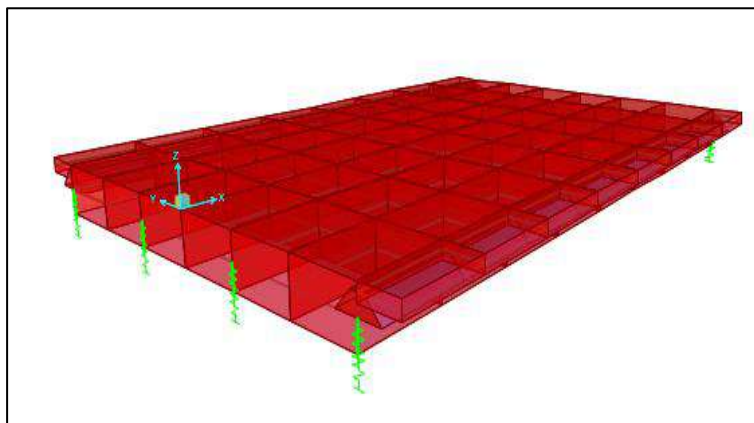


# MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

## DEL PUENTE TIPO LOSA

PROYECTO: "RECONSTRUCCION AV. PRIMAVERA Y PUENTE  
DE CERRO AZUL – CP CASA BLANCA, DISTRITO DE CERRO  
AZUL, PROVINCIA DE CAÑETE - LIMA"

*DEPARTAMENTO:* LIMA  
*PROVINCIA:* CAÑETE  
*DISTRITO:* CERRO AZUL  
*LOCALIDAD:* AV. PRIMAVERA



**JUNIO – 2019**



# **CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL PUENTE TIPO LOSA DE 8M DE LA AV. PRIMAVERA**

## **1. INTRODUCCION**

La finalidad consiste en dar justificación a la estructuración de un pontón tipo Losa a base de Concreto Armado para una luz de 8m, para la Av. Primavera y el CP Casa Blanca para el proyecto: **“RECONSTRUCCION AV. PRIMAVERA Y PUENTE DE CERRO AZUL – CP CASA BLANCA, DISTRITO DE CERRO AZUL, PROVINCIA DE CAÑETE - LIMA”**

En esta memoria de cálculo se presentan los procedimientos que se utilizaron en el diseño estructural del puente, con ayuda del programa de análisis y diseño CSI Bridge.

## **2. NORMAS EMPLEADAS**

Se sigue las disposiciones de los Reglamentos y Normas Nacionales e Internacionales descritos a continuación.

- Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú) – Normas Técnicas de Edificación (N.T.E.):
  - NTE E.060 “CONCRETO ARMADO”
  - NTE E.050 “SUELOS Y CIMENTACIONES”
- DISEÑO DE PUENTES SEGÚN AASHTO LRFD
- MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES – Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Se entiende que todos los Reglamentos y Normas están en vigencia y/o son de la última edición.



### 3. ESPECIFICACIONES – MATERIALES EMPLEADOS

#### 3.1. CONCRETO

- Resistencia ( $f'c$ ): 280 Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de Elasticidad (E) : 252671.328 Kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 280$  Kg/cm<sup>2</sup>)
- Módulo de Poisson (u) : 0.20
- Peso Específico ( $\gamma_c$ ) : 2500 Kg/m<sup>3</sup> (concreto armado)

Property	Value
Material Name and Display Color	f'c=280kg/cm2
Material Type	Concrete
Weight per Unit Volume	2.500E-03
Mass per Unit Volume	2.549E-06
Units	Kgf, cm, C
Modulus of Elasticity, E	252671.33
Poisson	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	9.990E-06
Shear Modulus, G	105278.72
Specified Concrete Compressive Strength, f'c	280

Figura Nro. 01: Definición del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

#### 3.2. ACERO CORRUGADO (ASTM A605)

- Resistencia a la fluencia ( $f_y$ ) : 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> (Ge 60)
- E: 2'100,000 Kg/cm<sup>2</sup>

Property	Value
Material Name and Display Color	fy=4200kg/cm2
Material Type	Rebar
Weight per Unit Volume	7.849E-03
Mass per Unit Volume	8.004E-06
Units	Kgf, cm, C
Modulus of Elasticity, E	2038901.9
Poisson	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	784193
Minimum Yield Stress, Fy	4200

Figura Nro. 02: Definición del Acero  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>

### 4. PREDIMENSIONAMIENTO



Peralte de la losa:

$$h=1.20(L+3.05)/30$$

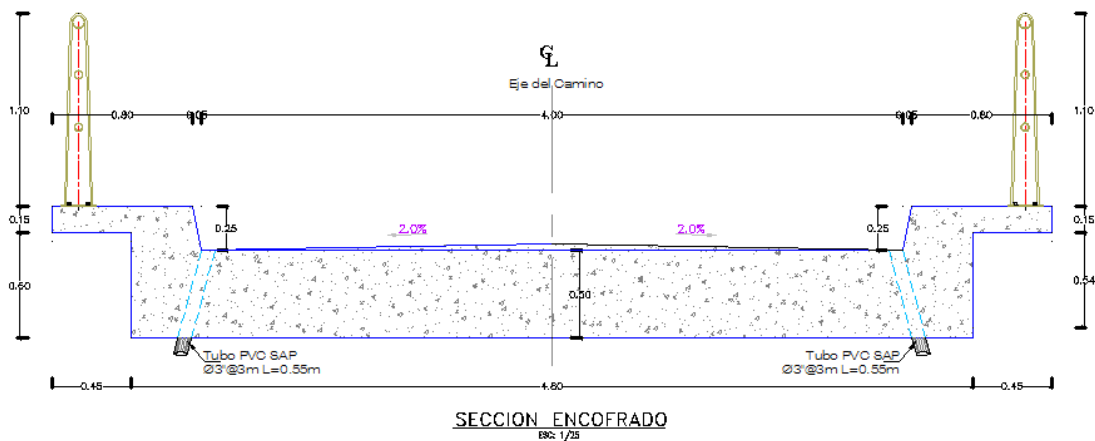
$$h=1.20(8+3.05)/30$$

$$h=0.442, \text{ usar } h = 0.50\text{m}$$

## 5. CARACTERÍSTICAS DEL PONTÓN

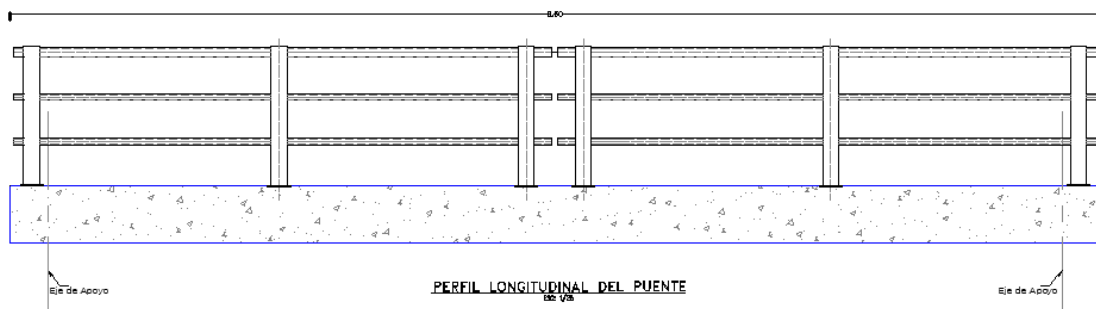
El puente a construir será en una carretera rural para unir dos comunidades en el interior. La concepción del pontón consiste en un tipo losa apoyada en sus extremos para su análisis y diseño.

El pontón consta de una capa de rodadura de 8 metros de ancho de la cual tendrá 2 carriles, cada carril tendrá 4 metros, un ancho de 1.6 metros destinados para acera (aceras laterales de 0.80 metros cada una). La sección en total tendrá 8.6 metros de ancho.



**Figura Nro. 03:** Sección Transversal

En perfil, el puente tendrá 1 vano de longitud total de 8.60 metros, apoyados en los extremos en estribos.



**Figura Nro. 04:** Sección Longitudinal



En el programa CSI Bridge:

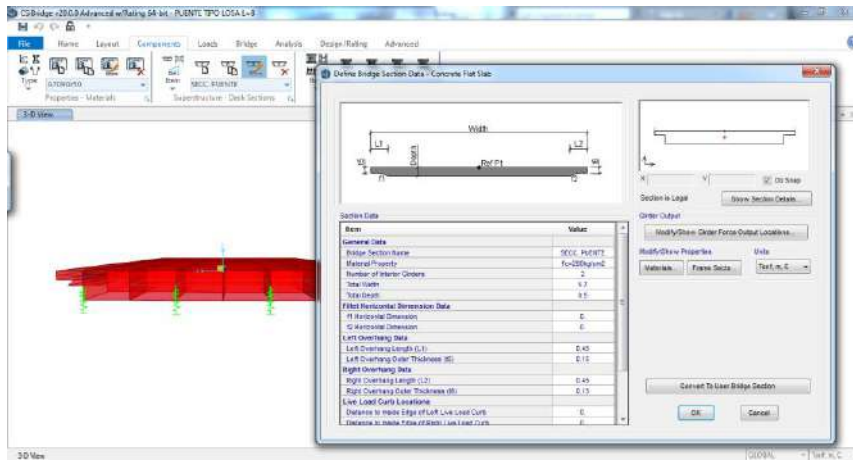


Figura Nro. 05: Definición de la Sección Transversal

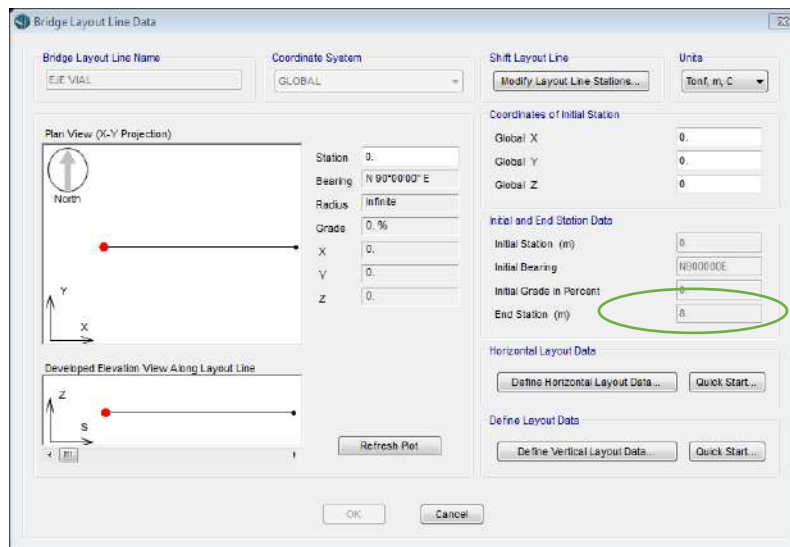


Figura Nro. 06: Definición de la Luz del Pontón

## 6. CUANTIFICACIÓN DE CARGAS SOBRE EL PONTÓN

### 6.1. CARGA MUERTA

Conformadas por todos los elementos estructurales de la estructura. Se calcula multiplicando el peso específico del material por su espesor o longitud, dependiendo del tipo de carga. Las densidades de los elementos fueron tomadas de la AASHTO-LRFD:

Tabla Nro. 01: Densidades

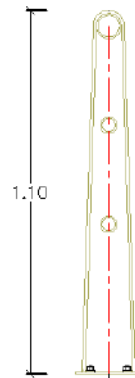


Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	
Aleaciones de aluminio	2800	
Superficies de rodamiento bituminosas	2250	
Hierro fundido	7200	
Escoria	960	
Arena, limo o arcilla compactados	1925	
Hormigón	Agregados de baja densidad	1775
	Agregados de baja densidad y arena	1925
	Densidad normal con $f'_c \leq 35$ MPa	2320
	Densidad normal con $35 < f'_c \leq 105$ MPa	$2240 + 2,29 f'_c$
Arena, limo o grava sueltos	1600	
Arcilla blanda	1600	
Grava, macadán o balasto compactado a rodillo	2250	
Acero	7850	
Sillería	2725	
Madera	Dura	960
	Blanda	800
Agua	Dulce	1000
	Salada	1025
Elemento	Masa por unidad de longitud (Kg/mm)	
Rieles para tránsito, durmientes y fijadores por vía	0,30	

Fuente: LRFD AASHTO para el diseño de puentes

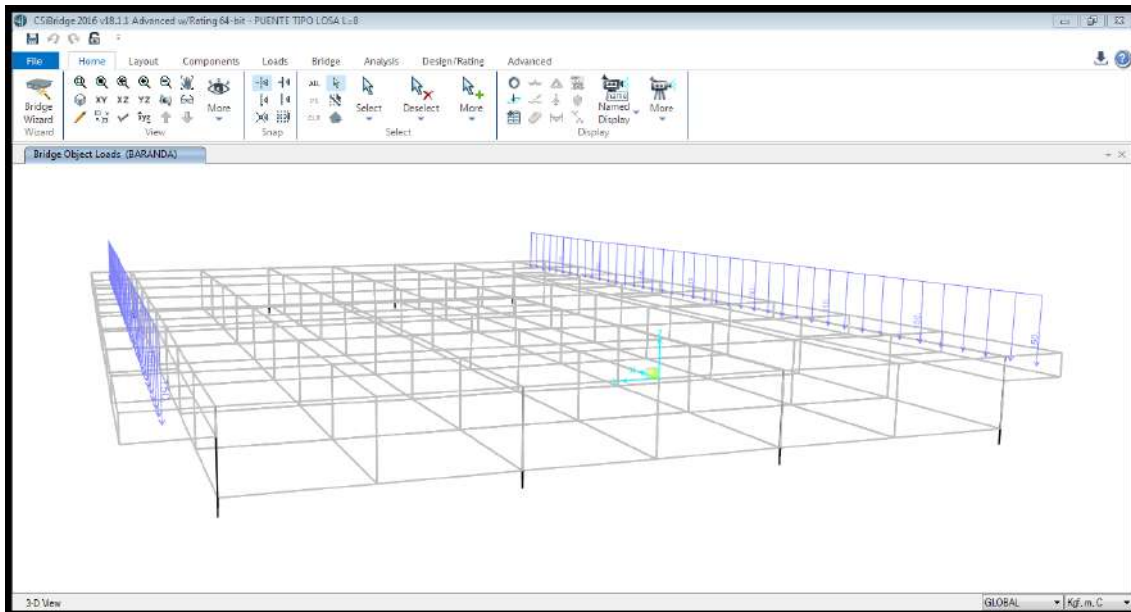
### 6.1.1. BARANDA

Formada por una baranda metálica, tenemos:



$$Q_{\text{baranda}} = 150 \text{ kg/m}$$

**Figura Nro. 07:** Baranda metálica

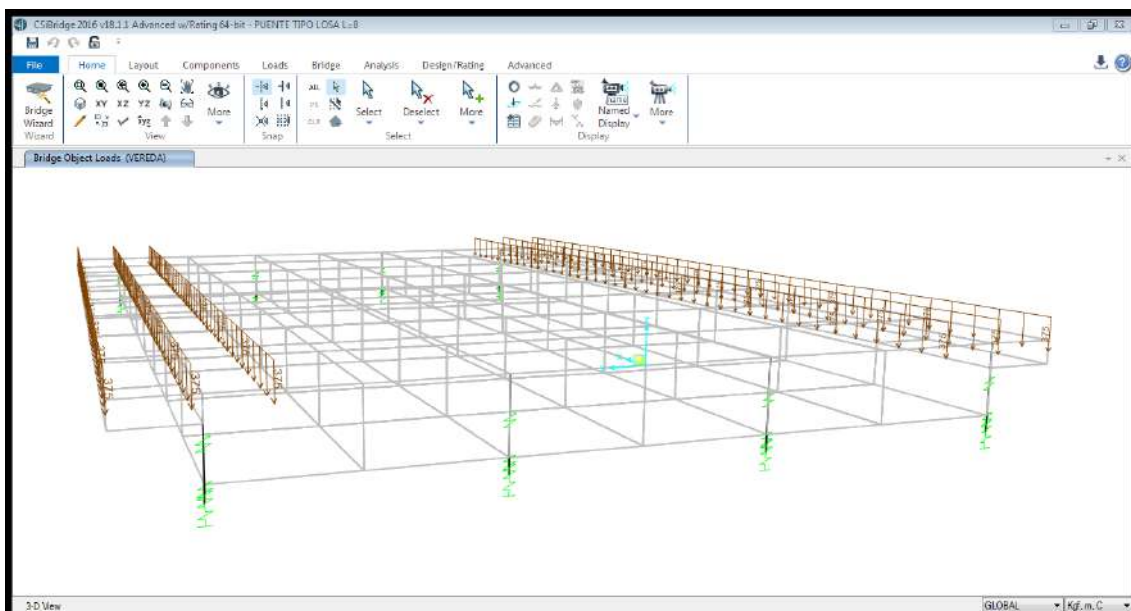


**Figura Nro. 08:** Asignación de la Carga de Baranda

### 6.1.2. VEREDA

Con un espesor de 15cm.

$$Q_{\text{vereda}} = 2500 * 0.15 = 375 \text{kg/m}^2$$



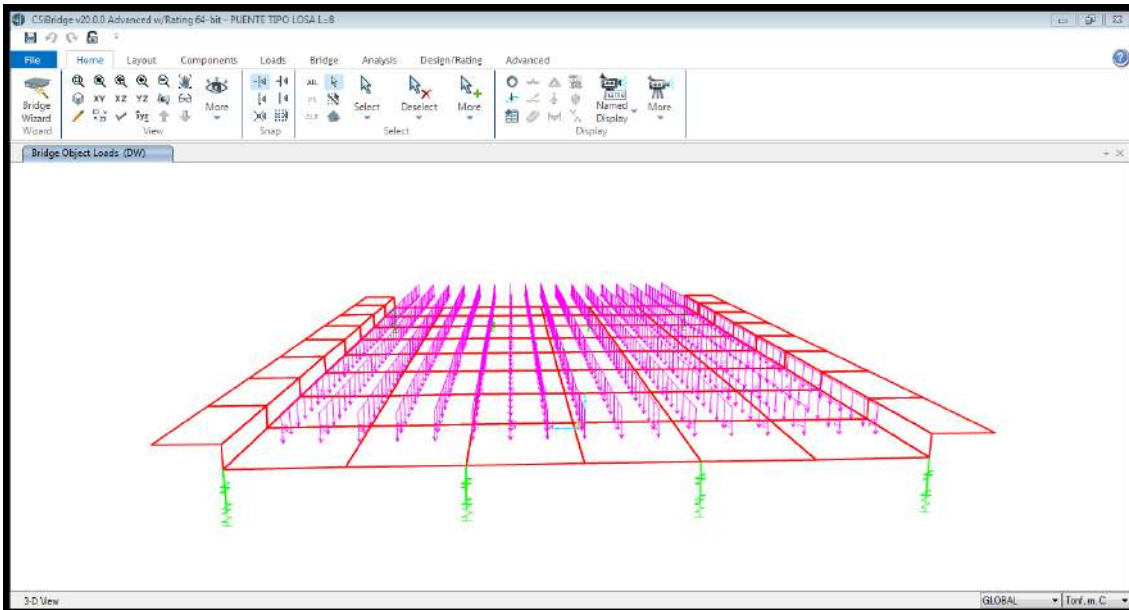
**Figura Nro. 09:** Asignación de la Carga de Vereda

### 6.1.3. CAPA DE RODADURA

Con un espesor de 3cm.



$$Q_{rodadura} = 2500 * 0.03 = 75 \text{ kg/m}^2$$



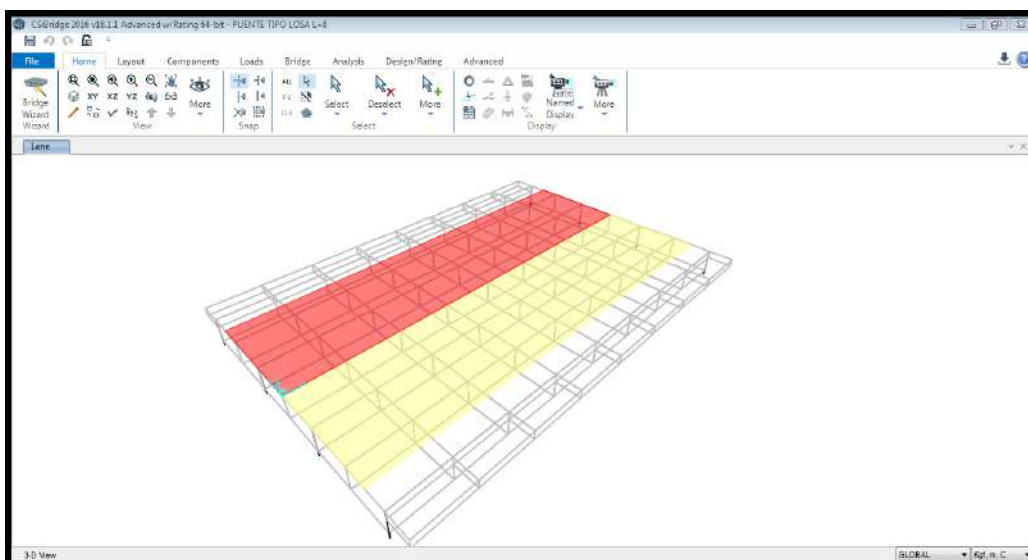
**Figura Nro. 10:** Asignación de la Carga de Vereda

## 6.2. CARGAS VIVAS

Esta carga viva se obtiene de las Especificaciones para el Diseño de Puentes AASHTO LRFD (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications):

### 6.2.1. NÚMERO DE LÍNEAS DE DISEÑO

Por tratarse de un pontón rural se utilizarán 2 líneas de diseño de 2.00 metros de ancho.



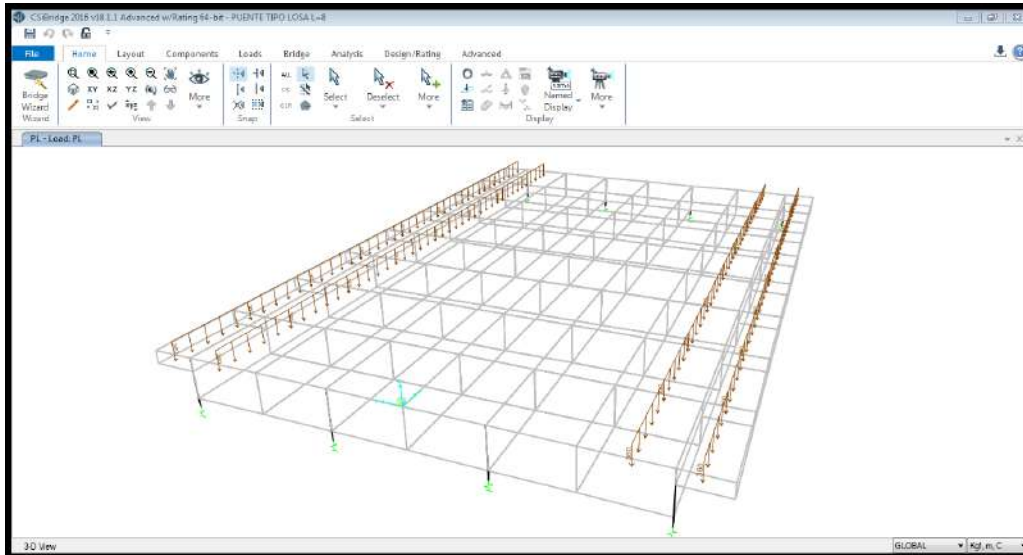
**Figura Nro. 11:** Líneas de Diseño





### 6.2.2. PEATONAL

$$Q_{\text{peatonal}} = 360 \text{ kg/m}^2$$

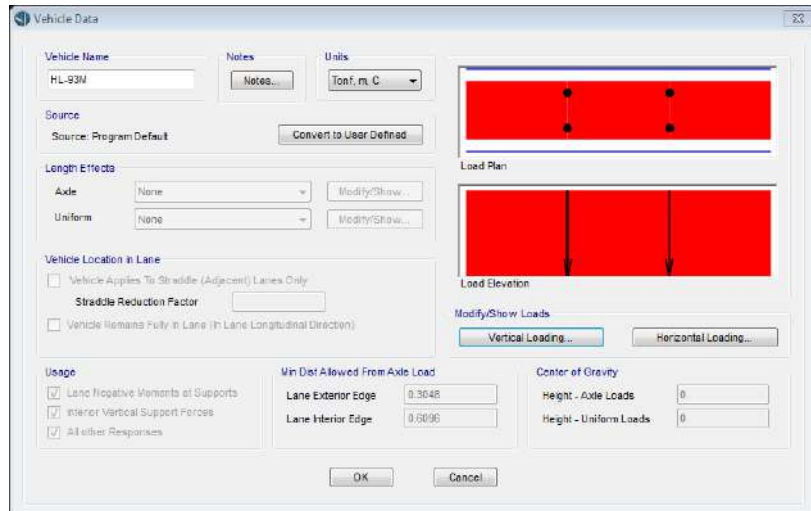


**Figura Nro. 12:** Asignación de Carga Peatonal

### 6.2.3. VEHÍCULO DE DISEÑO

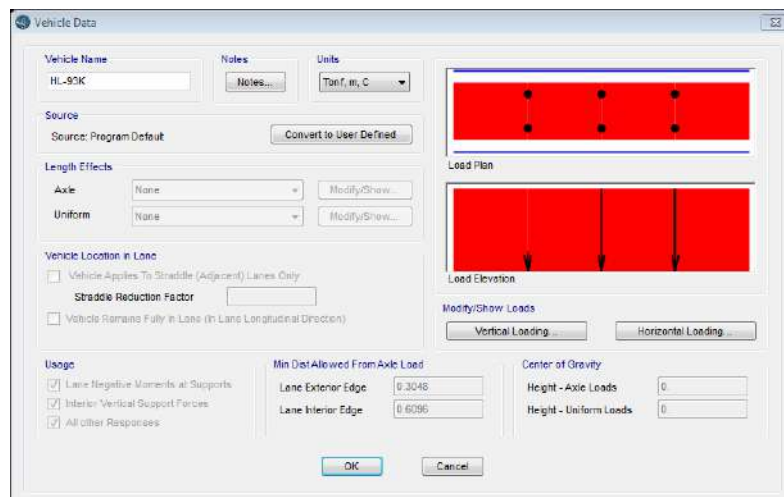
Los vehículos de diseño se definieron de acuerdo a las especificaciones del AASHTO LRFD.

- a. El efecto del tándem diseño combinado con el efecto de la línea de carga consiste en dos ejes de 11,000 kg espaciados a 1.20m (tándem) y una carga uniforme de 970 kg/m distribuida sobre los tramos del Pontón (línea de diseño). Esta combinación está identificada por el Vehículo HL-93M.



**Figura Nro. 13:** Tándem de diseño

- b. El efecto de un camión de diseño con espaciamiento variable entre ejes, combinado con el efecto de la línea de diseño es identificada por el vehículo HL-93K.



**Figura Nro. 14:** Camión de diseño

De acuerdo a lo indicado se ha cargado el modelo con los 2 tipos de vehículos (camiones de diseño) HL-93M y HL-93K.

Cuando los vehículos pasan a su velocidad de diseño producen vibraciones sobre la estructura y dicha vibración amplifica la carga estática de los vehículos. Para considerar el efecto se utilizarán factores de amplificación de carga dinámica, como lo indica las Especificaciones de la AASHTO-LRFD:



**Tabla Nro. 02:** Incremento por Carga Dinámica, IM

Componente	IM
Juntas del tablero - Todos los Estados Límites	75%
Todos los demás componentes	
• Estado Límite de fatiga y fractura	15%
• Todos los demás Estados Límites	33%

Fuente: LRFD AASHTO para el diseño de puentes

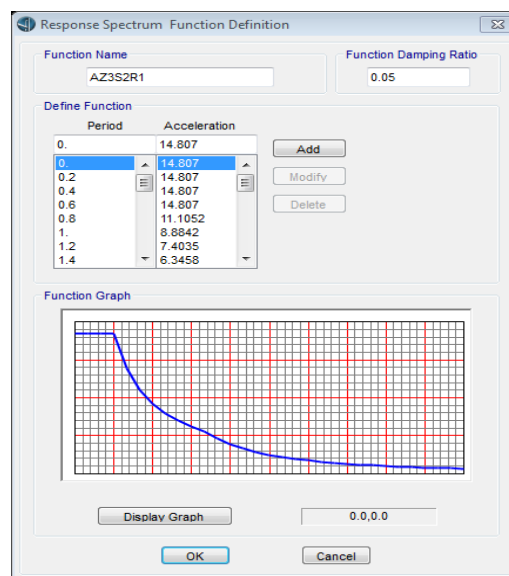
Para nuestro caso, el incremento por Carga Dinámica es de un 33%.

### 7. CUANTIFICACIÓN DE CARGAS SÍSMICAS

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas, se escogió un espectro generado por la Norma E030-2006.

**Cuadro Nro. 01:** Parámetros sísmicos

Zonificación, Condición Local y Uso:			
Zona=	4	Factor de zona (San Luis - Zona 4)	
Perfil de Suelo=	2	Suelos Intermedios	
Categoría=	C	Edificaciones Comunes	
Z=	0.45		
U=	1.00		
S=	1.05		
Tp=	0.60		
Tl=	2.00		
Ia=	1.00	Irregularidad en altura	
Ip=	1.00	Irregularidad en Planta	
Coeficiente de Reducción:			
X-X:	Ro=	1.50	Espectro Elastico
	R=	1.50	
Y-Y:	Ro=	8.00	Espectro Elastico
	R=	8.00	



**Figura Nro. 15:** Espectro de Respuesta



### 8. COMBINACION DE CARGAS

Las combinaciones de cargas seleccionadas para el análisis y diseño del Pontón, como indica el capítulo 3.4.1 del AASHTO-LRFD, con esta sección fueron:

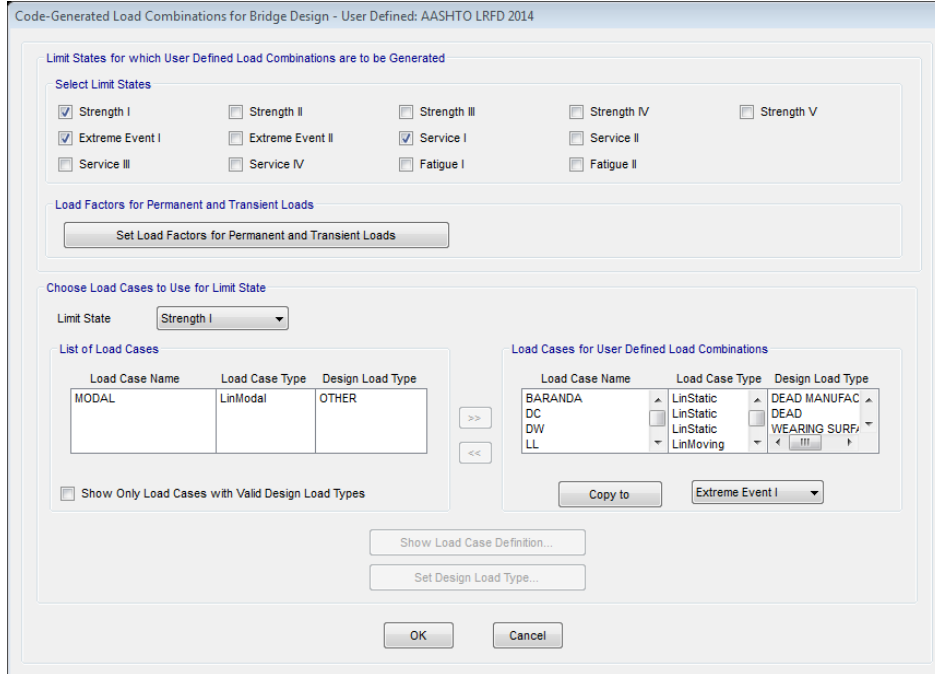


Figura Nro. 16: Combinación de Cargas

### 9. DEFORMACIONES

Para los criterios de control de deflexiones la norma AASHTO LRFD nos proporciona la siguiente tabla:

Tabla Nro. 03: Deflexiones Permitidas

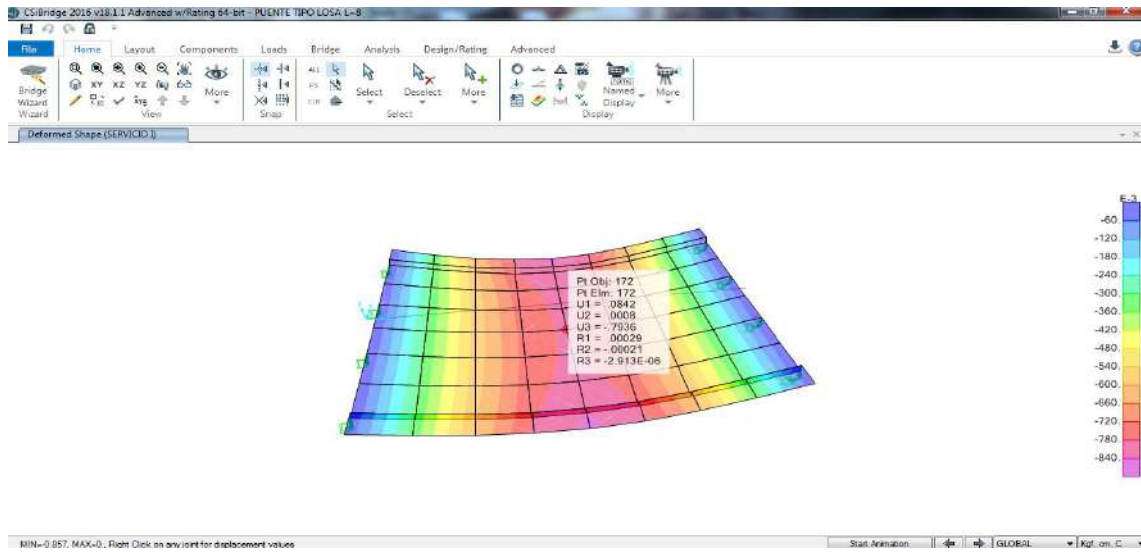
- Carga vehicular, general..... Longitud/800,
- Cargas vehiculares y/o peatonales..... Longitud/1000,
- Carga vehicular sobre voladizos..... Longitud/300, y
- Cargas vehiculares y/o peatonales sobre voladizos ..  
..... Longitud/375

Fuente: LRFD AASHTO para el diseño de puentes

$$\Delta_{max} = L/800 = 8/800 = 1.00 \text{ cm}$$



Las deformaciones obtenidas fueron:



**Figura Nro. 17:** Deflexión del pontón

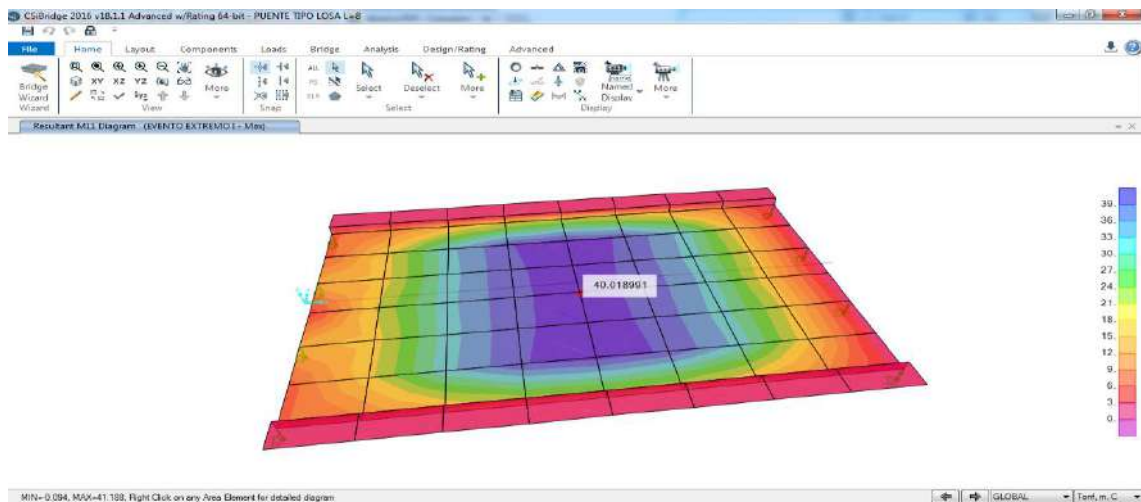
La máxima deformación se produce en el centro, con un desplazamiento de 0.7936 centímetros.

Por lo tanto la estructura esta dentro de los límites de deflexión.

## 10. DISEÑO DE COMPONENTES DE CONCRETO ARMADO

### 10.1. DISEÑO DE LA LOSA

#### 10.1.1. DISEÑO POR FLEXION



**Figura Nro. 18:** Diagrama de Momentos de la Losa

**MOMENTO MAXIMO: 40.02 tonxm**

$$k_u = \frac{M_u \times 10^5}{b \times d^2} = \frac{40.02 \times 10^5}{100 \times 46^2} = 18.913$$



De tablas:  $\rho=0.0054$  para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0054 \times 100 \times 56 = 30.24 \text{ cm}^2$$

Usar: Ø 1"

$$s = \frac{5.07 \times 100}{30.24} = 16.7658 \text{ cm}$$

$$s = 15 \text{ cm}$$

Entonces usar: **Ø 1" @ 0.15 m**

### 10.1.2. ARMADURA DE DISTRIBUCION

$$\%A_{s_{Distribucion}} = \frac{1750}{\sqrt{L(mm)}} \leq 50\%$$

$$\%A_{s_{Distribucion}} = \frac{1750}{\sqrt{8000}} = 19.57\% \leq 50\%$$

$$\%A_{s_{Distribucion}} = 19.57\% A_s$$

$$\%A_{s_{Distribucion}} = 19.57\% \times 30.24 = 5.918 \text{ cm}^2$$

Usar: Ø 1/2"

$$s = \frac{1.27 \times 100}{5.918} = 21.46 \text{ cm}$$

$$s = 20 \text{ cm}$$

Entonces usar: **Ø 1/2" @ 0.20 m**

### 10.1.3. ARMADURA DE TEMPERATURA Y CONTRACCIÓN DE FRAGUA

$$A_{s_{temperatura}} = 0.75 \frac{A_{geometrica}(mm^2)}{F_y(MPa)} \text{ En cada direccion}$$



$$A_{Stemperatura} = 0.75 \frac{1000 \times 500}{420} = 892.857 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{Stemperatura} = 8.93 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar: Ø 5/8"

$$s = \frac{1.98 \times 100}{8.93} = 22.17 \text{ cm}$$

$$s = 22 \text{ cm}$$

Entonces usar: Ø 5/8" @ 0.22 m

## 10.2. DISEÑO DE LA VEREDA

### 10.2.1. ACERO PRINCIPAL

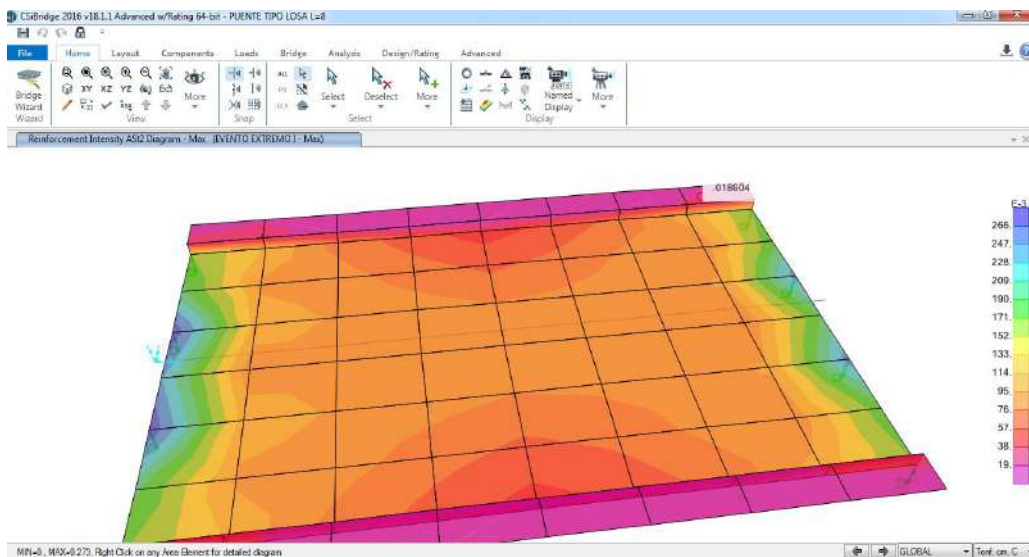


Figura Nro. 19: Distribución del Acero (cm<sup>2</sup>/m) en las Veredas

Asmin		
pmin=	0.0018	
h=	15	cm
Asmin=	2.2	cm <sup>2</sup> /m
<b>Usar:</b>	<b>3/8</b>	<b>"</b>
Aacero=	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamento (s):	32.87	cm
<b>Usar:</b>	<b>30</b>	<b>cm</b>





### 10.2.2. ACERO DE TEMPERATURA

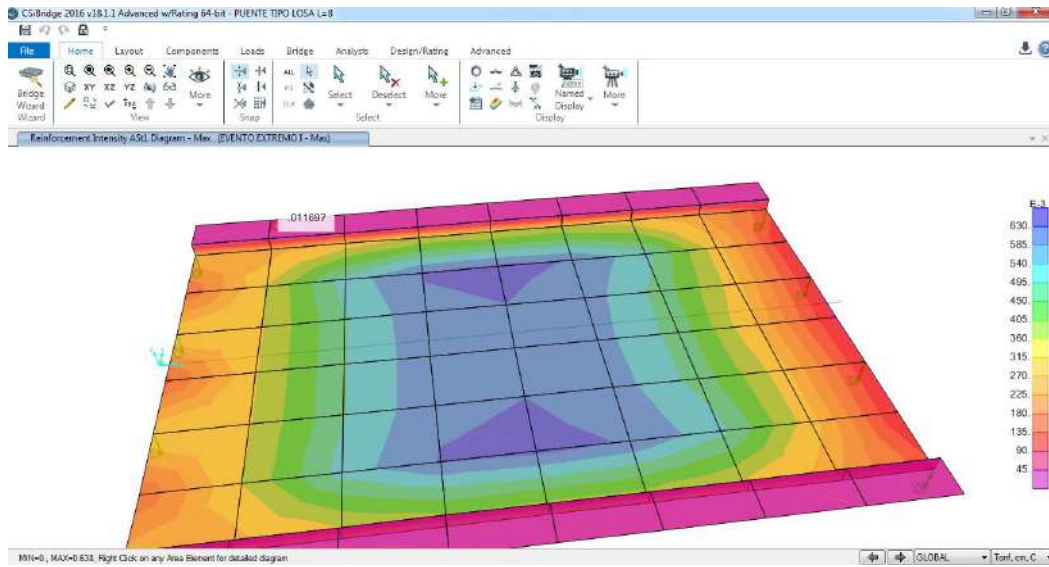


Figura Nro. 20: Distribución del Acero (cm<sup>2</sup>/m) en las Veredas

<b>Astem</b>		
pmin=	0.0018	
h=	15	cm
Asmin=	2.7	cm <sup>2</sup> /m
<b>Usar:</b>	<b>3/8</b>	<b>"</b>
Acero=	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamento (s):	26.30	cm
<b>Usar:</b>	<b>20</b>	<b>cm</b>

### 10.3. DISTRIBUCION DEL ACERO

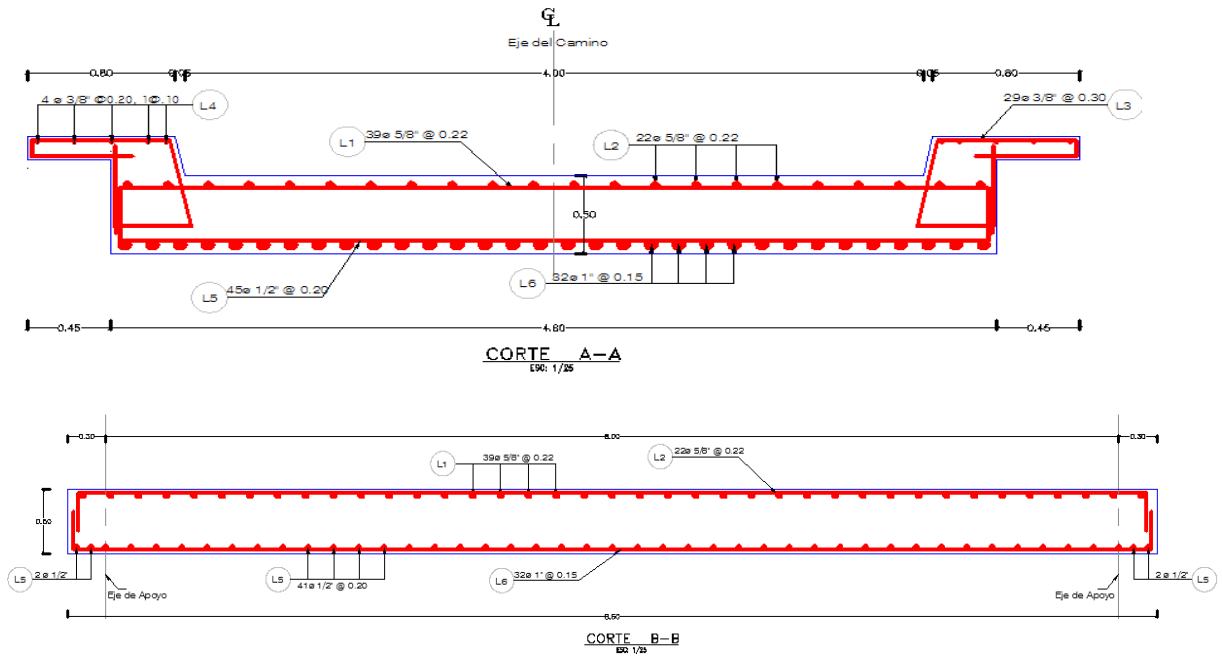


Figura Nro. 21: Distribución del Acero