Contrato de Obra No. 668 de 2022.

"CONTRATAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS SIN FORMULA DE AJUSTE Y A MONTO AGOTABLE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES PEATONALES EN LA LOCALIDAD DE USME, BOGOTÁ D.C."

INFORME ESTRUCTURAL DE VERIFICACIÓN DE PUENTES: STA. LIBRADA, MARICHUELA Y CASALOMA POR CAMBIO DE LUZ Y CIMENTACIÓN

Versión B

BOGOTÁ, COLOMBIA

JULIO DE 2025

Contenido

1. Información General 4
1.1 Generalidades 4
1.2 Ubicación del proyecto 4
2. Objetivo 5
3. Documentos base 5
4. Descripción de la estructura 6
4.1 Materiales estructurales 7
5. Procedimiento 8
5.1 Desarrollo 9
5.1.1 Verificación de vigas principales 10
5.1.2 Propuesta de reforzamiento 11
5.1.3 Localización del reforzamiento 13
5.1.4 Verificación reforzamiento estado límite de resistencia 14
5.1.5 Verificación reforzamiento estado límite de servicio 15
6. Verificación de Caissons 16
6.1 Descripción general del caisson 16
6.2 Verificación Caisson por el método de resistencia última 18
6.2.1 Verificación Caisson a flexo compresión 18
6.2.2 Verificación Caisson a fuerza cortante 21
6.3 Verificación del anillo 22
6.4 Verificación de capacidad portante del Caisson 23
7. Conclusiones generales 24

Lista de figuras

Figura 1. Localización general puentes, Santa. Librada 4
Figura 2. Localización general puentes, Casaloma y Marichuela 5
Figura 3. Planta general, puente Casaloma 6
Figura 4. Planta general, puente Sta. Librada 7
Figura 5. Planta general, puente Marichuela 7
Figura 6. Materiales 8
Figura 7. Combinaciones de carga usadas para verificación 8
Figura 8. Modelos, Casaloma, Sta. Librada 9
Figura 9. Modelos Marichuela 10
Figura 10. Resultados de servicio vigas, diseño inicial (IPE-300), Sta. Librada y Casaloma 11
Figura 11. Resultados de resistencia vigas diseño inicial (IPE-360), Marichuela 11
Figura 12. reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada 12
Figura 13. reforzamiento, Marichuela 13
Figura 14. Localización reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada 13
Figura 15. Localización reforzamiento, Marichuela 14
Figura 16. Resultados de resistencia reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada 14
Figura 17. Resultados de resistencia reforzamiento Marichuela 15
Figura 18. Resultados de servicio reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada 15
Figura 19. Resultados de servicio reforzamiento, Marichuela 15
Figura 20. Geometría y refuerzo caissons 17
Figura 21. Geometría caissons 18
Figura 22. cuantía asignada a caisson [m] 19
Figura 23. Sección asignada a caisson [m] 19
Figura 24. Refuerzo asignado a caisson [m] 20
Figura 25. Diagrama de interacción núcleo caisson 20
Figura 26. Diseño a cortante del caisson 22
Figura 27. Esquema de fuerzas actuantes en el anillo 23
Figura 28. Capacidad portante de pilotes, enveto extremo, Marichuela y Casaloma 24

Lista de tablas

Tabla 1. Luces iniciales de diseño 6
Tabla 2. Luces ajustadas de diseño 6
Tabla 3. Refuerzo longitudinal requerido para pilotes 19
Tabla 4. Verificación de anillos 22
Tabla 5. Verificación capacidad portante de carga del Casisson 24

1. Información General

1.1 Generalidades

El informe presentado en este documento corresponde a la verificación de las vigas principales de los puentes peatonales: Sta. Librada, Marichuela y Casaloma localizados en Usme, Cundinamarca.
El informe tiene como finalidad verificar el correcto comportamiento de las vigas principales para condiciones de resistencia y servicio debido al cambio de luz implementado.

1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza en el barrio Prado Vegas en el municipio de Soacha, Cundinamarca.

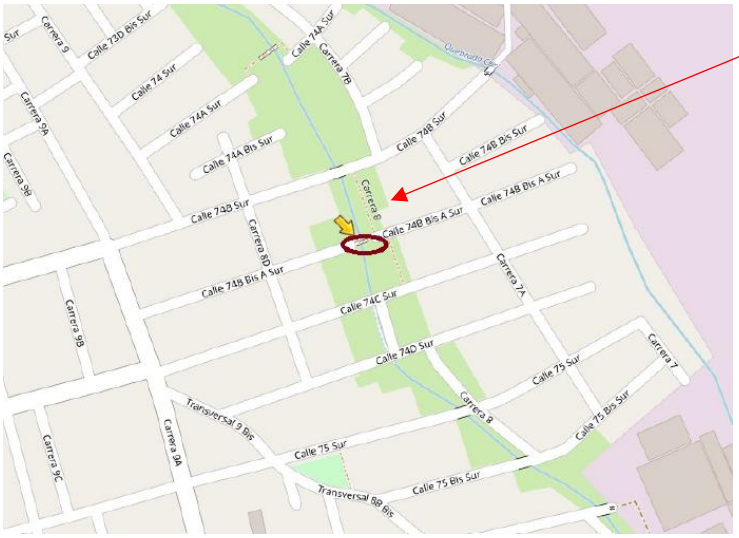


Figura 1. Localización general puentes, Santa. Librada
Fuente: Estudio de suelos de las zonas, 2019

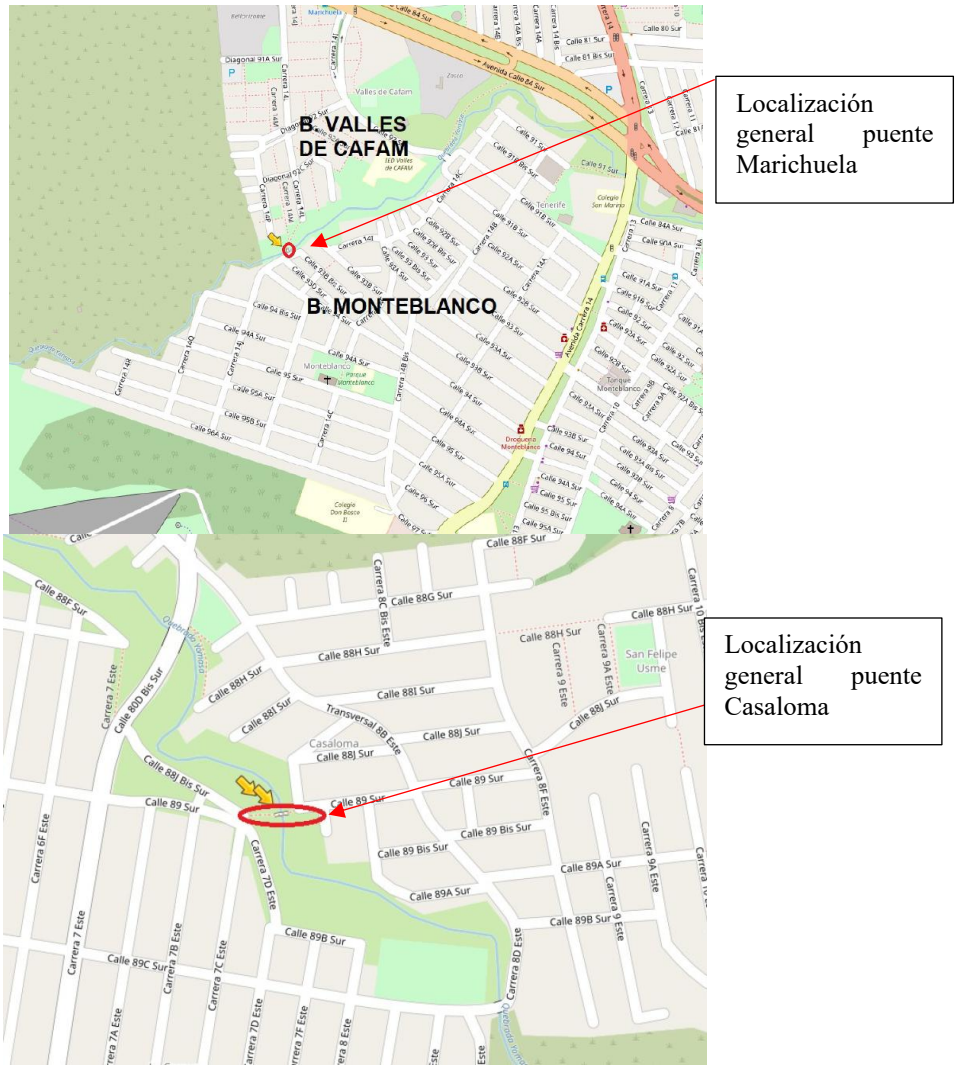


Figura 2. Localización general puentes, Casaloma y Marichuela
Fuente: Estudio de suelos de las zonas, 2019

2. Objetivo

El objeto de este informe es verificar el correcto comportamiento estructural de las vigas principales longitudinales de los puentes descritos anteriormente dado el cambio de luz realizado y de la cimentación de los puentes Marichuela y Casaloma a los cuales se les realizó el cambio de cimentación de pilotes a caissons.

3. Documentos base

I. MEMORIA PUENTE STA LIBRADA, MEMORIA PUENTE MARICHUELA *y MEMORIA PUENTE CASA LOMA* por *ING. JAVIER MORALES LONDOÑO, Junio de 2020.*

II. Planos estructurales de los puentes:
   a. PUENTE SANTA LIBRADA-E1
   b. PUENTE SANTA LIBRADA-E2
   c. PUENTE MARICHUELA-E1

d. PUENTE MARICHUELA-E2
e. PUENTE CASALOMA-E1
f. PUENTE CASALOMA-E2

III. Planos de estructura del fabricante

IV. EXPLORACION GEOTECNICA INDIRECTA ENSAYO REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW AJUSTES A LOS DISEÑOS DE CIMENTACIÓN Versión 0 BOGOTÁ, COLOMBIA, JULIO DE 2025

4. Descripción de la estructura

Los puentes inicialmente tenían las luces indicadas en Tabla 1. Luces iniciales de diseño y, dados ajustes en obra para evitar problemas de socavación y otros, se ajustó la luz a las indicadas en Tabla 2. Luces ajustadas de diseño.

Tabla 1. Luces iniciales de diseño
Fuente: Radicado No. *2025010043*

Estructura	Dimensiones estructuras		Distancia entre pilotes	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho
Puente Casa Loma	7,35	2,77	7,10	2,24
Puente Santa Librada	7,35	2,77	7,10	2,24
Puente Marichuela	9,69	3,18	9,44	2,7

Tabla 2. Luces ajustadas de diseño
Fuente: Unión Temporal Puentes Usme UTPU

Estructura	Dimensiones Estructuras		Distancia entre pilotes	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho
Puente Casa Loma	9.35	2.77	9.1	2.23
Puente Sta. Librada	9.35	2.77	9.1	2.23
Puente Marichuela	13	3.18	12.75	2.74

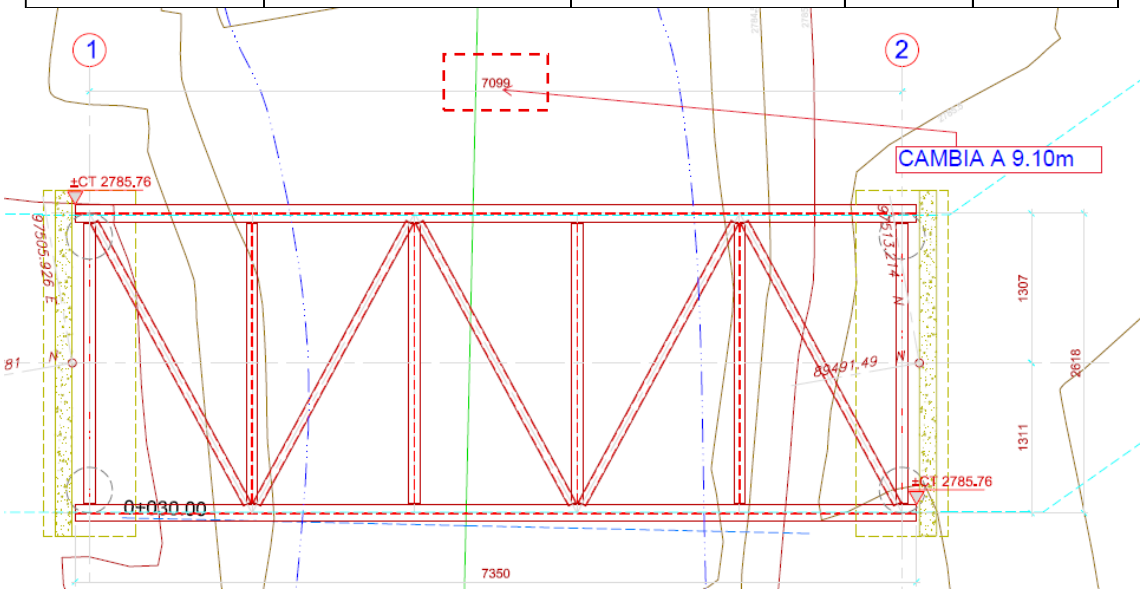


Figura 3. Planta general, puente Casaloma
Fuente: documentos base de referencia

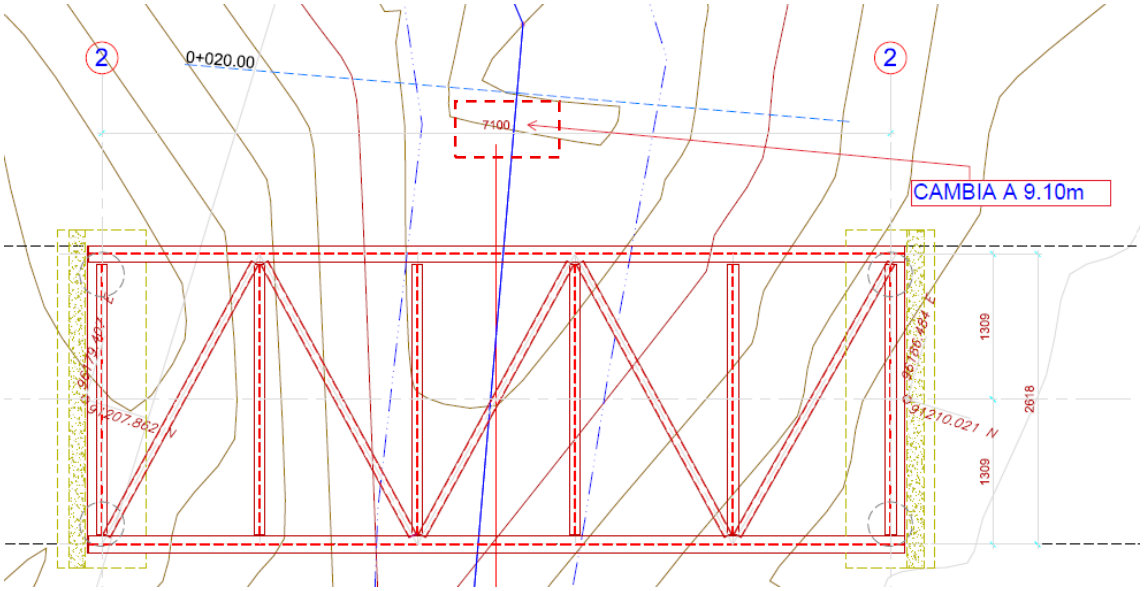


Figura 4. Planta general, puente Sta. Librada
Fuente: documentos base de referencia

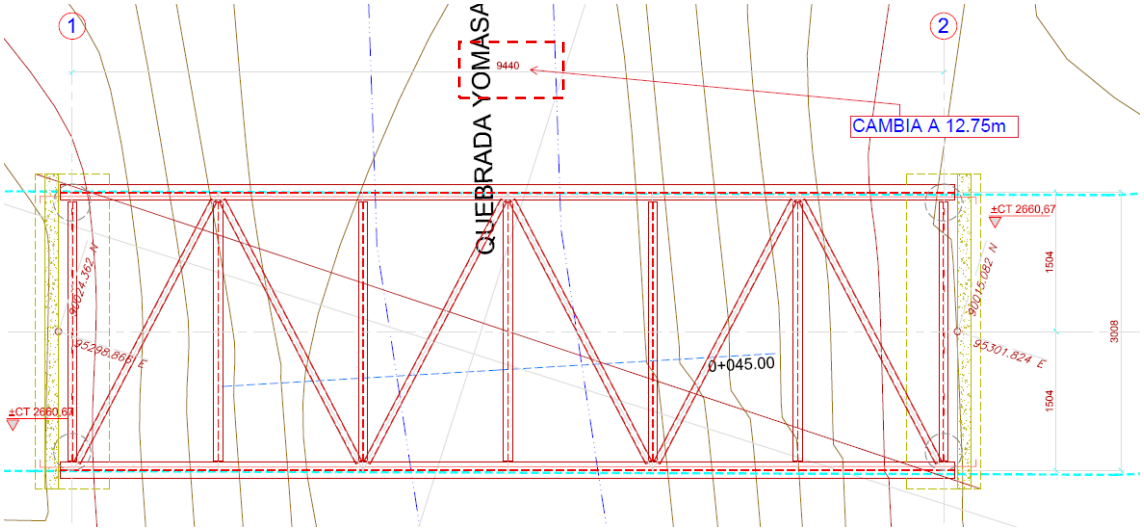


Figura 5. Planta general, puente Marichuela
Fuente: documentos base de referencia

4.1 Materiales estructurales

Los materiales se toman de los documentos de referencia y se indican a continuación.

ESPECIFICACIONES MATERIALES
Tubería Estructural: ASTM A-500
Perfiles laminados: ASTM A-572
Láminas: ASTM A-36
Pernos ASTM A-325
Soldadura E70-XX
Anclajes: ASTM A193 GRADO B7
Concreto cimentación: f'c=21MPa
Acero de refuerzo fy=420MPa

Figura 6. Materiales
Fuente: documentos base de referencia

5. Procedimiento

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo.

I. Se realiza un modelo estructura tridimensional con la geometría dispuesta en los planos y actualizadas a las luces finales y las cargas y combinaciones de cargas dispuestas en las memorias de cálculo de origen.
II. Se realizan las verificaciones a servicio y resistencia, se determina si cumple o no con lo requerido respectivamente.
III. Si las vigas principales bajo estudio no son adecuadas estructuralmente se plantea de forma general una solución de reforzamiento adecuado.

A continuación, se reproducen las combinaciones de carga usadas en el diseño inicial y las cuales se implementan en el presente estudio.

COMBINACIONES PARA DISEÑO SUPERESTRUCTURA

		MUERTA	VIVA	WS	E
		γp			
RESISTENCIA I	Uso normal sin viento	1.25	1.75		
RESISTENCIA V	Vientos normales	1.25	1.35	0.4	
EVENTO EXTREMO II	Con sismo	1.25	1.00		1.00

COMBINACIONES DE SERVICIO

	D+EH	VIVA	WS	E
	γp			
SERVICIO I	1.00	1.00	0.3	
SERVICIO II	1.00	1.30		

Figura 7. Combinaciones de carga usadas para verificación
Fuente: memorias de cálculos iniciales, Junio, 2020

5.1 Desarrollo

A continuación, se muestran imágenes de los modelos computacionales estructurales implementados.

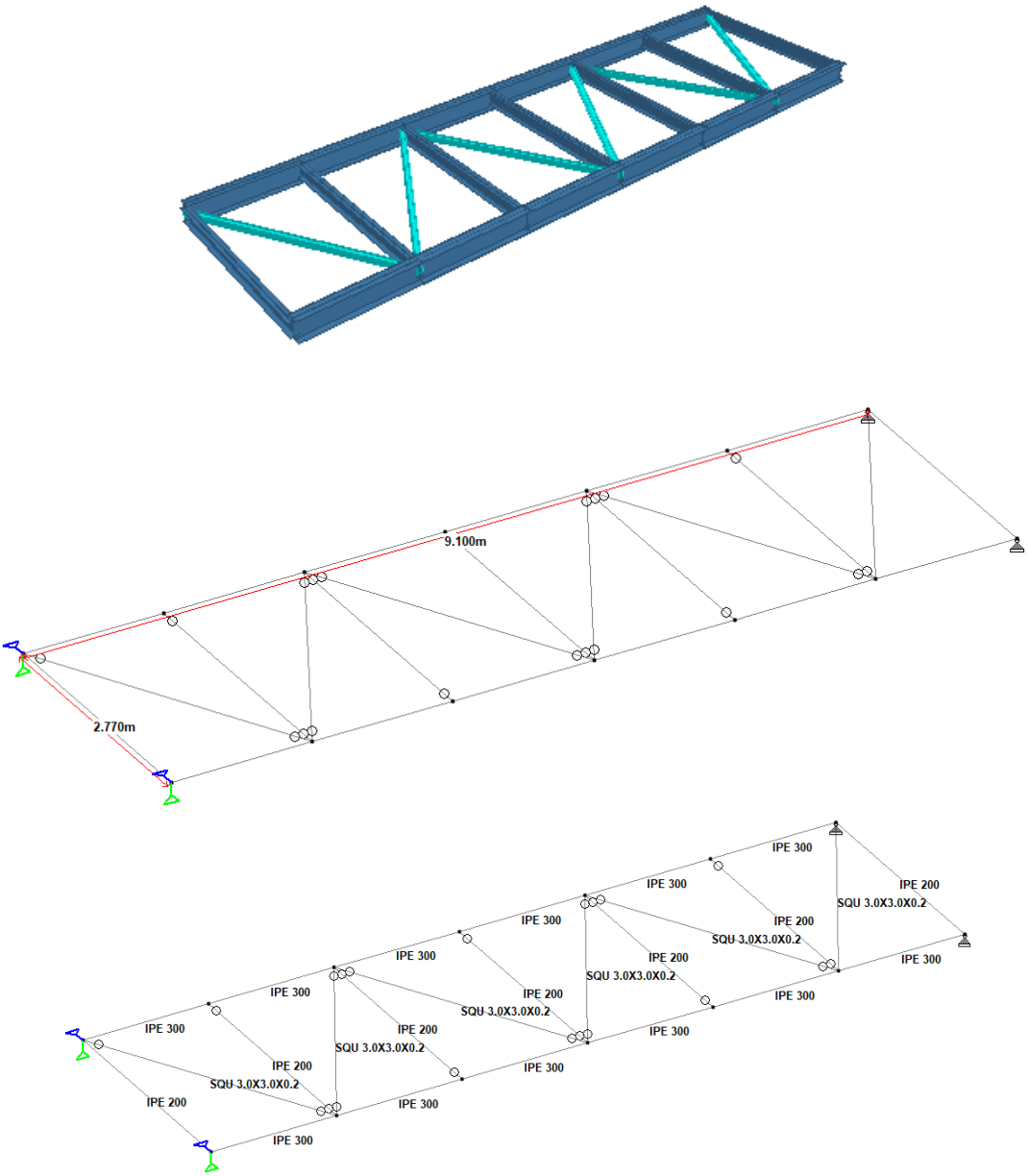


Figura 8. Modelos, Casaloma, Sta. Librada
Fuente: Elaboración propia

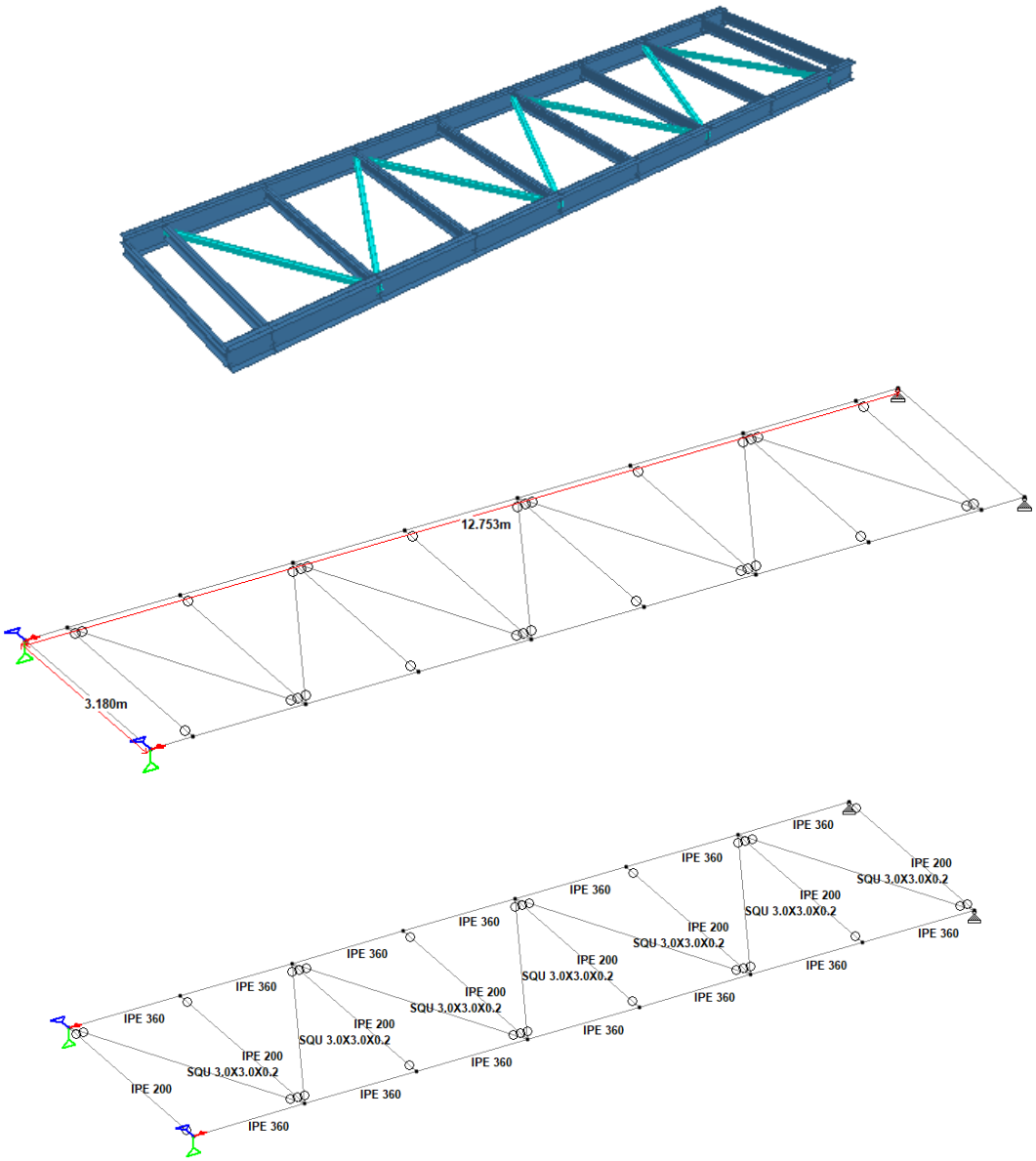


Figura 9. Modelos Marichuela
Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Verificación de vigas principales

A continuación, se muestra el resultado obtenido con la actualización de la luz y las vigas del diseño inicial.

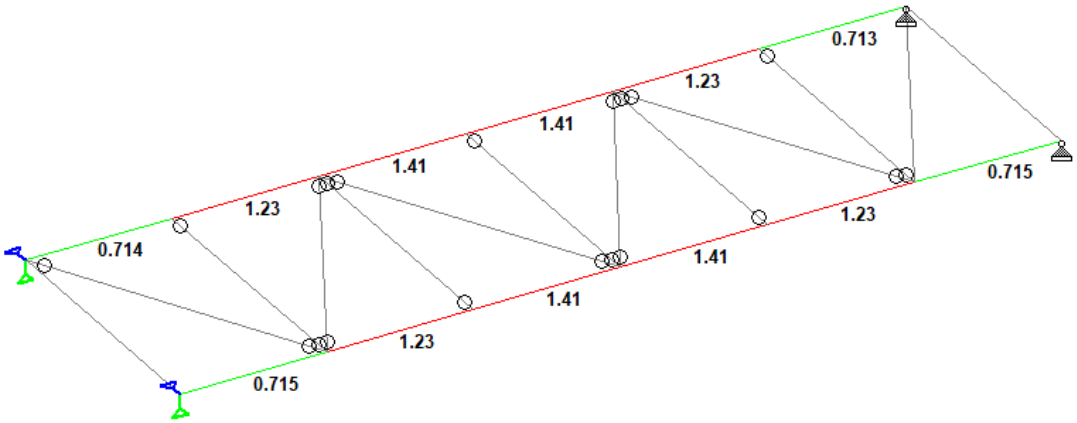


Figura 10. Resultados de servicio vigas, diseño inicial (IPE-300), Sta. Librada y Casaloma
Fuente: Elaboración propia

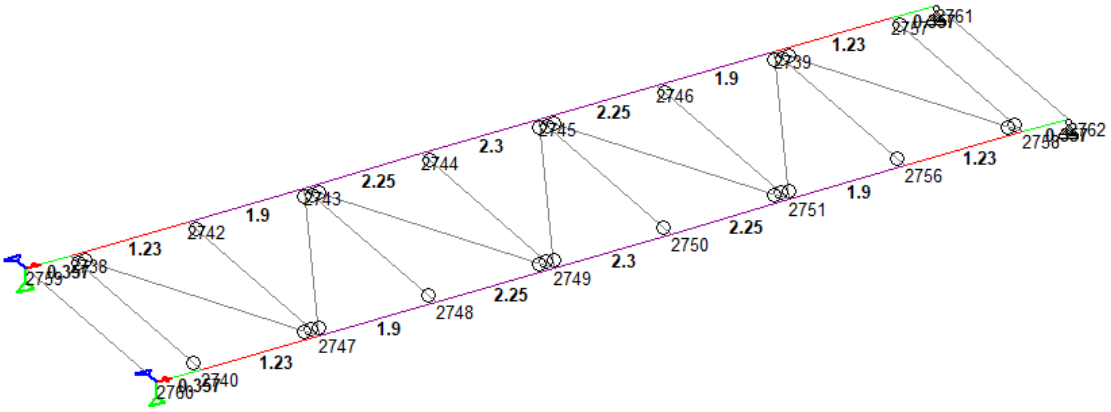


Figura 11. Resultados de resistencia vigas diseño inicial (IPE-360), Marichuela
Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

Dado que las vigas principales de los puentes no son adecuadas para las nuevas solicitaciones de luz, se hace necesario proponer un reforzamiento para las mismas.

5.1.2 Propuesta de reforzamiento

A continuación, se muestra el resultado obtenido para el reforzamiento de las vigas principales con la actualización de la luz.

Para el caso de los puentes en Casaloma y Sta. Librada se propone el siguiente reforzamiento compuesto por platina sobre el ala superior y bajo el ala inferior del perfil. La platina superior se propone más ancha que la propia ala para que la soldadura que es como se plantea la conexión, quede a la vista y de fácil acceso para realizar mantenimientos, además, facilite el escurrimiento del agua que caiga sobre el perfil y no conduzca esta agua a la zona entre platina y ala. Con el mismo objetivo se plantea la platina de reforzamiento inferior.

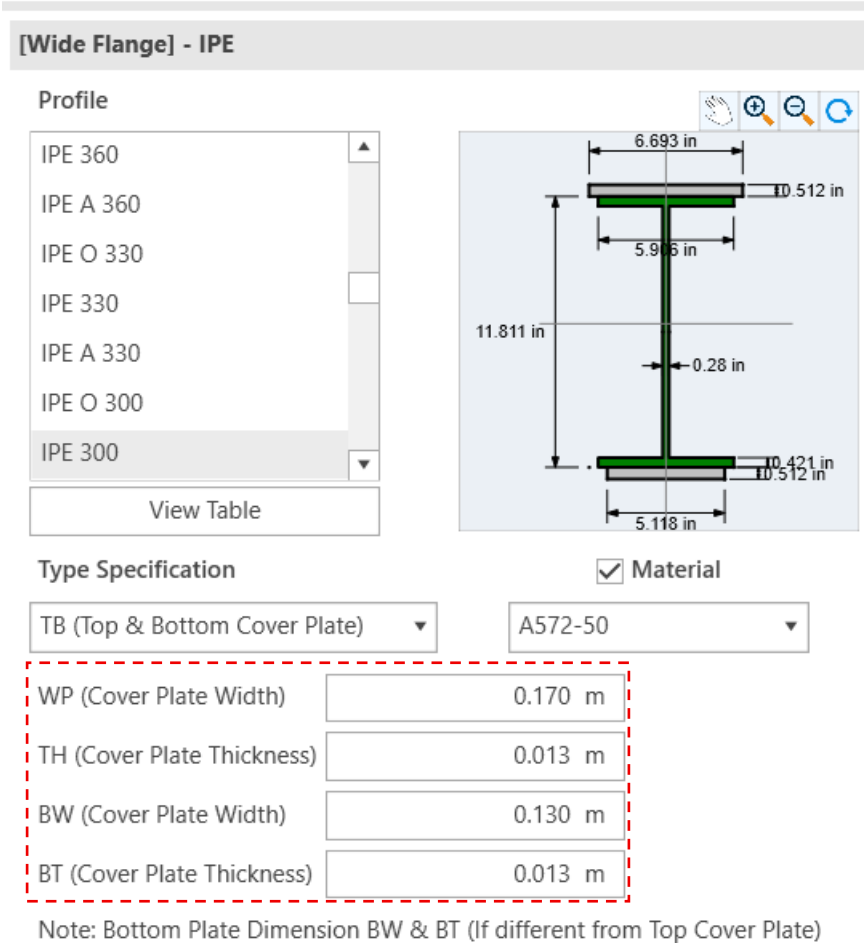


Figura 12. reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada
Fuente: Elaboración propia

Para el caso del puente Marichuela, debido a la exigencia que plantea la nueva luz, no es posible dejar la platina de reforzamiento del ala inferior de menor ancho que la misma. A continuación, se observa la figura representativa del reforzamiento.

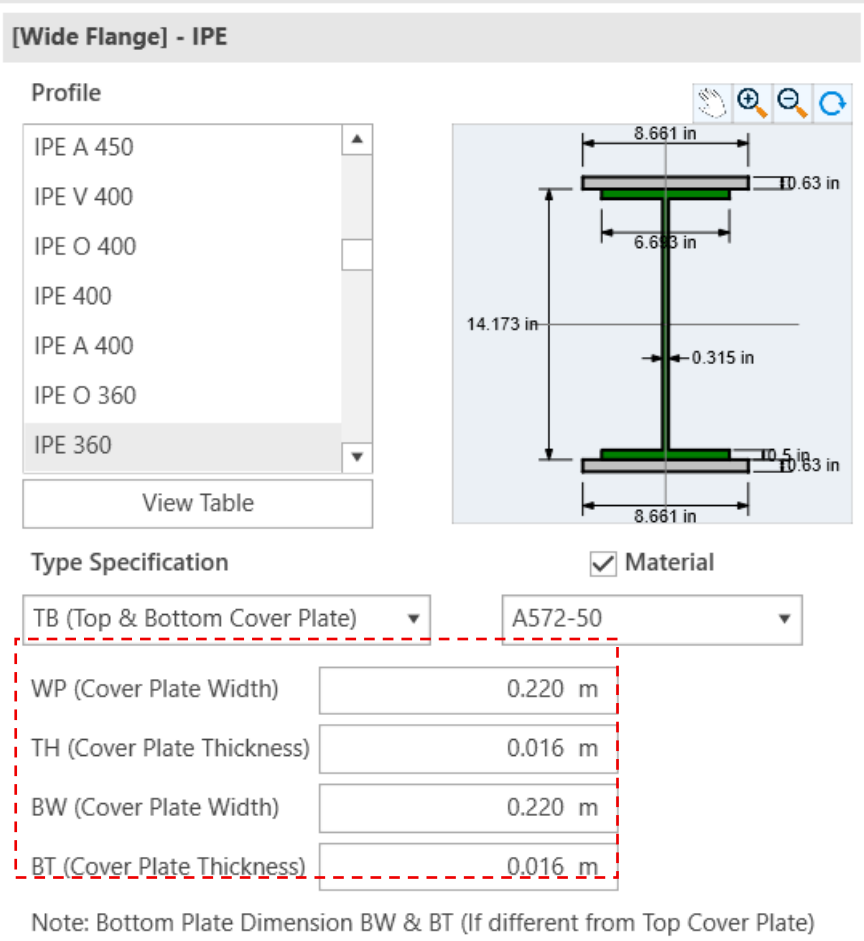


Figura 13. reforzamiento, Marichuela
Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Localización del reforzamiento

A continuación, se muestran gráficas con la localización del reforzamiento de cada puente.

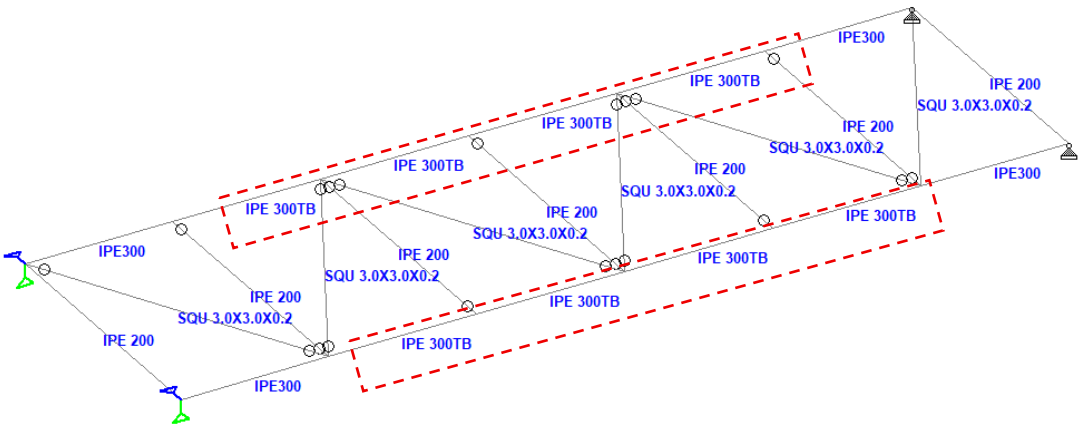


Figura 14. Localización reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada

Fuente: Elaboración propia

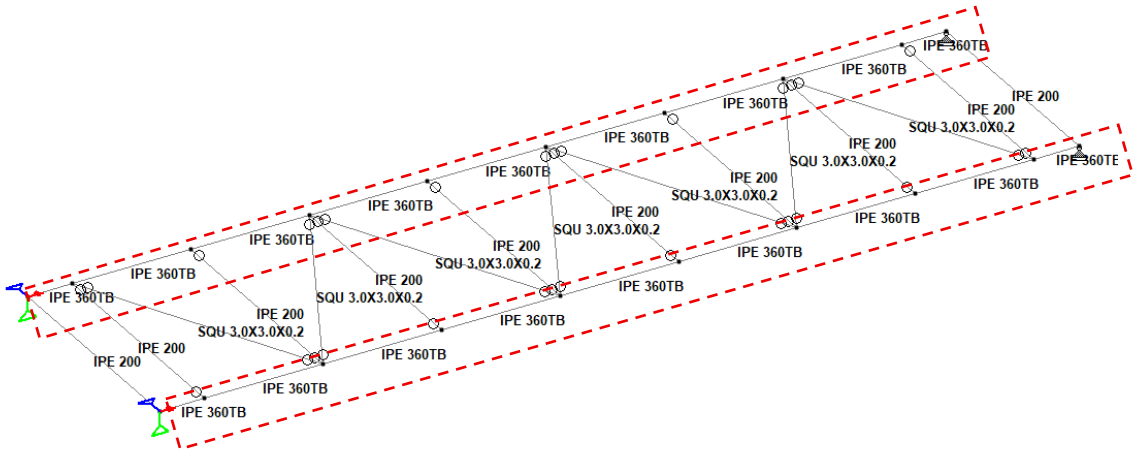


Figura 15. Localización reforzamiento, Marichuela
Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Verificación reforzamiento estado límite de resistencia

A continuación, se muestra el resultado obtenido por el método de resistencia última para el reforzamiento planteado, la combinación que gobierna el diseño es RESISTENCIA I (1.25DL+1.75LL).

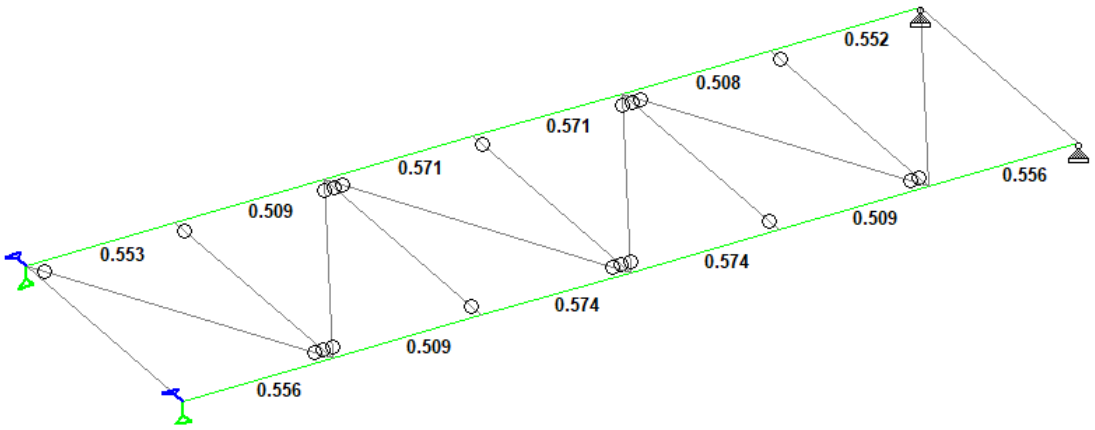


Figura 16. Resultados de resistencia reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada
Fuente: Elaboración propia

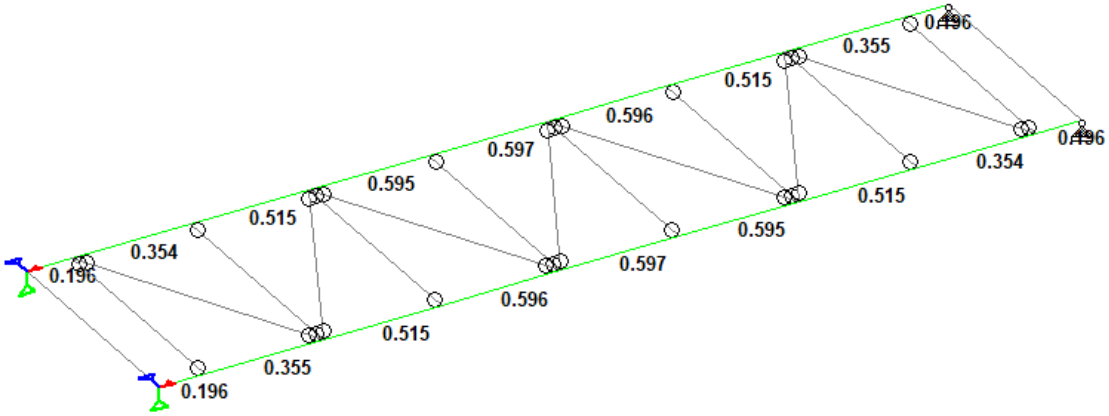


Figura 17. Resultados de resistencia reforzamiento Marichuela
Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Verificación reforzamiento estado límite de servicio

A continuación, se muestra el resultado obtenido para las combinaciones de servicio y verificación de la deflexión vertical de las vigas principales para el límite Luz/360, para la carga viva que dómina este parámetro para el reforzamiento planteado.

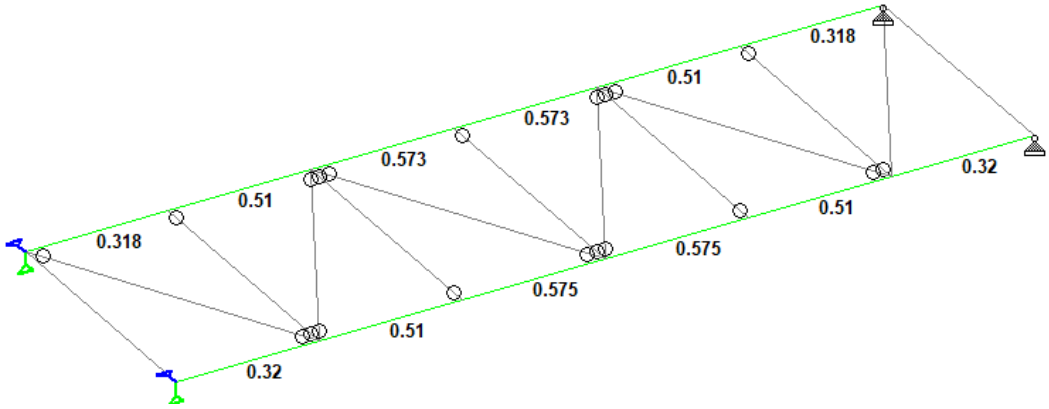


Figura 18. Resultados de servicio reforzamiento, Casaloma y Sta. Librada
Fuente: Elaboración propia

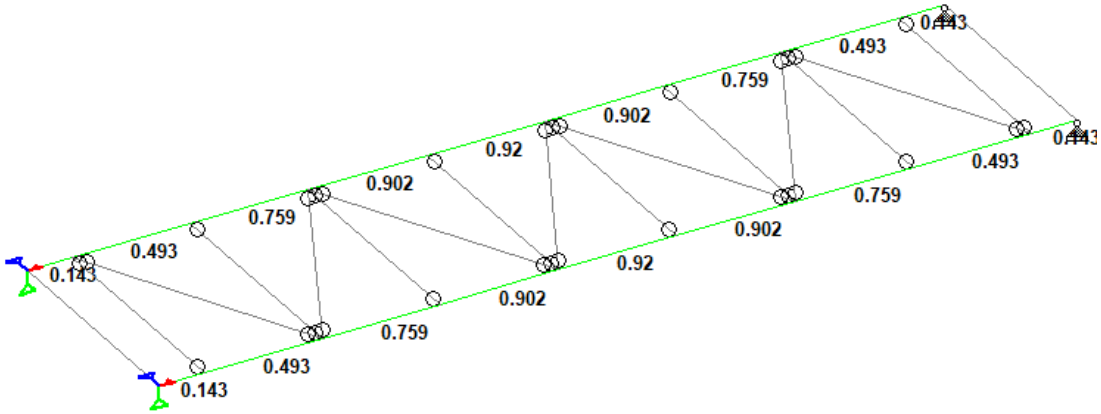


Figura 19. Resultados de servicio reforzamiento, Marichuela
Fuente: Elaboración propia

6. Verificación de Caissons

Este capítulo del presente documento tiene como alcance y objetivo la verificación estructural de la cimentación dado el cambio de pilotes a caisson y sometidos a las nuevas cargas dadas por el cambio de luz de los puentes Casaloma y Marichuela.

6.1 Descripción general del caisson

La cimentación de los puentes en estudio está compuesta por caisson con núcleo de 1.0m y de diámetro total contando los anillos perimetrales de 1.20m, la profundidad de estos es de 4.0m.

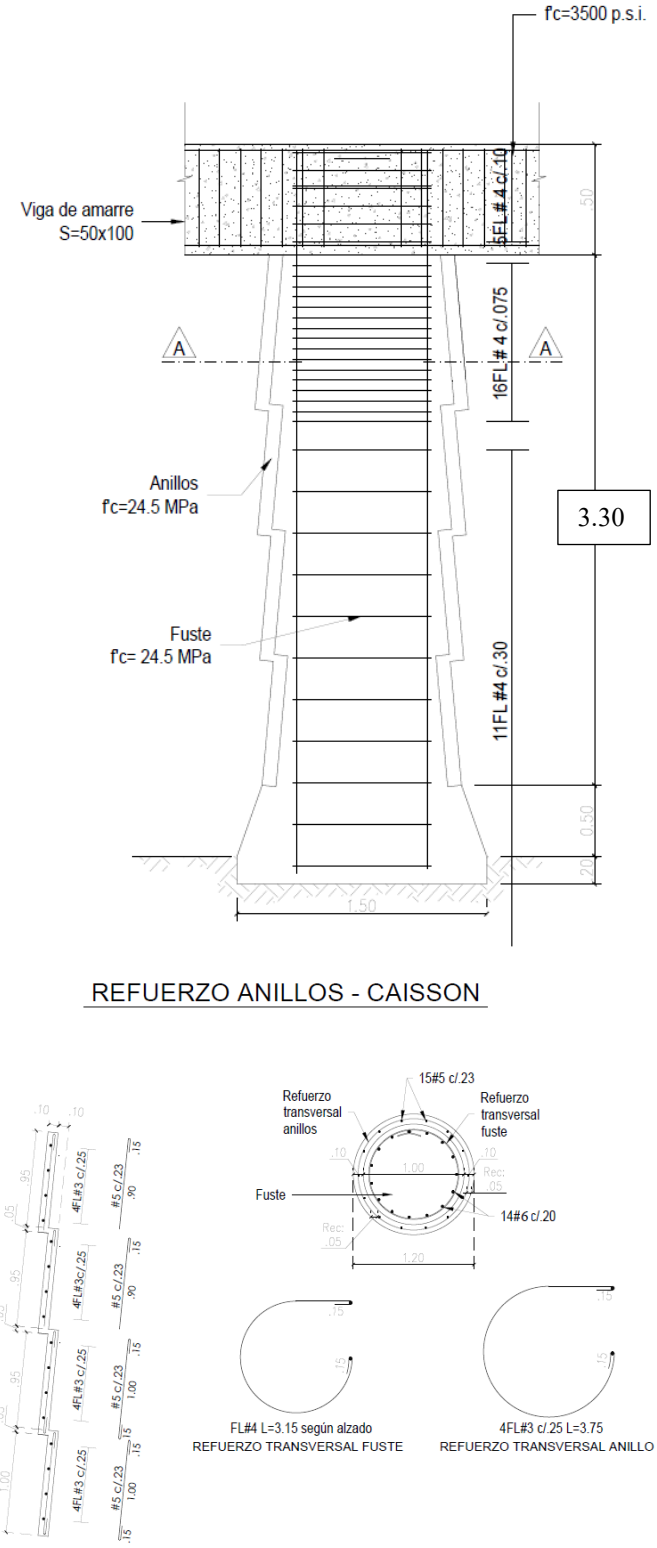


Figura 20. Geometría y refuerzo caissons
Fuente: Unión Temporal Puentes Usme

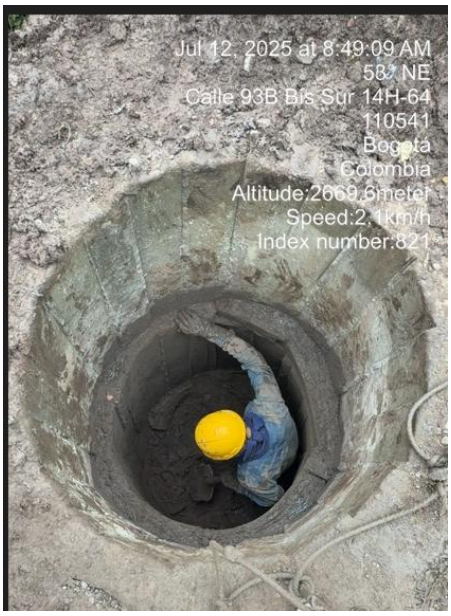


Figura 21. Geometría caissons
Fuente: Unión Temporal Puentes Usme

6.2 Verificación Caisson por el método de resistencia última

La verificación se realiza comparando conservadoramente la resistencia de la sección del núcleo del caisson con su respectivo refuerzo, contra la solicitación impuesta por la superestructura para el caso de evento extremo II, carga vertical más sismo (EVENTO EXTREMO II 1.00EX +0.30EZ +1.25DL+1.00LL).

6.2.1 Verificación Caisson a flexo compresión

Se toma del diagrama de interacción P-M2-M3, la resistencia a momento cuando hay carga axial 0 y que es el menor valor resistencia a momento M2, es decir es conservador, si con este valor de carga axial la sección y refuerzo es suficiente, entonces no es necesario revisar otro valor adicional.
Los valores de solicitaciones de cargas se toman del caso más exigente estructuralmente que proviene del puente de Marichuela que cuenta con la mayor luz de los puentes con cimentación tipo caisson.
Inicialmente se implementa la cuantía mínima longitudinal y transversal indicada en la NSR-10 y mostrada en la siguiente figura, y se verifica si esta cuantía es suficiente, si no, se aumenta.
Para el caisson se adopta la configuración conservadora en el modelo estructural en la cual este caisson está libre en toda su longitud y empotrado en la base, si cumple estructuralmente para esta condición con cuantía mínima de refuerzo, entonces cumple para las demás condiciones más favorables.

TABLA C.15.11-1 — CUANTÍAS MÍNIMAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES EN PILOTES Y CAJONES DE CIMENTACIÓN VACIADOS EN SITIO

Requisito	Estructuras con capacidad mínima (*DMI*) de disipación de energía	Estructuras con capacidad especial (*DES*) y moderada (*DMO*) de disipación de energía (véase la Nota)
Resistencia mínima del concreto , f'_c	17.5 MPa	17.5 MPa
Cuantía longitudinal mínima	0.0025	0.0050
Número mínimo de barras longitudinales	4	4
Longitud del refuerzo longitudinal, a menos que el estudio geotécnico indique que se debe utilizar una longitud mayor	tercio superior de la longitud del pilote, pero no menos de 4 m.	mitad superior de la longitud del pilote, pero no menos de 6 m.
Diámetro de la barra de los estribos	Nº 2 (1/4") ó 6M (6 mm) para pilotes hasta de 500 mm de diámetro y Nº 3 (3/8") ó 10M (10 mm) para pilotes de más de 500 mm de diámetro.	Nº 3 (3/8") ó 10M (10 mm) para pilotes hasta de 750 mm de diámetro y Nº 4 (1/2") ó 12M (12 mm) para pilotes de más de 750 mm de diámetro.
Separación máxima de los estribos	100 mm en los 600 mm superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.	75 mm en los 1.20 m superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.

Figura 22. cuantía asignada a caisson [m]
Fuente: extraído de NSR-10

Tabla 3. Refuerzo longitudinal requerido para pilotes
Fuente: Elaboración propia

D	1	m2	diámetro del pilote
A	0.79	m2	área de pilote
ρ	0.50%		cuantía mínima NSR-10 TABLA C.15.11-1
As	39.27	cm2	área de barras requerida
barra #	6		número en 1/8" de barra
Asb	2.85	cm2	Área de barra
# barras	14.00	UN	Número de barras requeridas

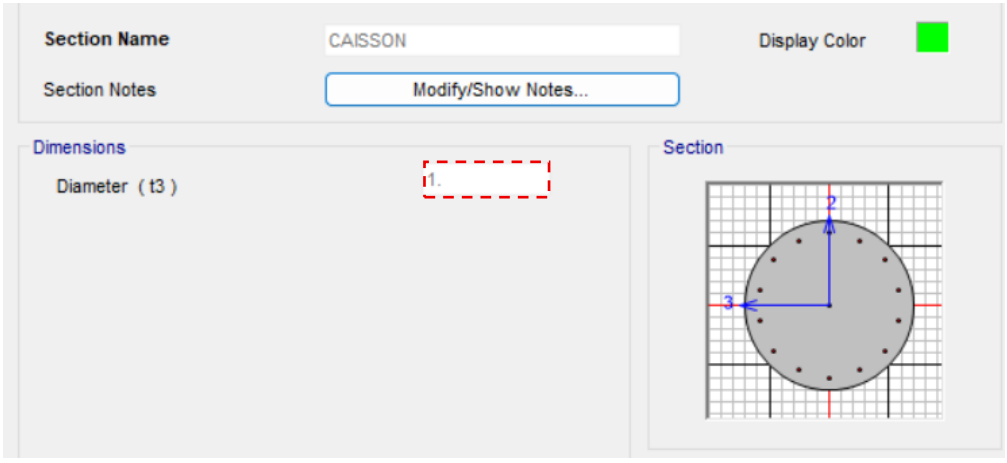


Figura 23. Sección asignada a caisson [m]
Fuente: Elaboración propia

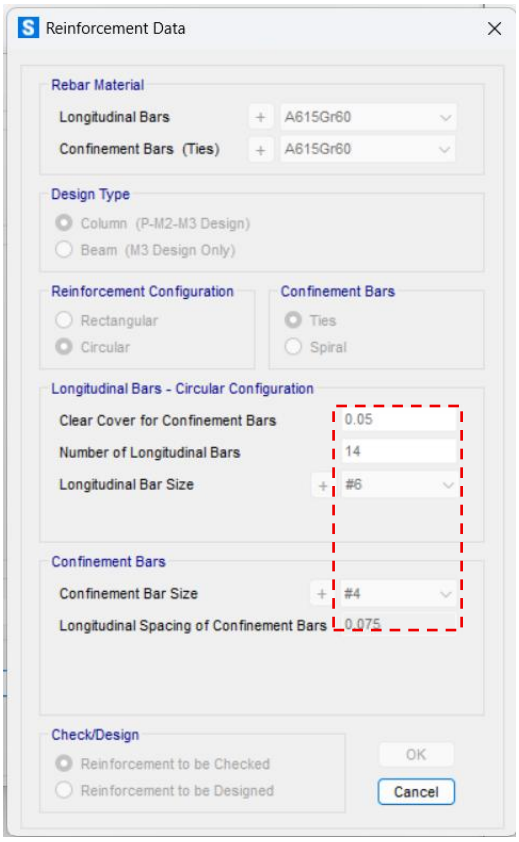


Figura 24. Refuerzo asignado a caisson [m]
Fuente: Elaboración propia

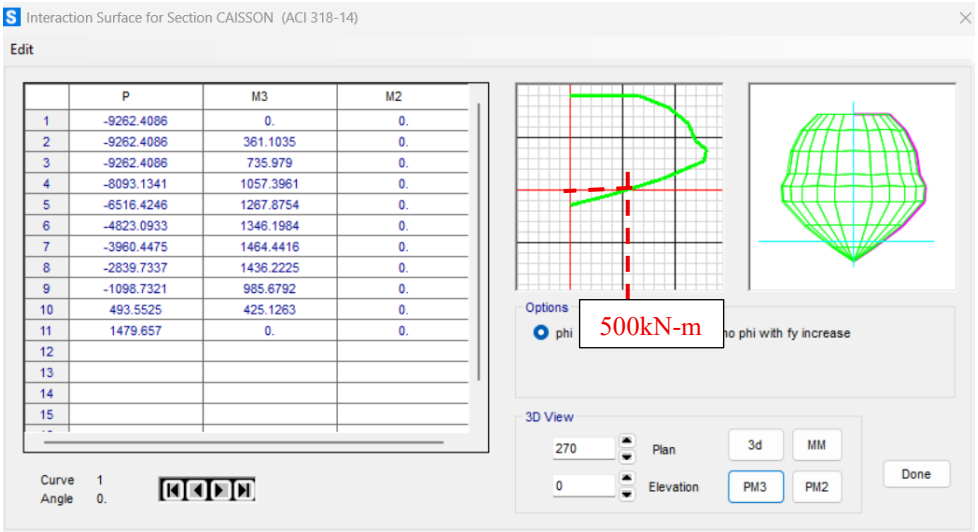


Figura 25. Diagrama de interacción núcleo caisson
Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se muestra los valores de carga (Axia, momento) para la comobinación de evento extremo con sismo, estos valores se comparan con los actuantes y se determina si la sección del caisson es adecuada o no.

Condición	Caso de carga		P[kN]	V2[kN]	V3[kN]	T [kN]	M2 [kN-m]	M3[kN-m]
Solicitaciones	EVENTO EXTREMO	LinStatic	-109.76	10.17	75.22	0.35	300.93	28.12
Resistencia sección			0.00				500.00	

Verificación			
Mu	300.93	[kN-m]	momento último
Mr	500.00	[kN-m]	momento resistente de seción
Mu/Mr=<1.0	0.60		
Chequeo	OK		

Conclusión:

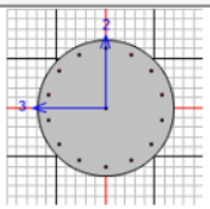
El caisson propuesto con núcleo de 1.0m y profundidad de 4.0m es adecuado para las solicitaciones de resistencia.

6.2.2 Verificación Caisson a fuerza cortante

Se extrae del modelo tridimensional el diseño realizado a cortante y a continuación se muestra el resumen extraído del software.

File

Units KN, m, C




```
ACI 318-14 COLUMN SECTION DESIGN  Type: Non Sway  Units: KN, m, C  (Shear Details)

Element     : 17                  D=1.              dc=0.072
Section ID  : CAISSON             E=24855578.1      fc=24500.       Lt.Wt. Fac.=1.
Combo ID    : EVENTO EXTREMO      L=4.              Fy=413685.473   fys=413685.473
Station Loc : 0.                  RLLF=1.

Phi(Compression-Spiral): 0.75
Phi(Compression-Tied):   0.65
Phi(Tension Controlled): 0.9
Phi(Shear):              0.75
Phi(Seismic Shear):      0.6
Phi(Joint Shear):        0.85


SHEAR DESIGN FOR V2,V3
                        Rebar      Design      Design      Design       Shear       Shear       Shear
                         Av/s          Vu          Pu          Mu     Phi*Vc     Phi*Vs     Phi*Vn
   Major Shear(V2)         0.      75.378      91.434    -301.445    488.287         0.    488.287
   Minor Shear(V3)         0.      10.184      91.434      28.168    488.287         0.    488.287

Design Forces
                     Factored   Factored   Factored
                           Vu         Pu         Mu
   Major Shear(V2)     75.378     91.434    -301.445
   Minor Shear(V3)     10.184     91.434      28.168

Design Basis
                   Shr Reduc   Strength   Strength       Area
                      Factor         Fys        Fcs         Ag
                          1.  413685.473      24500.      0.785

Concrete Shear Capacity
                     Design  Conc.Area Tensn.Rein
                         Vu         Ac   Area Ast
   Major Shear(V2)     75.378      0.785      0.002
   Minor Shear(V3)     10.184      0.785      0.002

Shear Rebar Design
                     Stress Conc.Cpcty Uppr.Limit  RebarArea
                          v     phi*vc   phi*vmax       Av/s
   Major Shear(V2)     95.974    621.706    3087.71         0.
   Minor Shear(V3)     12.967    621.706    3087.71         0.
```

Figura 26. Diseño a cortante del caisson
Fuente: Elaboración propia

Phi*vmax> v entonces es adecuada la sección

Conclusión:

El caisson propuesto con núcleo de 1.0m de diámetro y profundidad de 4.0m es adecuado para las solicitaciones de fuerza cortante dadas en el presente documento.

6.3 Verificación del anillo

Se realiza la verificación de la sección de anillos implementados para fundir los pilotes. A continuación, se muestran los cálculos realizados.

Tabla 4. Verificación de anillos
Fuente: Elaboración propia

h	4.00	m	profundidad de cálculo considerada
Y	19.00	kN/m3	peso específico del suelo
ϕ	27.17	grados	ángulo de fricción del suelo
Ka	0.37		coeficiente activo de tierras
w	3.00	kN/m2	sobrecarga
Ph	29.47	kN/m2	presión en el anillo a la profundidad considerada
Dp	1.20	m	diámetro del pilar
t	0.10	m	espesor del anillo
fc	176.82	kN/m2	esfuerzo en el concreto
fc	0.17	MPa	esfuerzo en el concreto
f'c	24.50	MPa	resistencia del concreto implementada
fc>f'c	ok		verificación

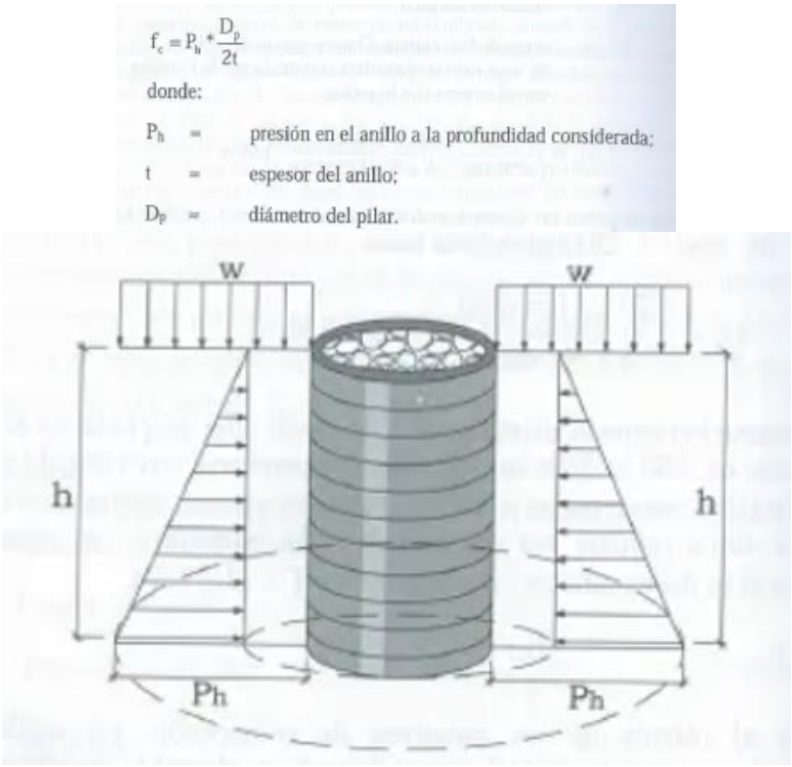


Figura 27. Esquema de fuerzas actuantes en el anillo
Fuente: ESTRUCTURA DE CONCRETO I, Jorge Segura Franco

6.4 Verificación de capacidad portante del Caisson

A continuación, se muestra las revisiones realizadas para determinar si la capacidad portante del pilote es adecuada para las solicitaciones requeridas, para lo cual se toman las cargas provenientes de la combinación de evento extremo (combinación más exigente) para compararlo con las gráficas correspondiente y se adopta conservadoramente el diámetro del núcleo del caisson (1.0m) como el diámetro del pilote para leer la capacidad

de carga en las gráficas del estudio pertinente "**AJUSTES A LOS DISEÑOS DE CIMENTACIÓN Versión 0, Julio de 2025**", ver documentos de referencia.

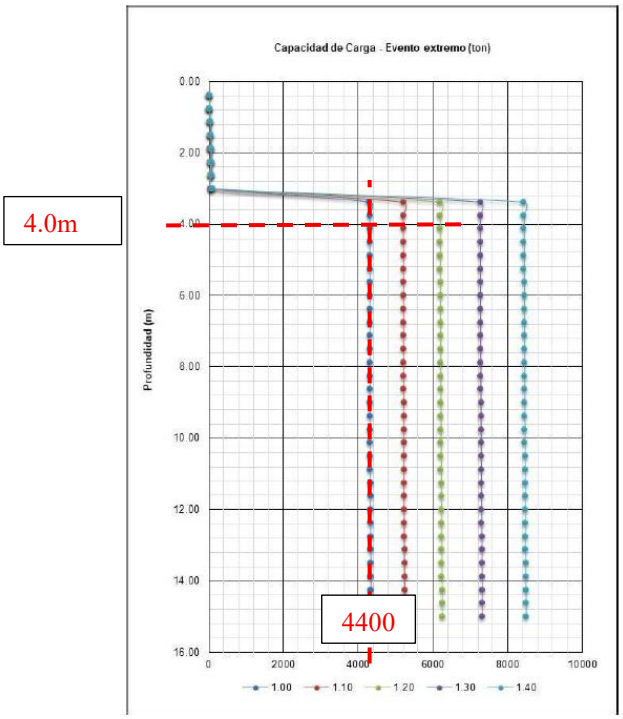


Figura 28. Capacidad portante de pilotes, enveto extremo, Marichuela y Casaloma
Fuente: UTPU, AJUSTES A LOS DISEÑOS DE CIMENTACIÓN, Julio 2025

De la gráfica anterior se extrae la siguiente información.

Tabla 5. Verificación capacidad portante de carga del Casisson
Fuente: Elaboración propia

Pu	109.76	kN	carga última
Pex	4400.00	ton	capacidad portante caisson evento extreno
Pex	44000.00	kN	capacidad portante caisson evento extreno
Pu<Pex	OK		

Conclusión:

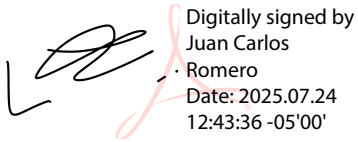
La cimentación tipo caisson propuesta con núcleo de 1.0m y profundidad de 4.0m es adecuada para las solicitaciones indicadas en el presente documento.

7. Conclusiones generales

- Las vigas metálicas con el reforzamiento planteado son adecuadas para las solicitaciones impuestas por servicio y resistencia.

- La cimentación compuesta por caissons con núcleo de 1.0m de diámetro y profundidad de 4.0m es adecuada para las solicitaciones propuestas en los puentes Casaloma y Marichuela.
- Se deben realizar previa verificación de las dimensiones en obra para realizar la respectiva fabricación de los elementos metálicos y de concreto.
- Si en obra se presenta cambios, el cliente o su representante deben autorizarlos y se debe verificar la repercusión y ajustes necesarios para garantizar el correcto comportamiento estructural.
- Las dimensiones de las luces y distancias de pilotes usadas en el presente documento son de diseño y por ende pueden diferir levemente de las de fabricación, estas últimas deben ser basadas en información de campo.

Atentamente:



Juan Carlos Romero
I.C. & Mag. Estructuras