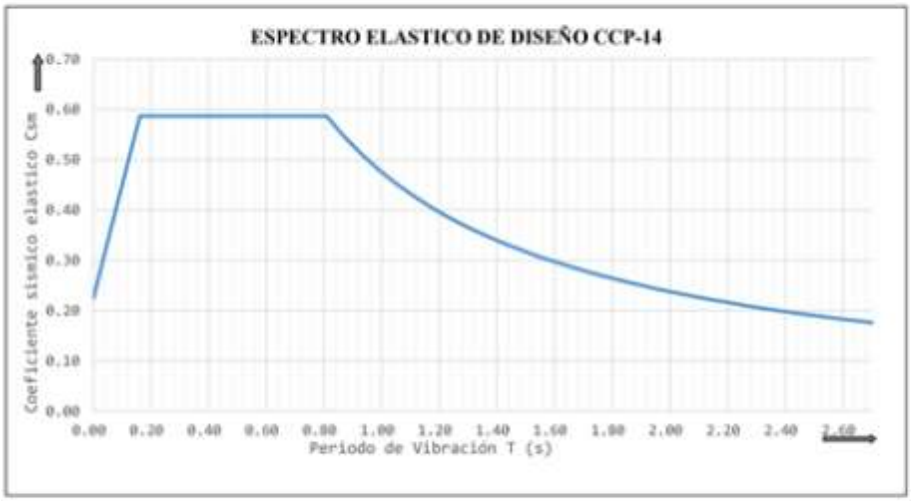
Estado Límite de la Combinación de carga	*DC* *DD* *DW* *EH* *EV* *ES* *EL* *PS* *CR* *SH*	*LL* *IM* *CE* *BR* *PL* *LS*	*WA*	*WS*	*WL*	*FR*	*TU*	*TG*	*SE*	Use uno de estos a la vez				
										EQ	*BL*	*IC*	*CT*	*CV*
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.400	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.400	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.300	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.700	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo *LL* , *IM* & *CE*	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga I II- Sólo *LL* , *IM* & *CE*	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC : Componentes y Accesorios		1.25	0.90
DC : Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
DD : Fricción negativa	Pilas, Método α Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, Método λ	1.05	0.30
	Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.25	0.35
DW : Superficie de rodadura e instalaciones		1.50	0.65
EH : Presión horizontal de suelo			
• Activa		1.50	0.90
• En reposo		1.35	0.90
• *AEP* para muros anclados		1.35	N/A
EL : Tensiones residuales de Construcción		1.00	1.00
EV : Presión vertical de suelo			
• Estabilidad general		1.00	N/A
• Muros de Contención y Estribos		1.35	1.00
• Estructuras Rígidas Enterradas		1.30	0.90
• Marcos Rígidos		1.35	0.90
• Estructuras Flexibles Enterradas			
o Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugas Profundas		1.5	0.9
o Alcantarillas Termoplásticas		1.3	0.9
o Todas las demás		1.95	0.9
ES : Sobrecarga de suelo		1.50	0.75

CARACTERISTICAS DE CARGA DINAMICA (SISMO)

ESPECTRO DE DISEÑO

IDENTIFICACION DE ZONA DE AMENAZA	
Departamento	Córdoba
Municipio	Tierralta
Región **PGA**	3
Aceleracion pico horizontal del terreno **PGA**	0.15
Región **Ss**	4
Coef. de A. Espectral Horizontal periodo de vibración de 0.2 **Ss**	0.40
Región **S1**	5
Coef. de A. Espectral Horizontal periodo de vibración de 1.0 **S1**	0.25
PARAMETROS DE SITIO	
Tipo de perfil de suelo	D
Factor de sitio **Fpga**	1.50
Factor de sitio **Fv**	1.90
Factor de sitio **Fa**	1.47
Coeficiente de aceleracion de respuesta **SDs**	0.59
Coeficiente de aceleracion de respuesta **SD1**	0.48
Coeficiente de aceleración pico del suelo **As**	0.23
Periodo de vibración **T0**	0.16
Periodo de vibración **Ts**	0.81
ZONA DE DESEMPEÑO SISMICO	
Zona de desempeño sismico	3



T (s)	Csm (g)	
0.0000	0.2250	
0.0810	0.4059	
0.1619	0.5866	T0=
0.1810	0.5867	
0.2001	0.5867	
0.2000	0.5867	0.2
0.2305	0.5867	
0.2610	0.5867	
0.2915	0.5867	
0.3220	0.5867	
0.3525	0.5867	
0.3830	0.5867	
0.4135	0.5867	
0.4440	0.5867	
0.4745	0.5867	
0.5050	0.5867	
0.5355	0.5867	
0.5660	0.5867	
0.8097	0.5866	Ts=
0.8707	0.5455	
0.9317	0.5098	
0.9927	0.4785	
1.0537	0.4508	
1.1147	0.4261	
1.1757	0.4040	
1.2367	0.3841	
1.2977	0.3660	
1.3587	0.3496	
1.4197	0.3346	
1.4807	0.3208	
1.5417	0.3081	
1.6027	0.2964	
1.6637	0.2855	
1.7247	0.2754	
1.7857	0.2660	
1.8467	0.2572	
1.9077	0.2490	
1.9687	0.2413	
2.0297	0.2340	
2.0907	0.2272	
2.1517	0.2208	
2.2127	0.2147	
2.2737	0.2089	
2.3347	0.2035	
2.3957	0.1983	
2.4567	0.1933	
2.5177	0.1887	
2.5787	0.1842	
2.6397	0.1799	
2.7007	0.1759	
2.7617	0.1720	
2.8227	0.1683	
2.8837	0.1647	
2.9447	0.1613	

LONGITUD MINIMA DEL APOYO

$$N = (200 + 0.0017L + 0.0067H)\left(1 + 0.000125S^2\right) \quad (4.7.4.4\text{-}1)$$

Longitud del tablero del puente **L**	30000.00	mm
Altura del estribo o pila de apoyo **H**	7330.00	mm
Esviaje del puente **S**	0.00	°
Longitud minima del apoyo **N**	366.11	mm
Porcentaje de N según la zona sismica	150%	
Longitud minima del apoyo final **N**	450.17	mm

Calle 13 # 12 – 53 Of. 201 – Sahagún – Córdoba
Tel: (4) 758 7675 | Cel: 314 321 1157 | E-mail: contact@beltrangroup.net

CONCLUSIONES

Como resultado de la metodología que implementamos en el diseño de puente hemos concluido que es un método bastante factible para el diseño de puentes en Colombia dado que por medio de él no se sobre diseña y es aproximado a la realidad como se ha demostrado anteriormente. El Puente diseñado LA SEVERINERA tiene la ventaja inherente de un nivel más uniforme de seguridad, resultando un ciclo de vida de bajo costo, La NORMA CCP14 permite el uso de métodos avanzados de diseño y análisis. Este enfoque que se utilizó arroja resultados que consideramos convenientes, ya que la lógica dicta que el comportamiento de las secciones a momento, corte, compresión axial, condiciones de servicio es aproximado a la realidad y cumple con las necesidades de seguridad.

A continuación, se lista el resumen general de modificaciones, ajustes y actualizaciones realizados en la nueva versión del documento

ANEXOS

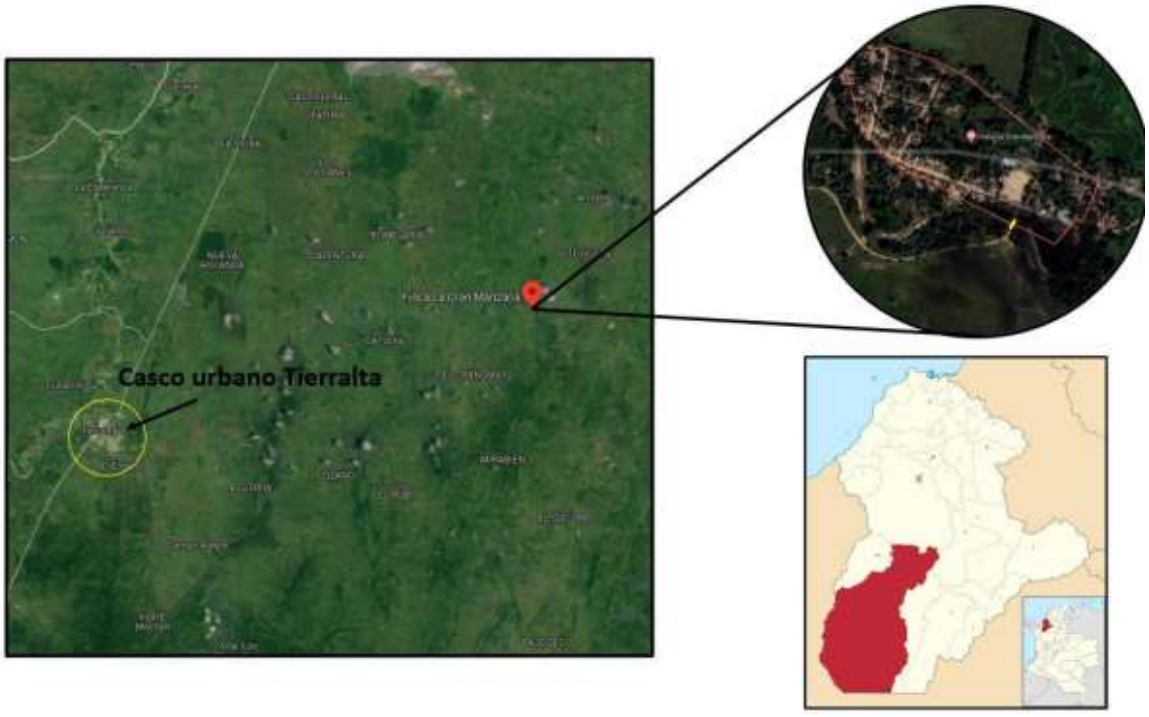


Ilustración 1. Ubicación del proyecto

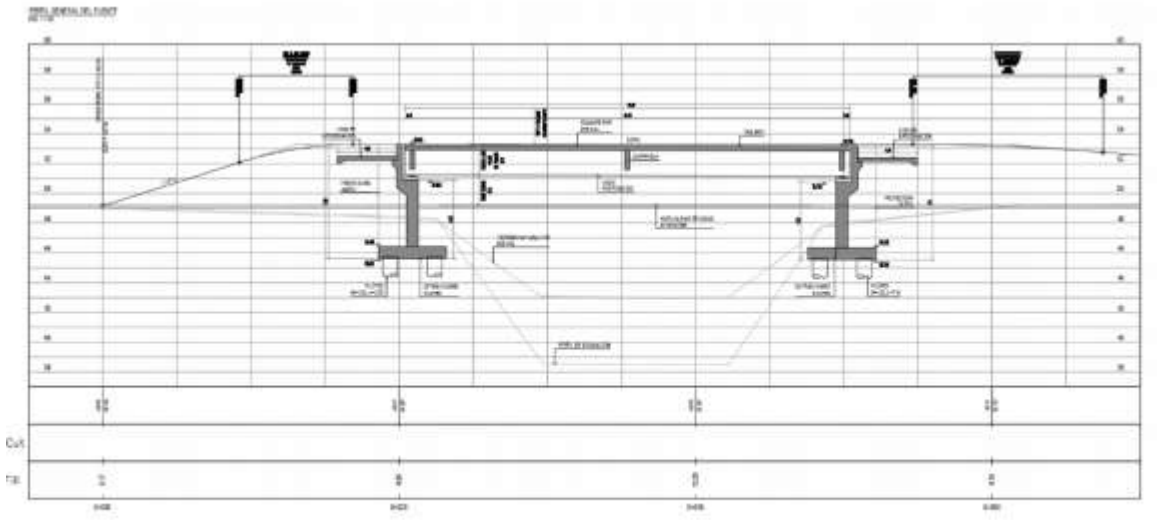


Ilustración 2. Perfil general del puente

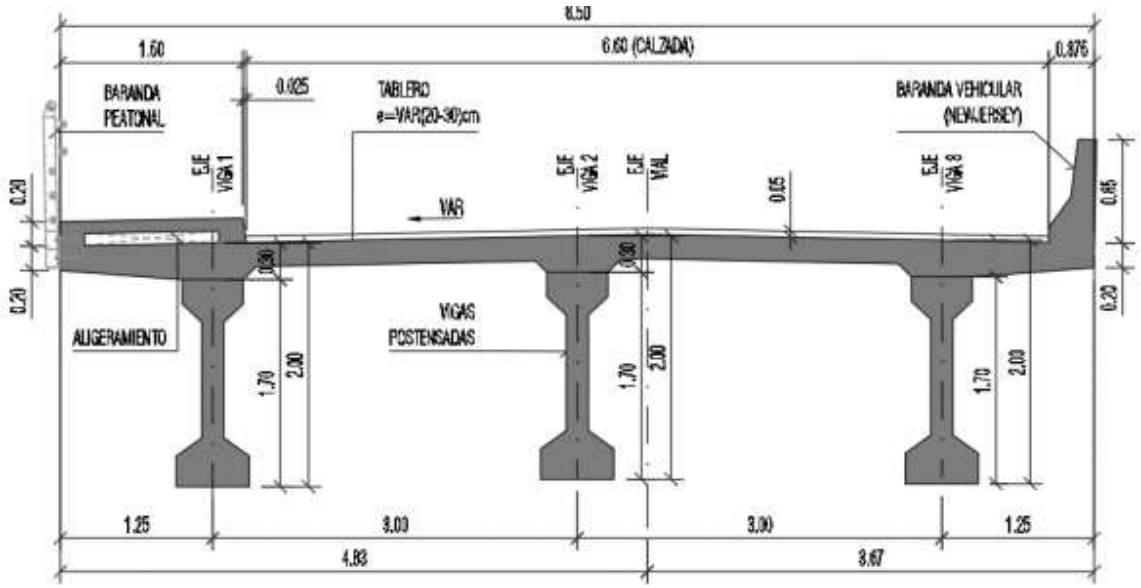


Ilustración 3. Sección transversal superestructura

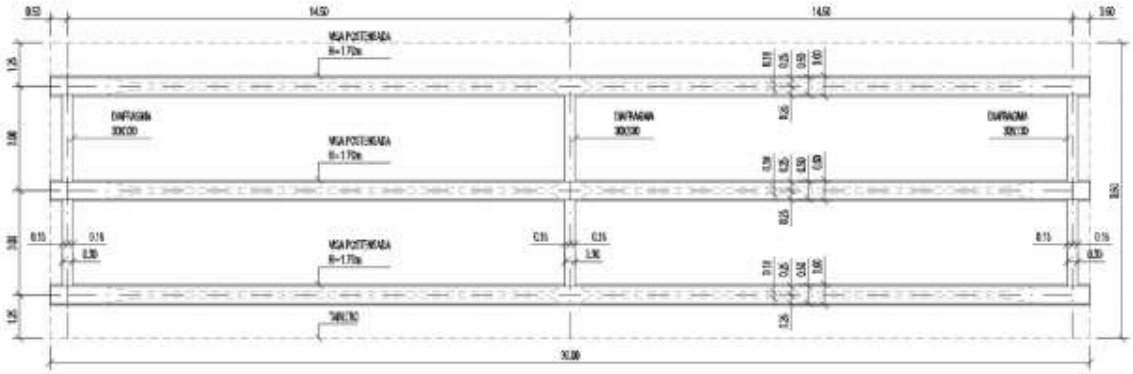


Ilustración 4. Planta de vigas postensadas

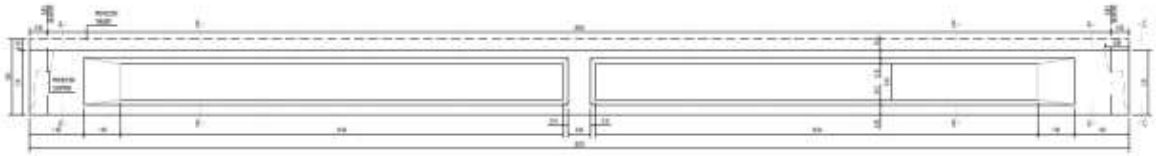


Ilustración 5. Perfil de viga postensada tipo

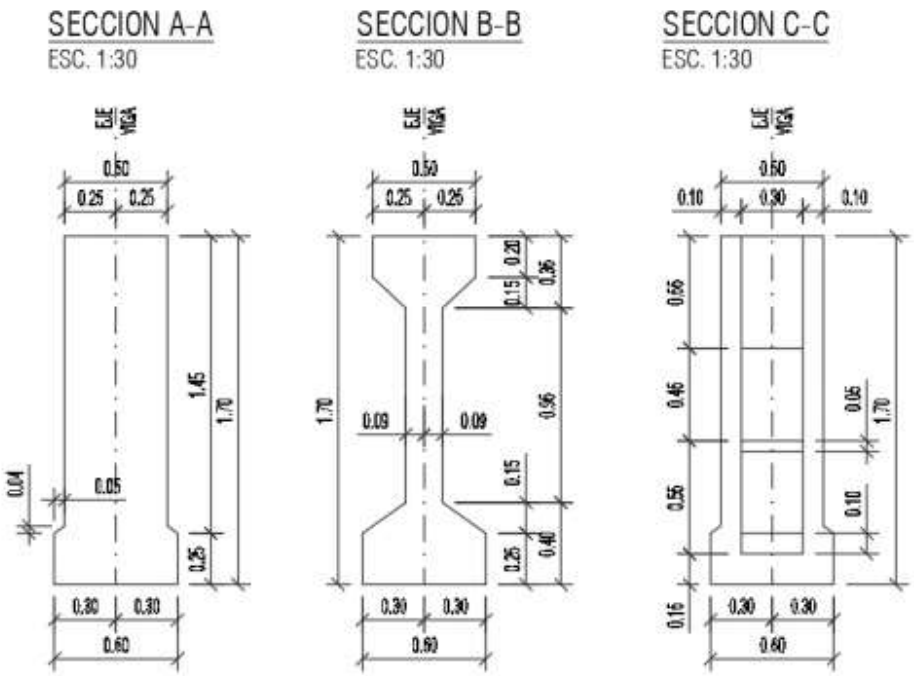


Ilustración 6. Secciones transversales de viga postensada tipo