

	PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS "AUTORIDAD PARA LA RECONSTRUCCIÓN CON CAMBIOS"	Revisión: R01
	CONTRATO: Proyecto "Entrega de las defensas ribereñas de los Ríos Casma y Huarmey – Paquete 4"	Emisión: 15/12/2021
	REGIÓN: ANCASH	Página 1 de 43





REVISIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

☐ A- ACEPTADO

☐ B- ACEPTADO CON COMENTARIOS

☐ C- RECHAZADO

FIRMA

FECHA

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE PUENTES AIJA 01 Y AIJA 02 - HUARMEY

CODIGO ACONEX

REV N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB. POR	REV. POR	APROB. POR
R00	19/10/2021	Emitido para Aprobación	Click here to enter text.	Click here to enter text.	Click here to enter text.
R01	24/11/2021	Emitido para Aprobación	Click here to enter text.	Click here to enter text.	Click here to enter text.
R02	15/12/2021	Actualización	Click here to enter text.	Click here to enter text.	Click here to enter text.
FIRMAS:					

	CONTRATO	Revisión: D03
	ENTREGA DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DE LOS RÍOS CASMA Y HUARMEY PAQUETE 4	Emisión: 15/12/2021
	REGIÓN: ANCASH	Página 2 de 43

 OHSA Perú REVISIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS
☐ A. ACEPTADO PARA REMISIÓN A ARCC
☐ B. RECHAZADO
REVISADO POR FECHA

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE PUENTES AIJA 01 Y AIJA 02 - HUARMEY

HY8212-400199-00-3A-AN-SE-EV_PUENTE_AIJ-D03

REV N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB. POR	REV. POR	APROB. POR
D01	19/10/2021	Emitido para Aprobación	Marco Echavaudis	A. De La Rosa Toro	Máximo Hatta
D02	24/11/2021	Emitido para Aprobación	Marco Echavaudis	A. De La Rosa Toro	Máximo Hatta
D03	15/12/2021	Actualización	Marco Echavaudis	A. De La Rosa Toro	Máximo Hatta
		FIRMAS:			

"ENTREGA DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO HUARMEY (PAQUETE 4)"

Proyecto 2: "Creación del servicio de protección ante peligro de inundaciones en ambas márgenes del río Huarmey, desde el Sector Huamba hasta la salida al Mar, en los distritos de Huarmey y Huayan de la provincia de Huarmey - Departamento de Ancash"

Proyecto 3: "Creación del servicio de protección frente a inundaciones en la Quebrada Malvas, Distrito de Huayán, Provincia de Huarmey, Departamento de Ancash"

Proyecto 4: " Creación del servicio de protección frente a inundaciones en la quebrada Aija, en el Distrito de Coris de la Provincia de Aija y en los Distritos de Huarmey y Huayán de la Provincia de Huarmey- Departamento de Ancash"

Proyecto 5: "Creación del servicio de protección frente a inundaciones en el Centro Poblado de San Damián, Distrito de Coris, Provincia de Aija, Departamento de Ancash"

Diciembre 2021

Hoja de control de calidad

Documento	Evaluación de Capacidad de Puentes Aija 01 y Aija 02 - Huarmey			
Proyecto	Proyecto 1: "Creación del servicio de protección ante peligro de inundaciones en ambas márgenes del río Huarmey, desde el Sector Huamba hasta la salida al Mar, en los distritos de Huarmey y Huayan de la provincia de Huarmey - Departamento de Ancash" Proyecto 2: "Creación del servicio de protección frente a inundaciones en la Quebrada Malvas, Distrito de Huayán, Provincia de Huarmey, Departamento de Ancash" Proyecto 3: " Creación del servicio de protección frente a inundaciones en la quebrada Aija, en el Distrito de Coris de la Provincia de Aija y en los Distritos de Huarmey y Huayán de la Provincia de Huarmey-Departamento de Ancash" Proyecto 4: "Creación del servicio de protección frente a inundaciones en el Centro Poblado de San Damián, Distrito de Coris, Provincia de Aija, Departamento de Ancash"			
Código	HY8212-400199-00-3A-AN-SE-EV_PUENT_AIJ-D03			
Autores:	Firma:	Marco Echavaudis	Marco Echavaudis	Marco Echavaudis
	Fecha:	19/10/21	19/10/21	15/12/21
Verificado	Firma:	Aerls de la Rosa Toro	Aerls de la Rosa Toro	Aerls de la Rosa Toro
	Fecha:	19/10/21	24/11/21	15/12/21
Destinatario	Autoridad de la Reconstrucción con Cambios			
Notas				

ÍNDICE

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE PUENTES AIJA 01 Y AIJA 02 - HUARMEY	8
1. Introducción	8
1.1. Antecedentes	8
1.2. Objetivo del Informe	9
1.3. Fuentes de información	9
2. Evaluación de capacidad estructural de Puentes.....	10
2.1. Puente Aija 01	16
2.1.1. Información de la estructura.....	16
2.1.2. Evaluación de capacidad estructural del puente Aija 01.....	18
2.2. Puente Aija 02	30
2.2.1. Información de la estructura.....	30
2.2.2. 2.1.2. Evaluación de capacidad estructural del puente Aija 02.....	32
3. Conclusiones	43
4. Recomendaciones.....	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Factores de carga HS20	10
Ilustración 2 Factores de carga camión C3	10
Ilustración 3 Vista del puente Aija 01 desde margen izquierdo	16
Ilustración 4 Vista del puente Aija 01 desde aguar abajo	17
Ilustración 5 Estribo izquierdo del puente Aija 01	17
Ilustración 6 Vista del puente Aija 02 desde el margen derecho	30
Ilustración 7 Vista del puente Aija 02 desde aguas arriba	31
Ilustración 8 Vista del puente Aija 02 desde aguas abajo	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estudios de perfil declarados viables.....	9
--	---

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE PUENTES AIJA 01 Y AIJA 02 – HUARMEY

1. Introducción

El presente documento evalúa la capacidad resistente de los puentes Aija 01 y Aija 02, frente al riesgo del pase de los vehículos pesados del contratista. Estos puentes se ubican cerca al acceso a San Damian – Huarmey.

1.1. Antecedentes

El presente informe forma parte del proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del río Casma y Huarmey (Paquete 4)” (de ahora en adelante el Proyecto), promovido por la **ARCC** con el soporte de **UKDT**, en el marco de un acuerdo GtG entre Perú y el Reino Unido. Este proyecto es desarrollado por **OHLA** quien ha adjudicado, junto ARCC, la confección de los diseños a **TYPESA**. El objeto del Proyecto puede resumirse en:

- Alcanzar una capacidad hidráulica suficiente de los ríos Casma y Huarmey para conducir flujos máximos extraordinarios con el mejor periodo de retorno posible sin daños a los bienes ni riesgos para la vida, reduciendo los efectos provocados por el cambio climático y fenómenos naturales que afecta cíclicamente al Perú.
- Los principales antecedentes técnicos de este proyecto son los denominados Planes Integrales de Cuenca (PI) redactados por el PSI (Programa Subsectorial de Irrigaciones adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego). Existe un PI para el río Casma y cuatro (04) perfiles para el río Huarmey.
- Los PI, tras diversos estudios técnicos (recogidos en 5 entregables), concretaron una serie de actuaciones de defensas ribereñas, diques de protección y canales, las cuales quedaron definidas en tres estudios de perfil declarados viables.

Tabla 1 Estudios de perfil declarados viables.

Río	Estudio de perfil declarados viables
Huarmey	Proyecto 1: "Creación del servicio de protección ante peligro de inundaciones en ambas márgenes del río Huarmey, desde el Sector Huamba hasta la salida al mar, en los distritos de Huarmey y Huayán de la provincia de Huarmey - Departamento de Ancash", de CUI 2501291.
	Proyecto 2: "Creación del servicio de protección frente a inundaciones en la quebrada Malvas, distrito de Huayán, provincia de Huarmey - Departamento de Ancash", de CUI 2509643.
	Proyecto 3: "Creación del servicio de protección frente a inundaciones en la quebrada Aija, en el distrito de Coris de la Provincia de Aija y en los distritos de Huarmey y Huayán de la provincia de Huarmey-Departamento de Ancash", de CUI 2509474.
	Proyecto 4: "Creación del servicio de protección frente a inundaciones en el Centro Poblado de San Damián, distrito de Coris, provincia de Aija, Departamento de Ancash", de CUI 2505100.

1.2. Objetivo del Informe

El objetivo del presente informe es evaluar la capacidad estructural de los puentes Aija 01 y Aija 02, frente al paso de los camiones que se usaran para transportar los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

1.3. Fuentes de información

Visita a campo realizada del 31 de agosto al 03 de setiembre de 2021.

2. Evaluación de capacidad estructural de Puentes

La evaluación de la capacidad estructural de los puentes fue realizada considerando lo siguiente:

Debido a la antigüedad del puente (anterior al año 2003), hemos supuesto que los puentes han sido diseñados de acuerdo a la Normativa AASHTO Estándar. El AASHTO estándar considera que la sobrecarga de diseño corresponde a un camión ideal con 3 ejes conocido como HS20 y distribuido de la siguiente manera:

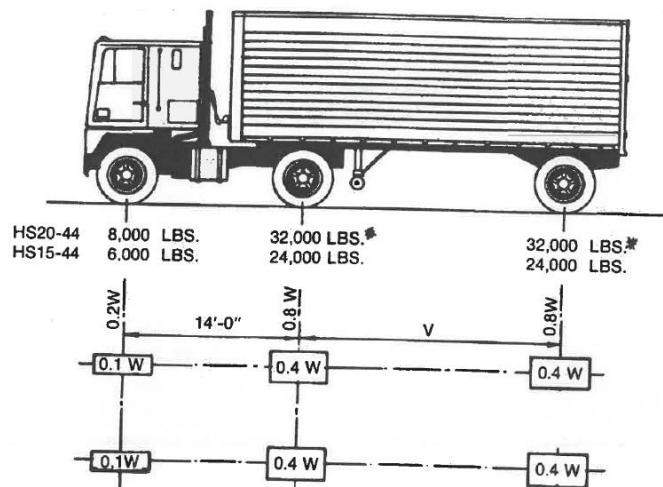


Ilustración 1 Factores de carga HS20

- Debido a requerimientos del proyecto, se considera que dichos puentes serán empleados para el paso de los siguientes vehículos.

Camión C3

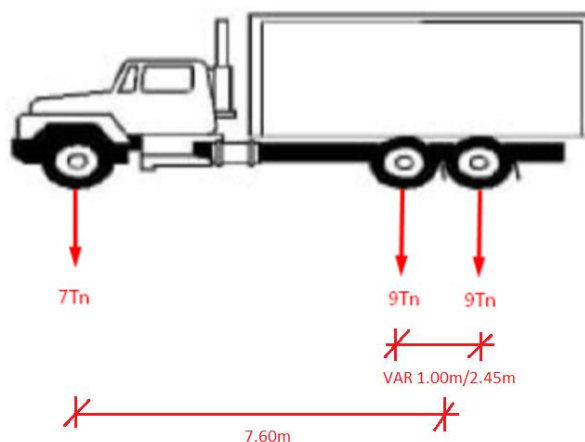
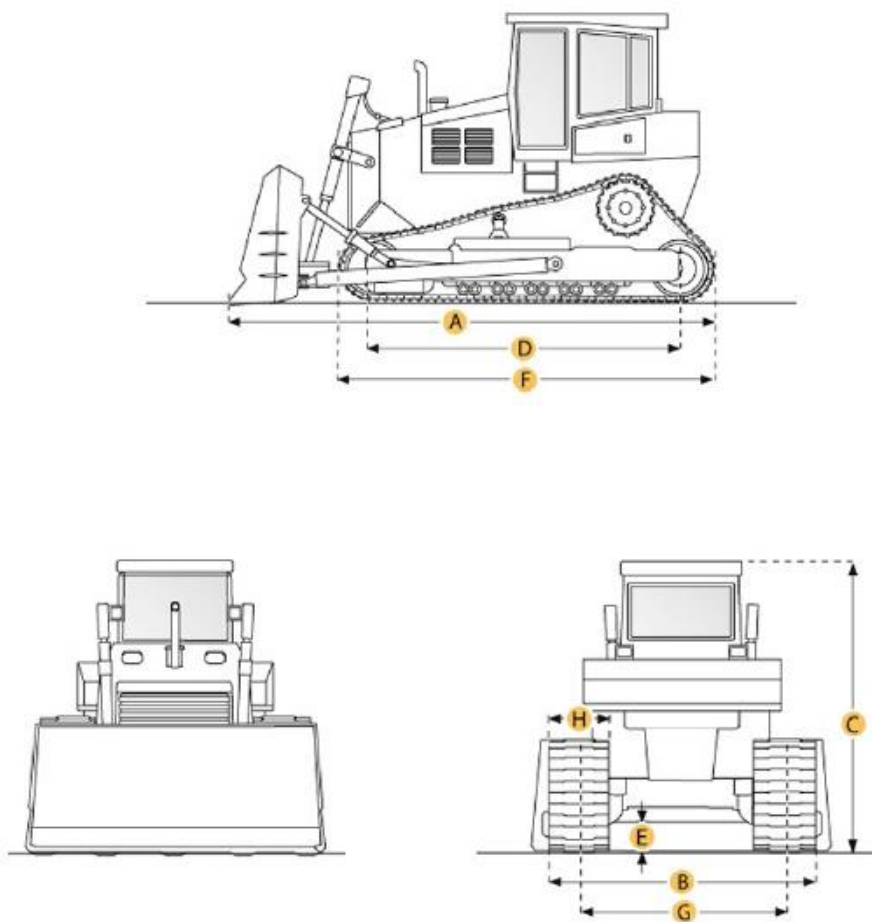


Ilustración 2 Factores de carga camión C3

Tractor CAT D7R

FICHA TÉCNICA

CATERPILLAR® Tractor sobre Orugas CATERPILLAR D7R

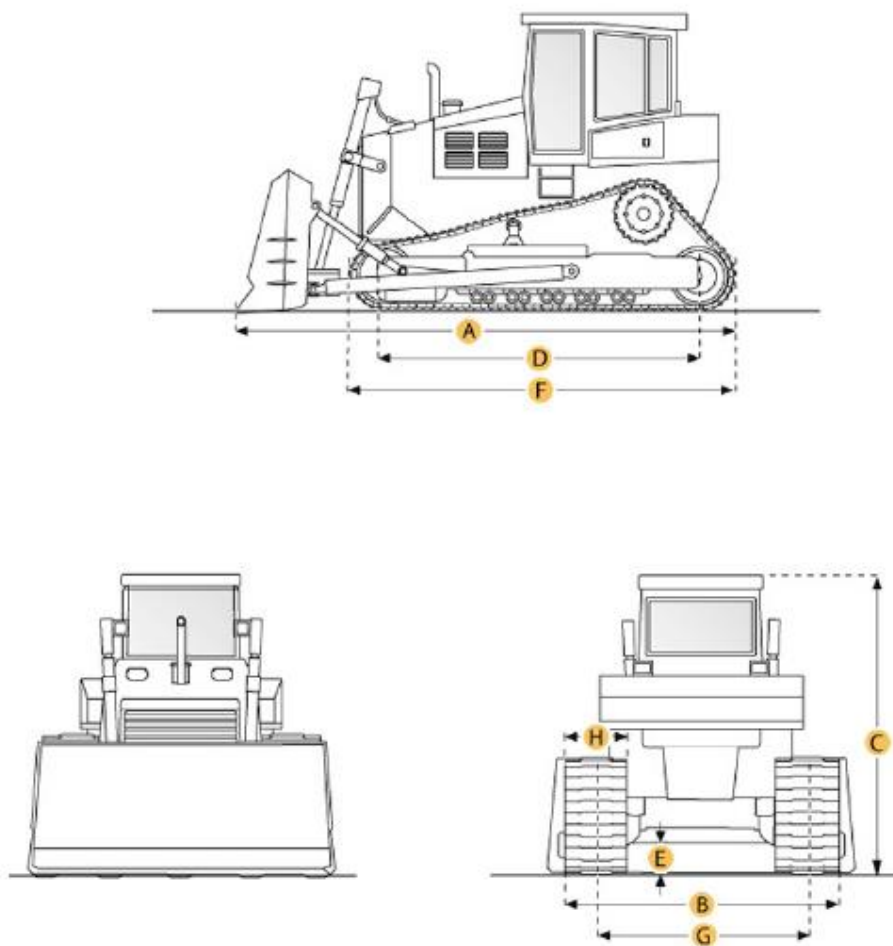


Dimensiones	
Peso operativo	24584.7 Kg
A. Longitud con cuchilla	581.7 cm
B. Anchura desde pistas	286.9 cm
C. Altura a la cabina	357.3 cm
D. Longitud de la cadena en suelo	287.8 cm
E. Distancia libre de piso a máquina	41.4 cm
F. Longitud sin cuchilla	473.6 cm
G. Ancho de vía	198.1 cm
H. Tamaño estándar de la pista	56 cm
Altura de bote	136.3 cm
Ancho de bote	390.4 cm
Capacidad de bote	5.2 m3
Profundidad de excavación	52.7 cm
Alternador	70 amps
Capacidad de aceite de motor	27.3 Lt
Capacidad de aceite del tren motriz	182 Lt
Capacidad de bombeo de aceite hidráulico	177 L/min
Capacidad de refrigerante	75 Lt
Capacidad de sistema hidráulico	54.1 Lt
Capacidad de tanque de combustible	479 Lt
Capacidad final de aceite de accionamiento	13 Lt
Voltaje	24 V
Aspiración	Turbocharged
Desplazamiento de motor	10.5 Lt
Marca de motor	CATERPILLAR
Modelo	3306T
Número de cilindros	6
Potencia bruta	247 Hp
Potencia neta	230 Hp
Revoluciones del motor	2100 rpm
Número de marchas adelante	3
Número de marchas de reversa	3
Tipo de transmisión	Power Shift
Velocidad máxima adelante	10.9 Km/h
Velocidad máxima de reversa	13.8 Km/h
Área de contacto con suelo	3.2 m2
Número de pistas por lado	40
Número de rodillos de cadena (oruga) por lado	7
Presión de suelo	10 Psi
Tamaño de pista estándar	56 cm
Presión de válvula de escape	3306 Psi
Tipo de bomba hidráulica	PISTON

Tractor CAT D8T

FICHA TÉCNICA

CATERPILLAR® Tractor sobre Orugas CATERPILLAR D8T



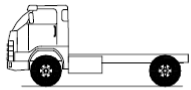
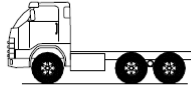
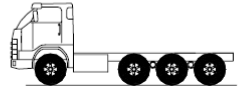
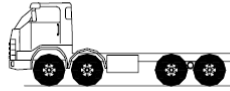
Dimensiones	
Peso operativo	39795 Kg
A. Longitud con cuchilla	609.1 cm
B. Anchura desde pistas	269.3 cm
C. Altura a la cabina	358.6 cm
D. Longitud de la cadena en suelo	320.7 cm
E. Distancia libre de piso a máquina	61.8 cm
F. Longitud sin cuchilla	464.1 cm
G. Ancho de vía	208.2 cm
H. Tamaño estándar de la pista	61 cm
Altura de bote	169 cm
Ancho de bote	394 cm
Capacidad de bote	8.7 m ³
Profundidad de excavación	57.5 cm
Alternador	100 amps
Capacidad de aceite de motor	38 Lt
Capacidad de aceite del tren motriz	155 Lt
Capacidad de bombeo de aceite hidráulico	276 L/min
Capacidad de refrigerante	77 Lt
Capacidad de sistema hidráulico	75 Lt
Capacidad de tanque de combustible	643 Lt
Capacidad final de aceite de accionamiento	12.5 Lt
Voltaje	24 V
Desplazamiento de motor	15.2 Lt
Marca de motor	CATERPILLAR
Modelo	C15 ACERT
Potencia bruta	347 Hp
Potencia neta	310 Hp
Número de marchas adelante	3
Número de marchas de reversa	3
Tipo de transmisión	Hydrostatic
Velocidad máxima adelante	10.6 Km/h
Velocidad máxima de reversa	14.2 Km/h
Área de contacto con suelo	3.6 m ²
Número de pistas por lado	44
Número de rodillos de cadena (oruga) por lado	8
Paso de la pista	21.6 cm
Tamaño de pista estándar	61 cm
Presión de válvula de escape	5685 Psi
Tipo de bomba hidráulica	piston-type, variable displacement

Camión 8x4

El Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, establece los pesos y medidas del Camión 8x4 de 32 toneladas.

ANEXO IV: PESOS Y MEDIDAS

1. PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
				Conjunto de ejes posteriores					
				1º	2º	3º	4º		
C2		12,30	7	11	—	—	—	18	
C3		13,20	7	18	—	—	—	25	
C4		13,20	7	23 ⁽¹⁾	—	—	—	30	
8x4		13,20	7+7 ⁽⁶⁾	18	—	—	—	32	

La separación entre ejes es: 1.90m, 3.80m y 1.35m.

La evaluación de la capacidad estructural de los puentes se realiza comparando los efectos de la carga de diseño HS-20 frente al efecto generado por el camión C3, CAT D7R, CAT D8T y Camión 8x4.

2.1. Puente Aija 01

2.1.1. Información de la estructura

Este puente de un tramo está ubicado sobre el río Aija, este se encuentra entre el proyecto 3 y proyecto 4 de Huarmey, sin cartel de identificación. Es un puente que consta de un tablero de concreto apoyado sobre dos vigas longitudinales también de concreto y que a su vez se apoyan sobre sus estribos. Este puente no cuenta con ninguna señalización en donde se indique el nombre de la estructura.

Longitud de puente: 10.60m

Ancho de vía: 3.80m

Galibo aparente: 4.00m

Coordenadas:

Punto	Zona	Este	Norte
402	18	192672	8903578



Ilustración 3 Vista del puente Aija 01 desde margen izquierdo



Ilustración 4 Vista del puente Aija 01 desde aguar abajo.



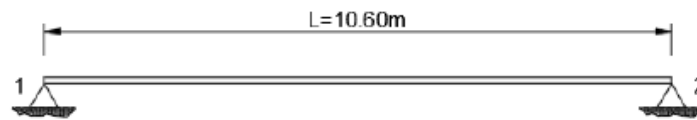
Ilustración 5 Estribo izquierdo del puente Aija 01

2.1.2. Evaluación de capacidad estructural del puente Aija 01.

1. Datos del puente

$L := 10.60 \text{ m}$ Longitud del puente

$L_c := L - 0.5 \text{ m} = 10.1 \text{ m}$ Longitud de cálculo



2. Análisis de efecto de carga C3

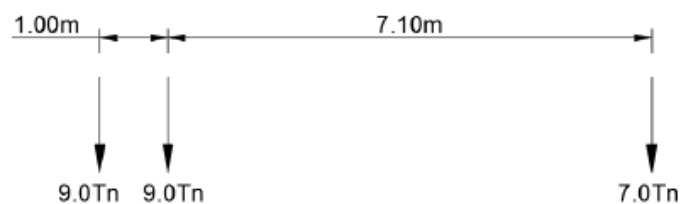
2.1. Datos del camión

$l_1 := 1.0 \text{ m}$ Longitud entre ejes 1 y 2

$l_2 := 7.60 \text{ m} - 0.5 \text{ m} = 7.1 \text{ m}$ Longitud de eje 2 a eje 3

$C1 := 9 \text{ Tn} = 88.26 \text{ kN}$ Carga concentrada en ejes posteriores 1 y 2

$C2 := 7 \text{ Tn} = 68.647 \text{ kN}$ Carga concentrada en eje delantero 3



CARGA TOTAL = 25Tn

2.2. Cálculo de Momento flector

$$e := \frac{l_1}{2} = 0.5 \text{ m}$$

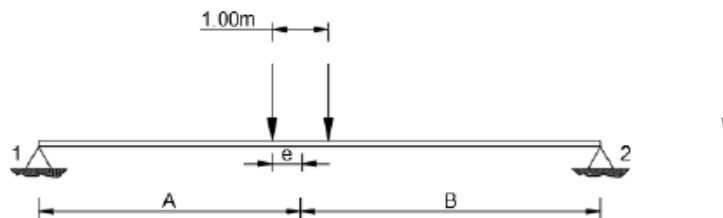
Excentricidad de carga

$$A := \frac{L_c}{2} - \frac{e}{2} = 4.8 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 1

$$B := L_c - A = 5.3 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 2



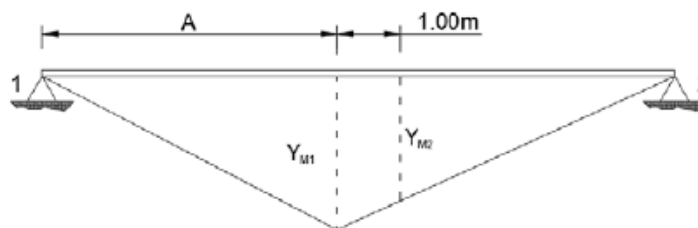
Cálculo de factores de línea de influencia

$$Y_{M1} := \frac{A \cdot B}{L_c} = 2.519 \text{ m}$$

Factor para carga de eje 1

$$Y_{M2} := \frac{Y_{M1} \cdot (B - l_1)}{B} = 2.044 \text{ m}$$

Factor para carga de eje 2



Momento producido por la carga viva

$$M_{L_C3} := C1 \cdot Y_{M1} + C1 \cdot Y_{M2} = 402.675 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Usualmente estos camiones circulan a una velocidad controlada, por lo que los efectos de impacto generados en el tablero del puente son bajos (menos del 10%); sin embargo, de manera conservadora tomaremos que este impacto es 30%

Amplificación por impacto (I=30%)

$$M_{L,I_C3} := 1.3 \cdot M_{L_C3} = 523.477 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.3. Calculo de Fuerza cortante

$$Y_{C1} := 1.0$$

Factor para carga de eje 1

$$Y_{C2} := \frac{L_c - l_1}{L_c} = 0.901$$

Factor para carga de eje 2

$$Y_{C3} := \frac{L_c - l_1 - l_2}{L_c} = 0.198$$

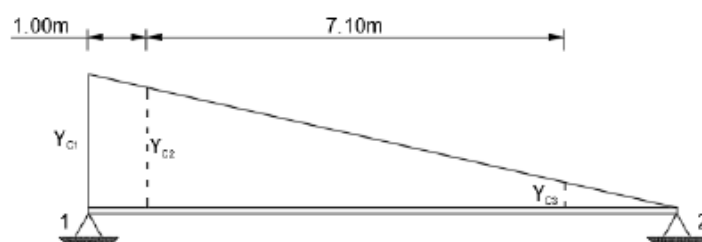
Factor para carga de eje 3

Fuerza cortante producida por carga viva

$$V_{L_C3} := C1 \cdot Y_{C1} + C1 \cdot Y_{C2} + C2 \cdot Y_{C3} = 181.374 \text{ kN}$$

Amplificación por impacto (I=30%)

$$V_{L,I_C3} := 1.3 \cdot V_{L_C3} = 235.787 \text{ kN}$$



3. Análisis de efecto de carga HS20

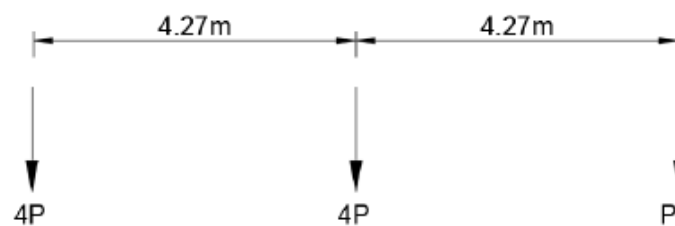
3.1. Datos del camión

$$l_1 := 4.27 \text{ m}$$

Longitud entre ejes

$$P := 8000 \text{ lbf} = 35.586 \text{ kN}$$

Carga P



3.2. Calculo de Momento flector

$$e := \frac{l_1}{2} = 2.135 \text{ m}$$

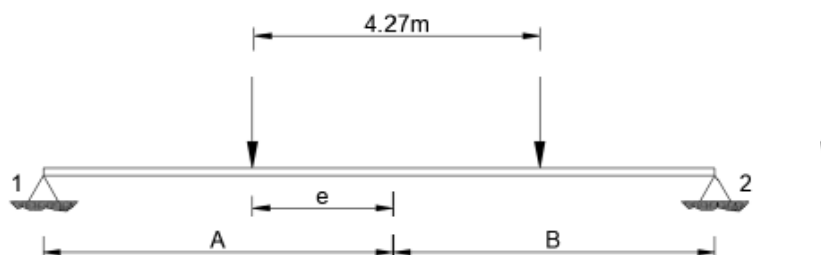
Excentricidad de carga

$$A := \frac{L_c}{2} - \frac{e}{2} = 3.983 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 1

$$B := L_c - A = 6.118 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 2



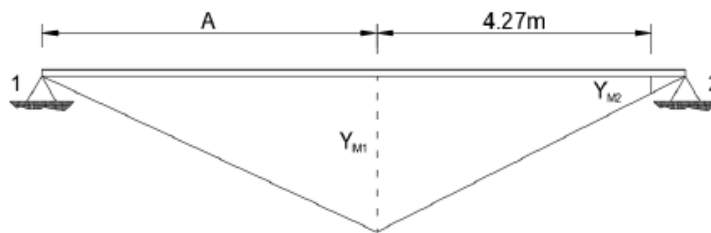
Cálculo de factores de línea de influencia

$$Y_{M1} := \frac{A \cdot B}{L_c} = 2.412 \text{ m}$$

Factor para carga de eje 1

$$Y_{M2} := \frac{Y_{M1} \cdot (B - l_1)}{B} = 0.728 \text{ m}$$

Factor para carga de eje 2



Momento producido por la carga viva

$$M_{L_{HS20}} := 4 \cdot P \cdot Y_{M1} + 4 \cdot P \cdot Y_{M2} = 447.051 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Amplificación por impacto (I=30%)

$$M_{L_I_{HS20}} := 1.3 \cdot M_{L_{HS20}} = 581.166 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.3. Cálculo de Fuerza cortante

$$Y_{C1} := 1.0$$

Factor para carga de eje 1

$$Y_{C2} := \frac{L_c - l_1}{L_c} = 0.577$$

Factor para carga de eje 2

$$Y_{C3} := \frac{L_c - 2 l_1}{L_c} = 0.154$$

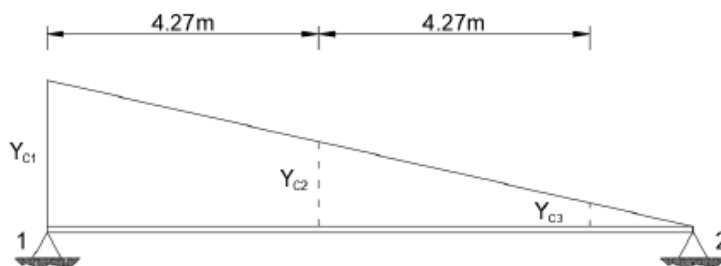
Factor para carga de eje 3

Fuerza cortante producida por carga viva

$$V_{L_HS20} := 4 P \cdot Y_{C1} + 4 P \cdot Y_{C2} + P \cdot Y_{C3} = 230.004 \text{ kN}$$

Amplificación por impacto (I=30%)

$$V_{L,I_HS20} := 1.3 \cdot V_{L_HS20} = 299.005 \text{ kN}$$



$$M_{L,I_HS20} = 581.166 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{L,I_C3} = 523.477 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ok}$$

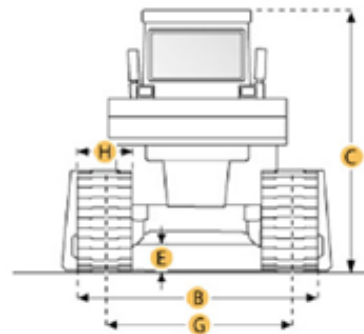
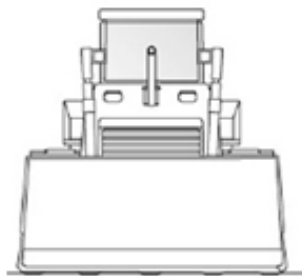
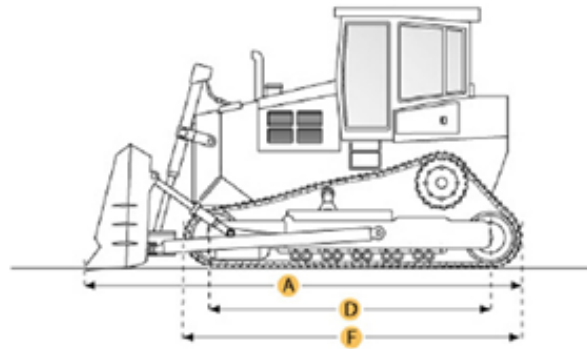
$$V_{L,I_HS20} = 299.005 \text{ kN} > V_{L,I_C3} = 235.787 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

Se observa que las demandas producidas por la carga HS20 son mayores a las producidas por la carga C3

Determinación de las demandas debido al paso del Tractor CAT-D7R.

DETERMINACIÓN DE DEMANDAS - TRACTOR D7R

Del catálogo del fabricantes obtenemos el peso y las dimensiones del Tractor D7R.



$$P := 245.85 \text{ kN}$$

Peso del Tractor D7R

$$D := 2.878 \text{ m}$$

Longitud de la cadena en el suelo

$$H := 0.56 \text{ m}$$

Tamaño estandar de la pista

$$N := 2$$

Número de orugas

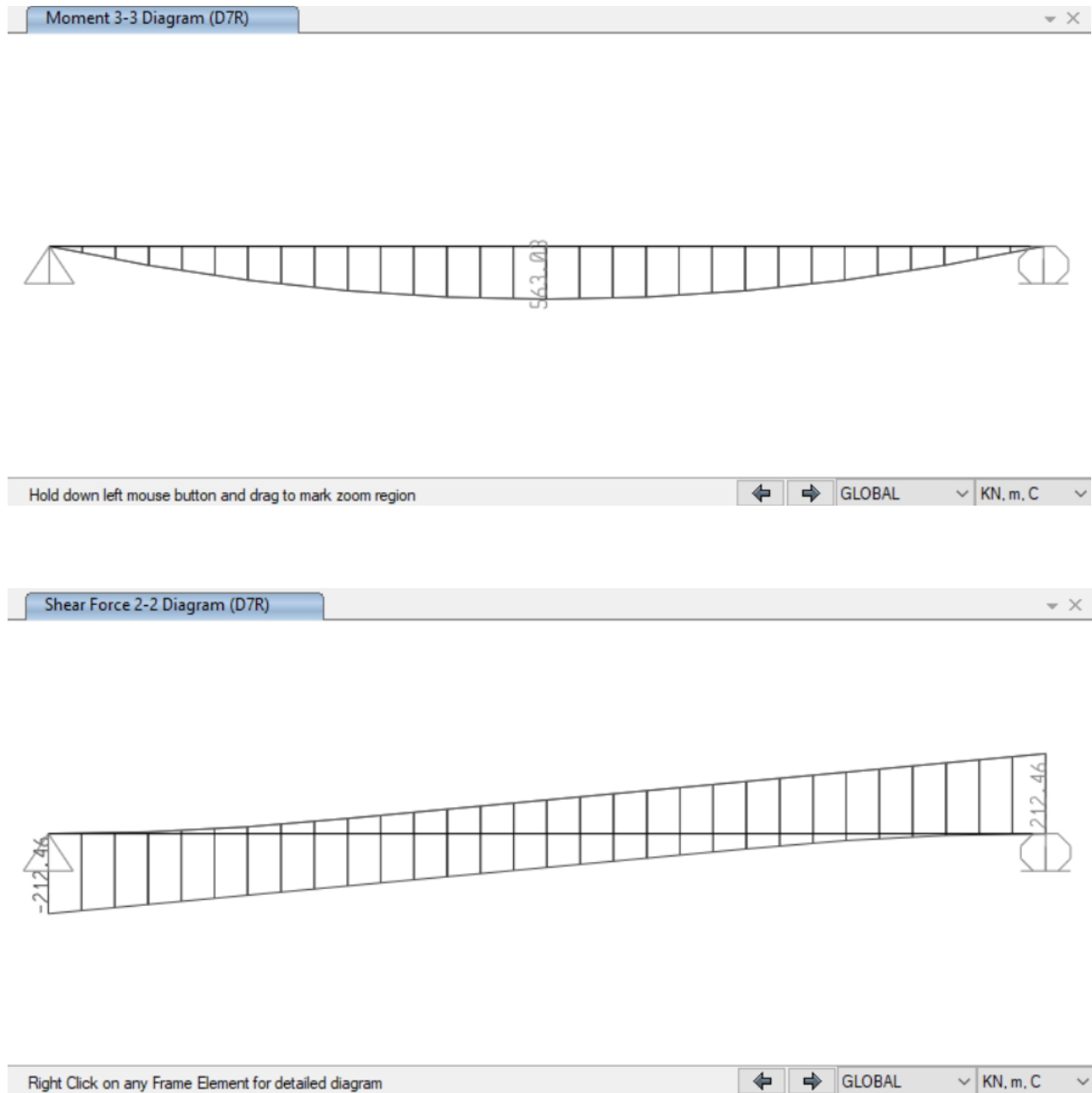
$$Q_{\text{area}} := \frac{P}{N \cdot (D \cdot H)} = 76.27 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Presión transmitida por D7R

$$Q := Q_{\text{area}} \cdot 2H = 85.42 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga lineal equivalente

Resultado del análisis estructural, obtenemos los siguientes diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes.

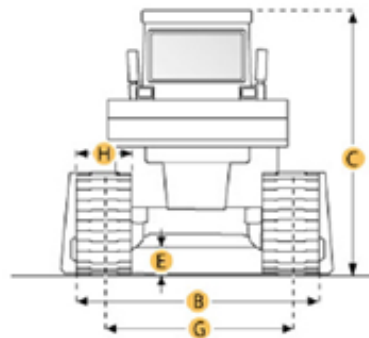
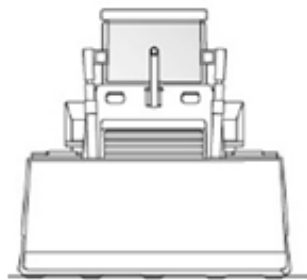
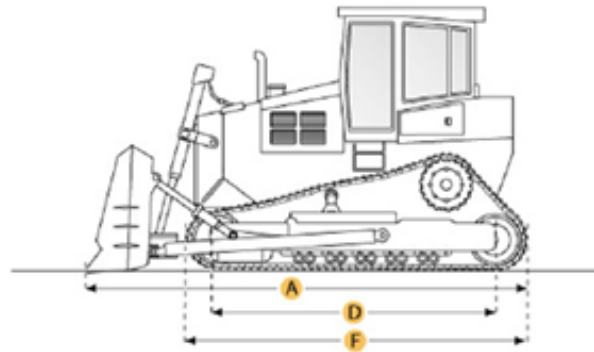


El momento flector máximo es igual a $563.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$ y la máxima fuerza cortantes es igual a 212.46 kN , dichas demandas son inferiores al efecto producido por la sobrecarga HS20.

Determinación de las demandas debido al paso del Tractor CAT-D8T.

DETERMINACIÓN DE DEMANDAS - TRACTOR D8T

Del catálogo del fabricantes obtenemos el peso y las dimensiones del Tractor D8T.



$$P := 400\text{kN}$$

$$D := 3.207\text{m}$$

$$H := 0.61\text{m}$$

$$N := 2$$

$$Q_{\text{area}} := \frac{P}{N \cdot (D \cdot H)} = 102.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q := Q_{\text{area}} \cdot 2H = 124.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Peso del Tractor D8T

Longitud de la cadena en el suelo

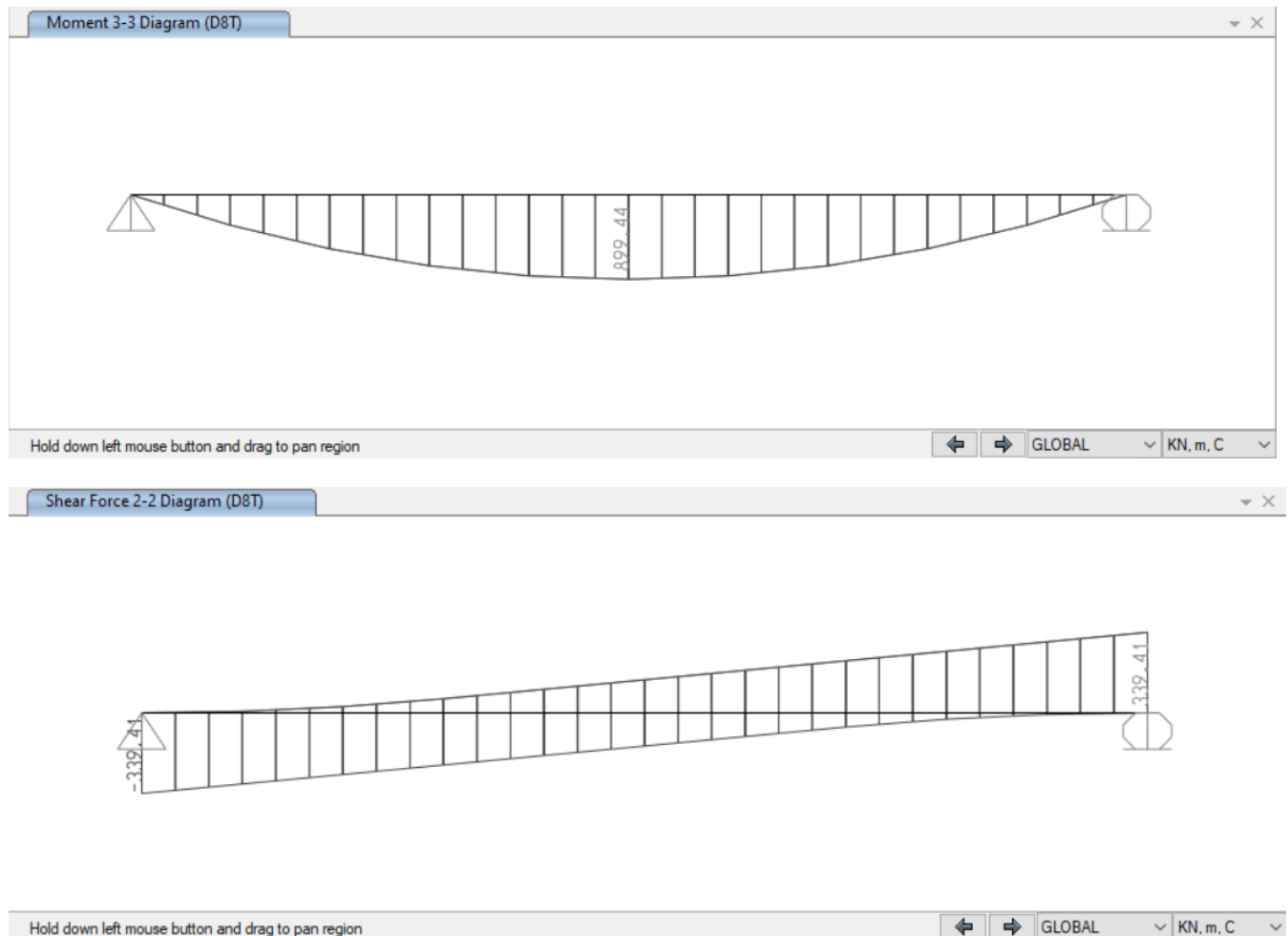
Tamaño estándar de la pista

Número de orugas

Presión transmitida por D8T

Carga lineal equivalente

Resultado del análisis estructural, obtenemos los siguientes diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes.



El momento flector máximo es igual a 899.44kN*m y la máxima fuerza cortantes es igual a 339.41kN, dichas demandas superan al efecto producido por la sobrecarga HS20. Por lo tanto, es necesario el reforzamiento y/o apuntalamiento de la estructura previo al paso del Tractor D8T.

Determinación de las demandas debido al paso del Camión 8x4.

B Vehicle Data - Vertical Loading

Loads

Uniform Load Scale Factor: 1 Axle Load Scale Factor: 1

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Zero Width		70.	One Point	
Leading Load	Infinite		0.	Zero Width		70.	One Point	
Fixed Length	1.9		0.	Zero Width		70.	One Point	
Fixed Length	3.8		0.	Zero Width		90.	One Point	
Fixed Length	1.35		0.	Zero Width		90.	One Point	
Trailing Load	Infinite		0.	Zero Width				

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0	One Point	1
For Other Responses	0	One Point	1

Floating Axle Load Scale Factor: 1

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

☐ Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

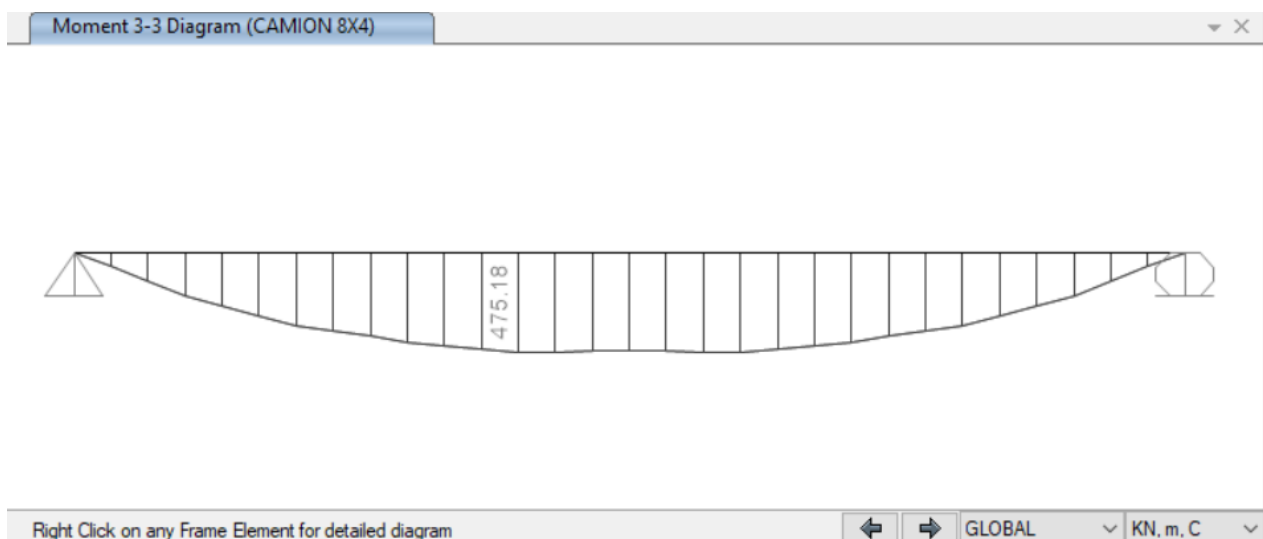
Superelevation Effects

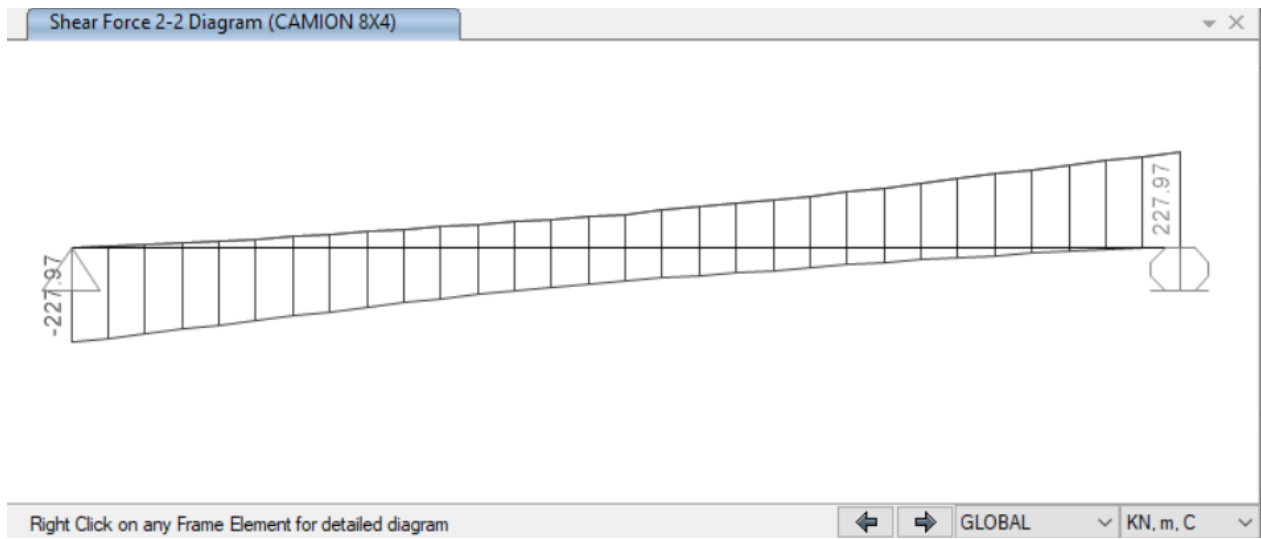
☐ Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor: Uniform Load Factor:

OK Cancel

Resultado del análisis estructural, obtenemos los siguientes diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes.





El momento flector máximo es igual a 475.18kN*m y la máxima fuerza cortante es igual a 227.97kN, dichas demandas no superan al efecto producido por la sobrecarga HS20.

2.2. Puente Aija 02

2.2.1. Información de la estructura

Este puente de un tramo está ubicado sobre el río Aija, se encuentra entre el proyecto 3 y proyecto 4 de Huarmey. No cuenta con cartel de identificación. Es un puente que consta de un tablero de concreto apoyado sobre dos vigas longitudinales de concreto y que a su vez se soportan en sus estribos. La particularidad de este puente es que uno de los estribos está cimentado sobre una roca arrastrada por el río. Este puente no cuenta con ninguna señalización en donde se indique el nombre de la estructura.

Longitud de puente: 9.00m

Ancho de vía: 3.80m

Galibo aparente: 4.00m

Coordenadas:

Punto	Zona	Este	Norte
401	18	195065	8903845



Ilustración 6 Vista del puente Aija 02 desde el margen derecho.



Ilustración 7 Vista del puente Aija 02 desde aguas arriba



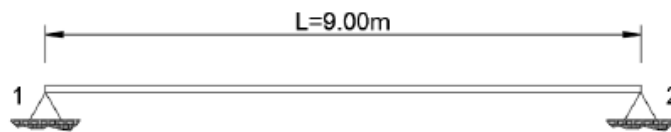
Ilustración 8 Vista del puente Aija 02 desde aguas abajo

2.2.2.2.1.2. Evaluación de capacidad estructural del puente Aija 02.

1. Datos del puente

$L := 9.00 \text{ m}$ Longitud del puente

$L_c := L - 0.5 \text{ m} = 8.5 \text{ m}$ Longitud de cálculo



2. Análisis de efecto de carga C3

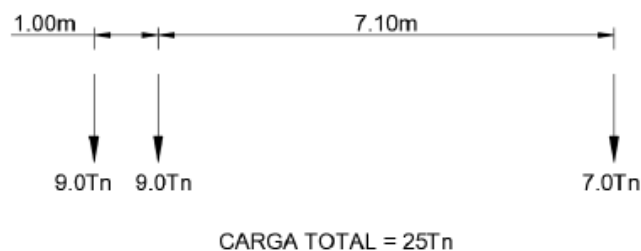
2.1. Datos del camión

$l_1 := 1.0 \text{ m}$ Longitud entre ejes 1 y 2

$l_2 := 7.60 \text{ m} - 0.5 \text{ m} = 7.1 \text{ m}$ Longitud de eje 2 a eje 3

$C1 := 9 \text{ Tn} = 88.26 \text{ kN}$ Carga concentrada en ejes posteriores 1 y 2

$C2 := 7 \text{ Tn} = 68.647 \text{ kN}$ Carga concentrada en eje delantero 3



2.2. Cálculo de Momento flector

$$e := \frac{l_1}{2} = 0.5 \text{ m}$$

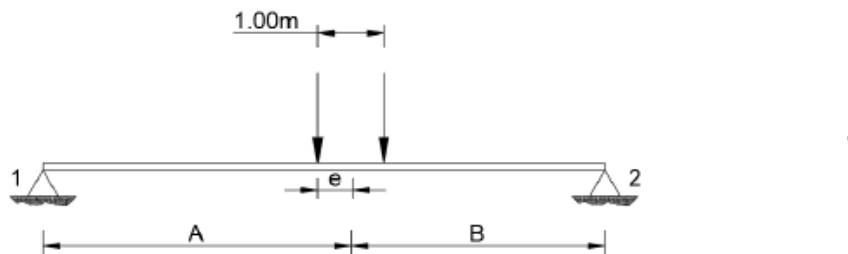
Excentricidad de carga

$$A := \frac{L_c}{2} - \frac{e}{2} = 4 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 1

$$B := L_c - A = 4.5 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 2



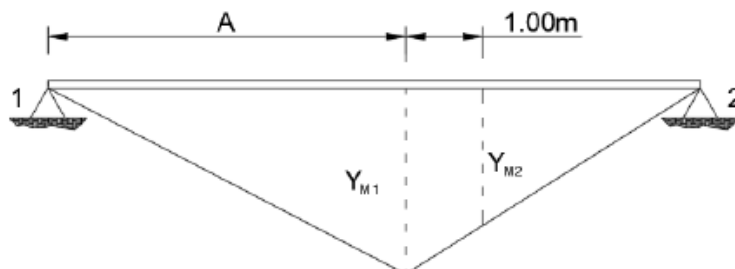
Cálculo de factores de línea de influencia

$$Y_{M1} := \frac{A \cdot B}{L_c} = 2.118 \text{ m}$$

Factor para carga de eje 1

$$Y_{M2} := \frac{Y_{M1} \cdot (B - l_1)}{B} = 1.647 \text{ m}$$

Factor para carga de eje 2



Momento producido por la carga viva

$$M_{L_C3} := C1 \cdot Y_{M1} + C1 \cdot Y_{M2} = 332.272 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Usualmente estos camiones circulan a una velocidad controlada, por lo que los efectos de impacto generados en el tablero del puente son bajos (menos del 10%); sin embargo, de manera conservadora tomaremos que este impacto es 30%

Amplificación por impacto (I=30%)

$$M_{L_I_C3} := 1.3 \cdot M_{L_C3} = 431.954 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.3. Calculo de Fuerza cortante

$$Y_{C1} := 1.0$$

Factor para carga de eje 1

$$Y_{C2} := \frac{L_c - l_1}{L_c} = 0.882$$

Factor para carga de eje 2

$$Y_{C3} := \frac{L_c - l_1 - l_2}{L_c} = 0.047$$

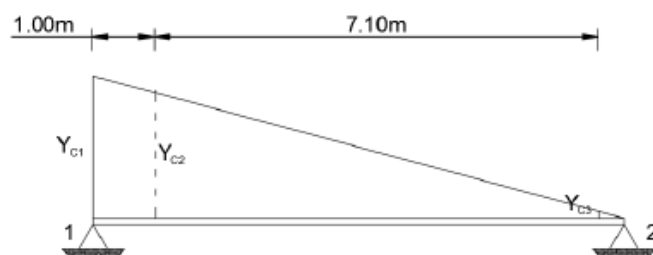
Factor para carga de eje 3

Fuerza cortante producida por carga viva

$$V_{L_C3} := C1 \cdot Y_{C1} + C1 \cdot Y_{C2} + C2 \cdot Y_{C3} = 169.367 \text{ kN}$$

Amplificación por impacto (I=30%)

$$V_{L_I_C3} := 1.3 \cdot V_{L_C3} = 220.177 \text{ kN}$$



3. Análisis de efecto de carga HS20

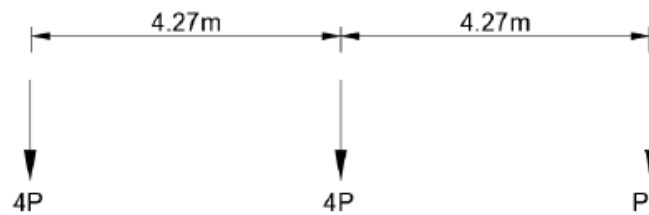
3.1. Datos del camión

$$l_1 := 4.27 \text{ m}$$

Longitud entre ejes

$$P := 8000 \text{ lbf} = 35.586 \text{ kN}$$

Carga P



3.2. Calculo de Momento flector

$$e := \frac{l_1}{2} = 2.135 \text{ m}$$

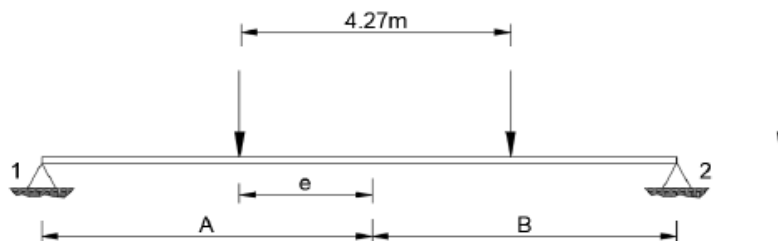
Excentricidad de carga

$$A := \frac{L_c}{2} - \frac{e}{2} = 3.183 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 1

$$B := L_c - A = 5.318 \text{ m}$$

Posición de momento máximo respecto a apoyo 2



2.3. Calculo de Fuerza cortante

$$Y_{C1} := 1.0$$

Factor para carga de eje 1

$$Y_{C2} := \frac{L_c - l_1}{L_c} = 0.498$$

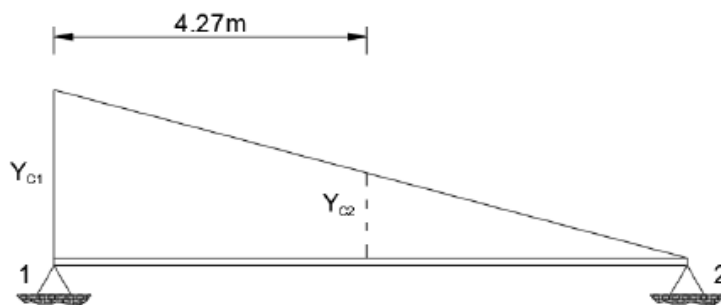
Factor para carga de eje 2

Fuerza cortante producida por carga viva

$$V_{L_HS20} := 4 P \cdot Y_{C1} + 4 P \cdot Y_{C2} + P \cdot Y_{C3} = 214.854 \text{ kN}$$

Amplificación por impacto (I=30%)

$$V_{L,I_HS20} := 1.3 \cdot V_{L_HS20} = 279.311 \text{ kN}$$



$$M_{L,I_HS20} = 440.989 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{L,I_C3} = 431.954 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ok}$$

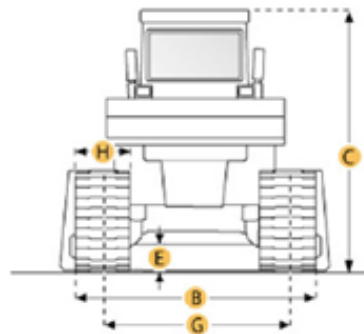
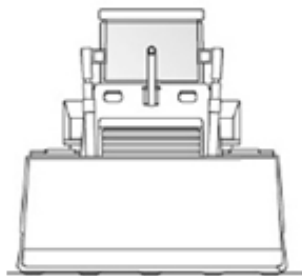
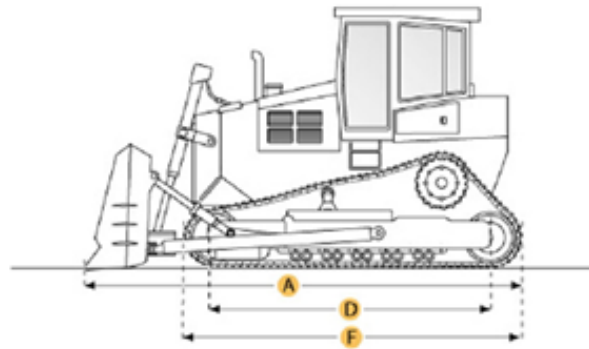
$$V_{L,I_HS20} = 279.311 \text{ kN} > V_{L,I_C3} = 220.177 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

Se observa que las demandas producidas por la carga HS20 son mayores a las producidas por la carga C3

Determinación de las demandas debido al paso del Tractor CAT-D7R.

DETERMINACIÓN DE DEMANDAS - TRACTOR D7R

Del catálogo del fabricantes obtenemos el peso y las dimensiones del Tractor D7R.



$$P := 245.85 \text{ kN}$$

Peso del Tractor D7R

$$D := 2.878 \text{ m}$$

Longitud de la cadena en el suelo

$$H := 0.56 \text{ m}$$

Tamaño estandar de la pista

$$N := 2$$

Número de orugas

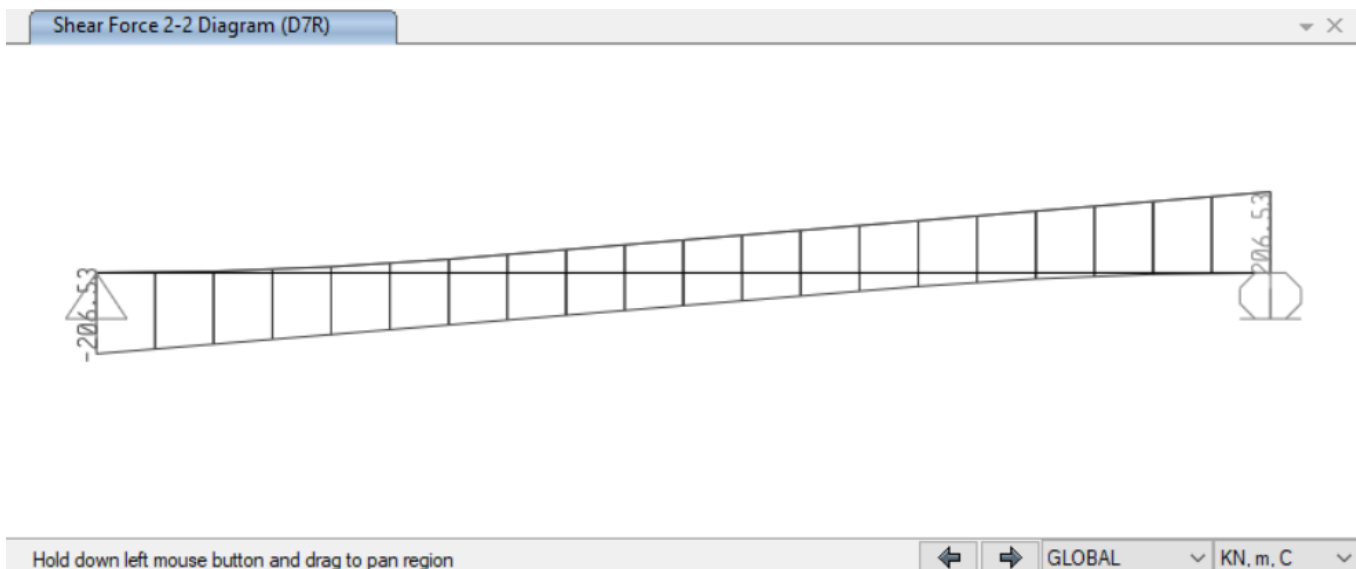
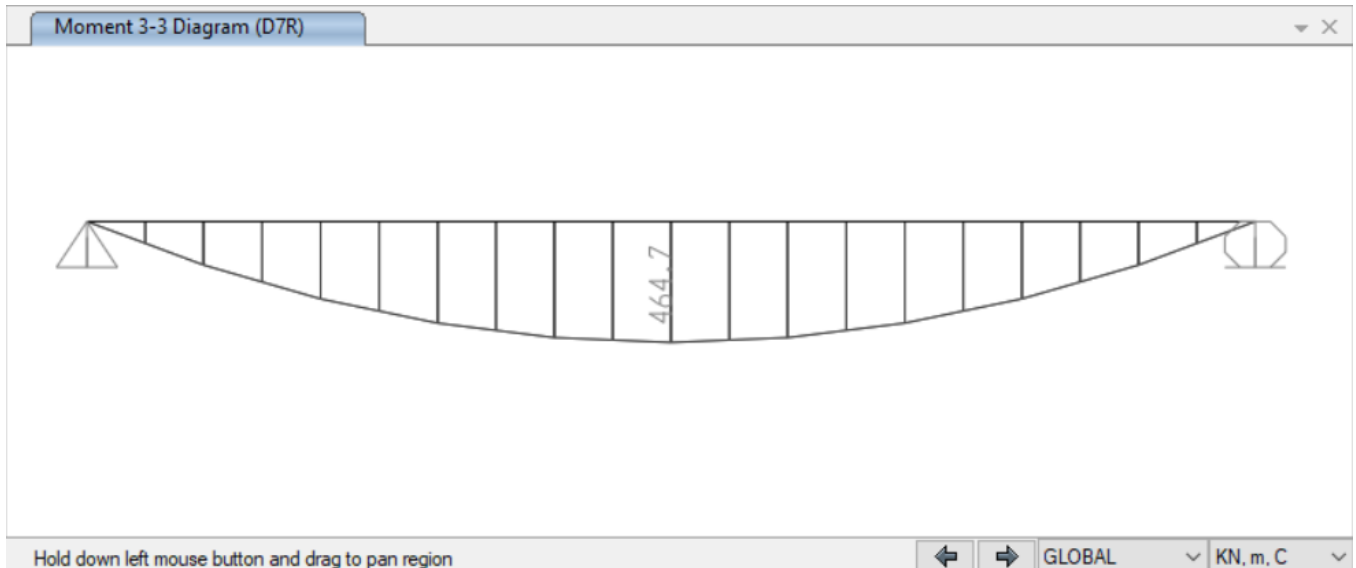
$$Q_{\text{area}} := \frac{P}{N \cdot (D \cdot H)} = 76.27 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Presión transmitida por D7R

$$Q := Q_{\text{area}} \cdot 2H = 85.42 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga lineal equivalente

Resultado del análisis estructural, obtenemos los siguientes diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes.

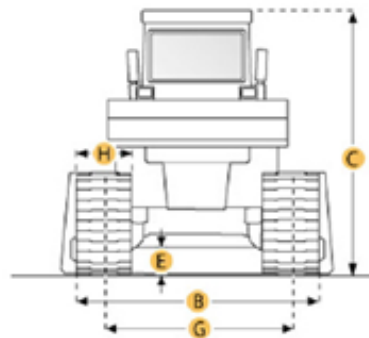
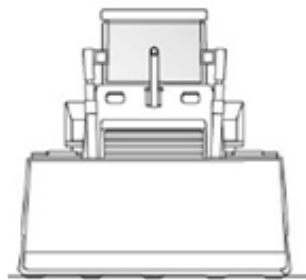
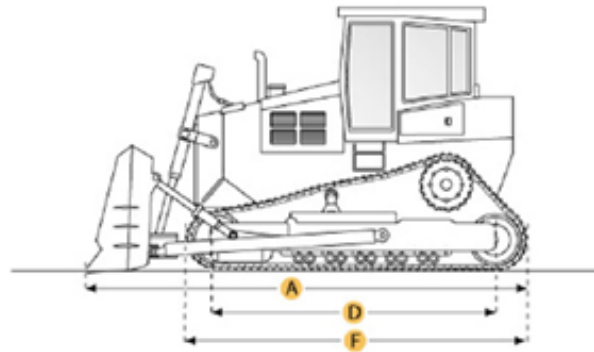


El momento flector máximo es igual a 464.70kN*m y la máxima fuerza cortantes es igual a 206.53kN, dichas demandas son inferiores al efecto producido por la sobrecarga HS20.

Determinación de las demandas debido al paso del Tractor CAT-D8T.

DETERMINACIÓN DE DEMANDAS - TRACTOR D8T

Del catálogo del fabricantes obtenemos el peso y las dimensiones del Tractor D8T.



$$P := 400\text{kN}$$

Peso del Tractor D8T

$$D := 3.207\text{m}$$

Longitud de la cadena en el suelo

$$H := 0.61\text{m}$$

Tamaño estándar de la pista

$$N := 2$$

Número de orugas

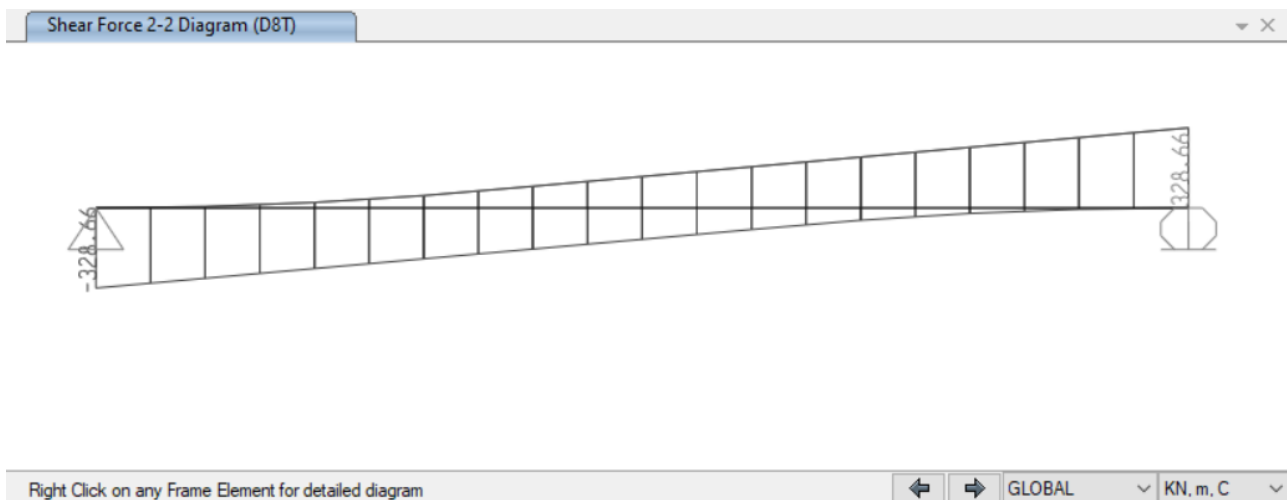
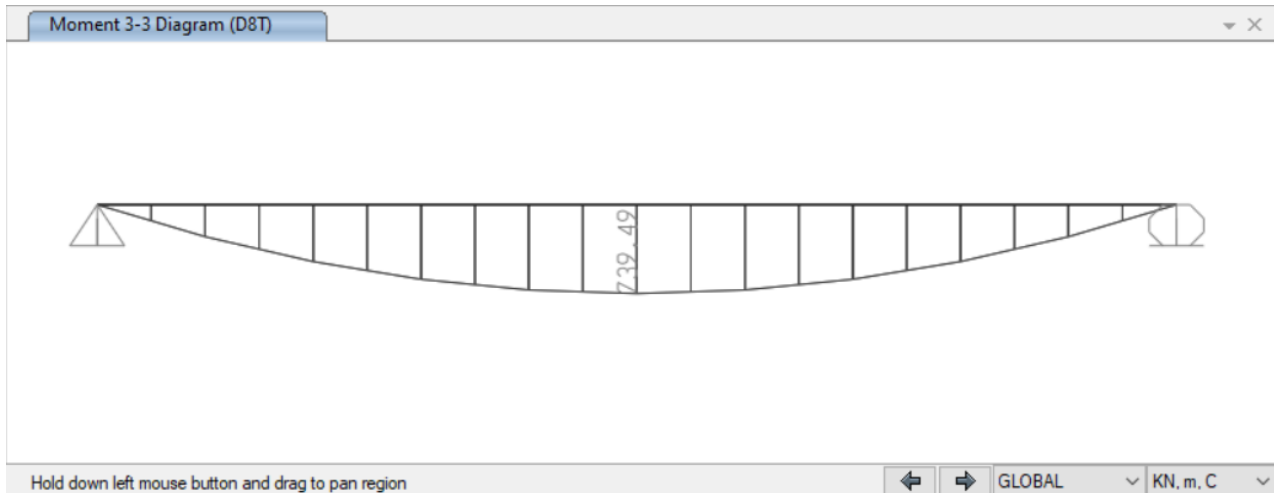
$$Q_{\text{area}} := \frac{P}{N \cdot (D \cdot H)} = 102.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Presión transmitida por D8T

$$Q := Q_{\text{area}} \cdot 2H = 124.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga lineal equivalente

Resultado del análisis estructural, obtenemos los siguientes diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes.



El momento flector máximo es igual a $739.49 \text{ kN}\cdot\text{m}$ y la máxima fuerza cortantes es igual a 328.66 kN , dichas demandas superan al efecto producido por la sobrecarga HS20. Por lo tanto, es necesario el reforzamiento y/o apuntalamiento de la estructura previo al paso del Tractor D8T.

Determinación de las demandas debido al paso del Camión 8x4

B Vehicle Data - Vertical Loading

Loads

Uniform Load Scale Factor: 1 Axle Load Scale Factor: 1

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Zero Width		70.	One Point	
Leading Load	Infinite		0.	Zero Width		70.	One Point	
Fixed Length	1.9		0.	Zero Width		70.	One Point	
Fixed Length	3.8		0.	Zero Width		90.	One Point	
Fixed Length	1.35		0.	Zero Width		90.	One Point	
Trailing Load	Infinite		0.	Zero Width				

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0	One Point	1
For Other Responses	0	One Point	1

Floating Axle Load Scale Factor: 1

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

☐ Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

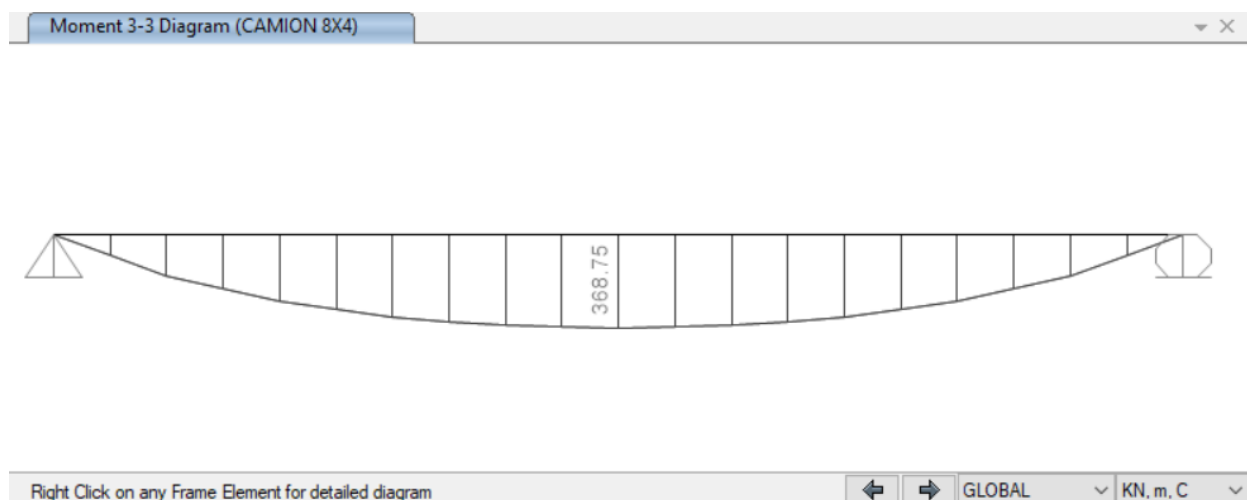
OK Cancel

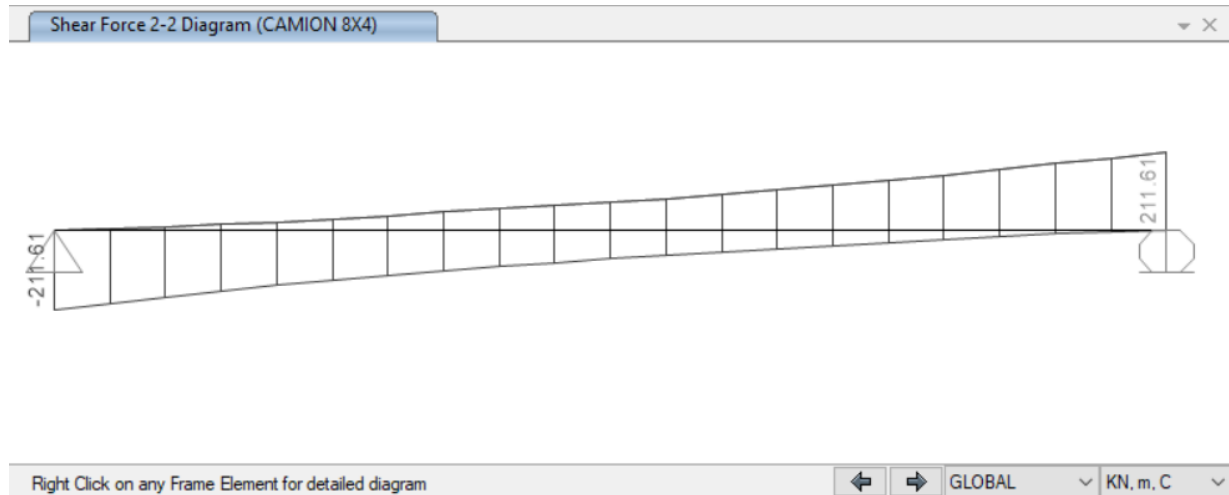
Superelevation Effects

☐ Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor: Uniform Load Factor:

Resultado del análisis estructural, obtenemos los siguientes diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes.





El momento flector máximo es igual a 368.75kN*m y la máxima fuerza cortantes es igual a 211.61kN, dichas demandas no superan al efecto producido por la sobrecarga HS20.

3. Conclusiones

- Las demandas debido a la carga del Camión C3 son menores respecto a las demandas producidas por la carga de diseño, por lo que los puentes serán capaces de resistir el paso del camión C3.
- Las demandas debido a la carga del Tractor CAT D7R son inferiores respecto a las demandas producidas por la carga de diseño, por lo que los puentes serán capaces de resistir el paso del Tractor CAT D7R.
- Las demandas debido a la carga del Tractor CAT D8T son mayores respecto a las demandas producidas por la carga de diseño, por lo que los puentes no serán capaces de resistir el paso del Tractor CAT D8T.
- Las demandas debido a la carga del Camión 8x4 son menores respecto a las demandas producidas por la carga de diseño, por lo que los puentes serán capaces de resistir el paso del Camión 8x4.

4. Recomendaciones

- Se recomienda emplear los vehículos Camión C3, Camión 8x4 y tractor CAT D7R para transportar los elementos necesarios para el desarrollo del proyecto. La velocidad de circulación de estos equipos en la zona del puente debe ser controlada (menor a 20km/h) y deben circular por el eje de la vía a fin de transmitir los esfuerzos de manera uniforme a los diferentes elementos estructurales.
- Reforzar y/o apuntalar los puentes, previo al paso del Tractor CAT D8T.