



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**EFFECTOS DE VEHÍCULOS DE ALTA PRODUCTIVIDAD EN PUENTES SIMPLEMENTE
APOYADOS**

POR

Fernando Omar Fuentes Reyes

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al título profesional de Ingeniero Civil

Profesor Guía
Víctor Aguilar Vidal

Profesional Supervisor
Tomás Echaveguren Navarro

Abril 2025
Concepción (Chile)

© 2025 Fernando Omar Fuentes Reyes

© 2025 Fernando Omar Fuentes Reyes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Clara y Alejandro, por su descomunal esfuerzo el cual me permitió estudiar lejos de casa y cuyo apoyo incondicional fue mi mayor fortaleza en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) por el financiamiento otorgado a través del proyecto “Fondecyt de Iniciación 11230092, Etapa 2024”.

Igualmente, quiero agradecer profundamente a mi profesor guía, el Dr. Víctor Aguilar, por su invaluable paciencia y compromiso para el desarrollo de esta memoria, en donde su amplio conocimiento y buena disposición fueron fundamentales para la culminación del trabajo. Quiero agradecerle además por su valiosa guía la cual fue fundamental para mi crecimiento académico y personal.

Agradecerle también al Dr. Tomás Echaveguren quien formó parte de mi comisión, por su valioso conocimiento y dedicar su tiempo a resolver dudas fundamentales que enriquecieron este proceso de investigación.

Resumen

La correcta representación de los efectos estructurales inducidos por el tráfico en el proceso de diseño de puentes es fundamental. Actualmente, dicho proceso se realiza en el país con los patrones de carga HS20-44 + %20 sugerido por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile, y con el HL-93 usado generalmente en proyectos concesionados. Sin embargo, la industria de transporte terrestre está en constante actualización y surgen tecnologías como los Vehículos de Alta Productividad (VAPs). Este tipo de vehículos no están contemplados en los patrones de carga mencionados lo que crea incertidumbre acerca de la seguridad asociada al tránsito de estos vehículos sobre la infraestructura vial. En base a esto surge esta memoria cuyo objetivo es cuantificar las diferencias de efectos estructurales producidos por los Vehículos de Alta Productividad y los principales patrones de carga de diseño.

Se recopilaron múltiples camiones que clasifican como VAPs y se caracterizaron a partir del espaciamiento entre ejes y la carga por eje. Se obtuvieron los máximos momentos flectores y fuerzas cortantes producidos tanto por los patrones de carga como por los Vehículos de Alta Productividad y se compararon. A partir de los resultados se elaboraron sugerencias de patrones de carga que podrían representar de mejor manera estos vehículos.

Se obtuvo en la gran mayoría de casos que los Vehículos de Alta Productividad producen mayores momentos y cortes que los patrones de carga de diseño, evidenciando así la limitada capacidad de estos patrones para representar de forma precisa los efectos de los VAPs. El patrón HL-93, pese a tener resultados por debajo de lo deseado, es posible realizarle ciertas modificaciones que permiten representar vehículos con hasta un peso bruto total de 75t.

Debido a las grandes diferencias de solicitaciones producidos entre los Vehículos de Alta Productividad, el HS20-44 + 20% y el HL-93. Se concluyó que el tránsito frecuente de los VAPs sobre puentes chilenos no es recomendable hasta al menos, realizar ciertas reformas a los patrones de carga usados actualmente en el diseño de puentes.

Abstract

The accurate representation of structural effects induced by traffic is essential in the bridge design process. In Chile, this process is currently carried out using the HS20-44+20% load pattern, as recommended by the Road Directorate of the Ministry of Public Works, and the HL-93 load pattern, which is generally used in concession projects. However, the road transport industry is constantly evolving, introducing new technologies such as High-Capacity Vehicles (HCVs). These vehicles are not considered in the load patterns, creating uncertainty about the safety of their transit on existing infrastructure. Based on this, the present study aims to quantify the differences in structural effects produced by High-Capacity Vehicles compared to conventional design load patterns.

To achieve this, multiple trucks classified as HCVs were analyzed based on axle spacing and individual axle loads. The maximum bending moments and shear forces generated by both the conventional load patterns and HCVs were determined and compared. Based on the results, recommendations for updated load patterns that better represent these vehicles were developed.

In most cases, it was found that High-Capacity Vehicles produce higher bending moments and shear forces than conventional design load patterns, highlighting the limited capacity of these patterns to accurately represent the effects of HCVs. Although the HL-93 pattern yields lower-than-desired results, certain modifications can be made to allow it to represent vehicles with a gross vehicle weight (GVW) of up to 75 tons.

Due to the significant differences in demands produced between High-Capacity Vehicles, HS20-44+20%, and HL-93, the study concludes that frequent HCV traffic on Chilean bridges is not advisable unless revisions are made to the current load patterns used in bridge design.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivo General	1
1.3 Objetivos Específicos	2
1.4 Alcances	2
1.5 Metodología de Trabajo	2
1.6 Principales Resultados y Conclusiones	3
1.7 Organización de la Memoria	3
CAPÍTULO 2: CARGA VIVA EN PUENTES.....	5
2.1 Introducción	5
2.2 Conceptos Clave.....	5
2.2.1 Cargas Vivas	5
2.2.2 Patrón de Cargas.....	5
2.2.3 Teorema de Barre	7
2.2.4 Camión Bitren	7
2.2.5 Grupo de Eje y Rodado	8
2.2.6 Peso Bruto Total.....	8
2.2.7 Peso por Eje y Espaciamiento entre Ejes	8
2.2.8 Manual de Carreteras	8
2.3 Normativa Vigente	9
2.3.1 Decreto 158	9
2.3.2 Resolución 1	10
2.3.3 Decreto 19	11
2.4 Contexto Internacional	11
2.4.1 Sudamérica	11
2.4.2 Canadá.....	12
2.4.3 Australia	12
2.4.4 Estados Unidos.....	13
2.5 Trabajos Asociados	13
2.6 Conclusiones	14

CAPÍTULO 3: DESARROLLO METODOLÓGICO PARA EL ESTUDIO DE CARGAS DE VAPS Y LAS CARGAS DE DISEÑO.....	15
3.1 Introducción	15
3.2 Metodología General.....	15
3.3 Identificación de Vehículos de Alta Productividad.....	15
3.4 Momentos y Fuerzas de Corte de VAPs	16
3.5 Momentos y Fuerzas de Corte de Patrones de Carga Normativos.....	18
3.6 Estimación Patrón de Carga para VAPs.....	21
3.7 Conclusiones	22
CAPÍTULO 4: COMPARACIÓN DE DEMANDAS: VAPS VS. PATRONES DE CARGA CONVENCIONALES.....	23
4.1 Introducción	23
4.2 Vehículos de Alta Productividad Caracterizados	23
4.3 Momentos y Fuerzas de Corte.....	28
4.3.1 Comparación de Momentos y Cortes entre VAPs y HS20-44+20%	30
4.3.2 Comparación de Momentos y Cortes entre VAPs y HL-93.....	31
4.4 Patrones de Carga Adaptados.....	33
4.4.1 HL-93 Amplificado	33
4.4.2 Camión de 5 Ejes con Carga de Faja.....	36
4.5 Conclusiones	38
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	41
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Peso máximo permitido por grupo de eje a partir del DS 158/80 MOP	9
Tabla 2.2 Largo máximo entre extremos del vehículo a partir de la Res. 1/95 MTT	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Patrón de Carga HS20-44	6
Figura 2.2 Patrón de Carga HL-93	7
Figura 4.1 Configuración TSR de 45 ton	24
Figura 4.2 Configuración CR de 45 ton	24
Figura 4.3 Configuración BT3 de 61 ton	25
Figura 4.4 Configuración BT6 de 75 ton	25
Figura 4.5 Configuración 7E1 de 63 ton	25
Figura 4.6 Configuración 7E2 de 67 ton	26
Figura 4.7 Configuración 7E3 de 73 ton	26
Figura 4.8 Configuración BT1 de 50 ton	26
Figura 4.9 Configuración BT2 de 55.5 ton	27
Figura 4.10 Configuración BT4 de 62.5 ton	27
Figura 4.11 Configuración BT4 de 58.5 ton	28
Figura 4.12 Configuración BT4 de 62.5 ton	28
Figura 4.13 Gráfico Comparativo de Momentos	29
Figura 4.14 Gráfico Comparativo de Cortes	29
Figura 4.15 Comparación de Momentos Producidos por VAPs y HS20-44.....	30
Figura 4.16 Comparación de Cortes Producidos por VAPs y HS20-44	31
Figura 4.17 Comparación de Momentos Producidos por VAPs y HL-93	32
Figura 4.18 Comparación de Cortes Producidos por VAPs y HL-93	33
Figura 4.19 Razones de Momento entre VAPs con $PBT \leq 65$ ton y HL-93 + 10%HS20	34
Figura 4.20 Razones de Corte entre VAPs con $PBT \leq 65$ ton y HL-93 + 10%HS20.....	34
Figura 4.21 Razones de Momento entre VAPs y HL-93 + 25%	35
Figura 4.22 Razones de Corte entre VAPs y HL-93 + 25%	35
Figura 4.23 Patrón de Carga Ficticio C5EF	36
Figura 4.24 Razones de Momento entre VAPs y Patrón de Cargas C5EF	37
Figura 4.25 Razones de Corte entre VAPs y Patrón de Cargas C5EF	37

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

Según Comisión de Transporte (2019) aproximadamente un 90% de la carga terrestre en Chile se transporta vía camiones. Es esperable entonces que exista interés por expandir la industria mediante la actualización de la flota camionera, imitando así lo realizado en algunos otros países (por ejemplo, Argentina y Brasil). Acá surgen los Vehículos de Alta Productividad (VAP), también llamados Configuraciones de Alto Tonelaje (CAT) o Vehículos de Alto Rendimiento (en inglés *High Capacity Vehicles* o HCVs). Estas nomenclaturas se refieren a vehículos de carga terrestre cuyo peso bruto total (PBT) excede las 45 ton, los cuales permitirían reducir la cantidad de vehículos necesarios para transportar una misma cantidad de carga.

En Sudamérica, ya hay países que permiten la circulación de VAPs, entre los que se encuentran, por ejemplo, Argentina y Brasil, quienes permiten pesos máximos de 75 y 91 ton respectivamente. Mientras que en Chile el tránsito libre de estos vehículos no está permitido de acuerdo con el Decreto Supremo 158/1980 Mod. 2015. Pueden producirse intentos por flexibilizar la normativa y así permitir el tránsito de VAPs. Sin embargo, aún hay desconocimiento sobre el impacto que pueda causar el tránsito recurrente de estos sobre la infraestructura vial chilena.

De aquí nace esta memoria, en donde se realizó una estimación acerca de las demandas generadas por el tránsito de VAPs en puentes simplemente apoyados con luces de entre 10 y 70 m. Para esto se compararon las solicitudes que los VAPs producen frente a los obtenidos por las cargas sugeridas en la normativa. También se evaluaron nuevos patrones de carga en caso de ser necesario para representar de mejor manera las cargas producidas por los VAPs.

1.2 Objetivo General

Analizar las diferencias de solicitudes producidas por el potencial tránsito de Vehículos de Alta Productividad en puentes simplemente apoyados frente a patrones de carga.

1.3 Objetivos Específicos

- a) Identificar Vehículos de Alta Productividad de posible recorrido en Chile.
- b) Cuantificar las fuerzas cortantes y momentos flectores producidos por los VAPs caracterizados y por los patrones de carga usados en el diseño de puentes chilenos, en diversos vanos.
- c) Comparar las demandas obtenidas entre los VAPs y los patrones de carga usados en el país.
- d) Elaborar patrones de carga que sirvan para representar las cargas de los VAPs a partir de las solicitudes producidas por estos.

1.4 Alcances

Esta memoria menciona los VAPs, definidos como camiones diseñados para el tránsito de cargas pesadas superando fácilmente el peso normativo de 45 ton. Sin embargo, a efectos de esta memoria, se fija un límite arbitrario de 75 ton como peso máximo. Por otro lado, la estructura referida como puente fue considerada como una simplificación a estos, representándolos como vigas simplemente apoyadas. Las longitudes a considerar fueron las que MOP (2023) clasifica como puentes medianos (según longitud de vano), siendo estos aquellos que cuentan con luces de 10 hasta 70 m. Además, se consideró únicamente una vía cargada para el cálculo de cargas vivas de diseño.

1.5 Metodología de Trabajo

El trabajo se basó en cuatro etapas principales: (i) Identificación de VAPs considerando la carga por eje y su espaciamiento. (ii) Cálculo de demandas generadas por los VAPs y de los patrones de carga HS20-44+20% y HL-93. (iii) Comparación de las demandas entre los VAPs y los patrones de carga. (iv) Elaboración iterativa de patrones que representen de mejor manera las demandas producidas por los VAPs.

1.6 Principales Resultados y Conclusiones

Investigaciones previas sobre vehículos pesados demuestran que los principales patrones de cargas usados para el diseño de puentes no consideran este tipo de vehículos por lo que se requiere de una modificación a los patrones de carga para una implementación segura de los VAPs.

Para una representación de las solicitaciones producidas por los VAPs, se usaron camiones con sobrecarga frecuentes en el país. Así también, se usaron camiones biarticulados que tienen permitida la circulación en países con mayor experiencia en VAPs, como Australia y Canadá.

Todos los VAPs identificados superaron las solicitaciones del HS20-44+20%. En luces de 50 a 60 m, los VAPs más ligeros producen cortes o momentos 3% mayores que el patrón, y aquellos más pesados producen demandas hasta 68% mayores. Al comparar con el HL-93, seis de los 12 VAPs superaron las demandas generadas por los patrones. Los VAPs más cargados superaban hasta en un 23% las fuerzas cortantes generadas por el HL-93 en luces de 27 m, y en un 20% los momentos en luces de 10 m.

Una amplificación del 10% a las cargas del camión HS20 del patrón HL-93 permite que se cumplan los límites de serviciabilidad en VAPs de hasta 65 ton. Mientras que un aumento del 25% a todas las cargas del patrón permite que se cumplan los límites de serviciabilidad en todos los VAPs descritos en la memoria. El patrón C5EF (Camión de Cinco Ejes + Faja), elaborado en este trabajo, permite también el cumplimiento de los límites de serviciabilidad para todos los VAPs.

1.7 Organización de la Memoria

El informe se estructura en cinco capítulos: El Capítulo 1 presenta el tema de la memoria junto con los alcances y un resumen de los resultados. El Capítulo 2 tiene por fin contextualizar la implementación de VAPs, abordando las restricciones nacionales y como son considerandos en el extranjero. El Capítulo 3 describe la metodología llevada a cabo para cumplir con los objetivos establecidos, aludiendo a como se obtuvieron los VAPs, sus solicitaciones, y la de los patrones de carga tanto normativos como ficticios.

El Capítulo 4 expone los VAPs seleccionados y los principales resultados mediante representaciones gráficas, analizando su comportamiento en comparación con los patrones de carga normativos y los definidos en este estudio a lo largo del rango de vanos de interés. Finalmente, el Capítulo 5 presenta las conclusiones que dejaron los resultados, y propone líneas de investigación para una mayor profundización del tema.

CAPÍTULO 2: CARGA VIVA EN PUENTES

2.1 Introducción

En este capítulo se definen algunos conceptos usados en el informe. Se revisó la normativa vigente aplicable a este tipo de vehículos pesados tanto en Chile como en otros países. También se mencionan algunos antecedentes generales relacionados al estudio de la carga viva en puentes.

2.2 Conceptos Clave

2.2.1 Cargas Vivas

Las cargas vivas corresponden a las fuerzas externas ejercidas a una estructura cuya principal característica es su temporalidad en donde puede variar tanto la ubicación como la magnitud. A diferencia de las cargas muertas, no forman parte de las solicitaciones permanentes en la estructura. En estructuras como puentes las cargas vivas consisten principalmente al tránsito vehicular y peatonal, esta primera es estimada a partir de patrones de carga establecidos en normas técnicas.

2.2.2 Patrón de Cargas

Un patrón de carga consiste en un modelo de cargas definido el cual está conformado por diversos casos. La finalidad de un patrón de cargas es representar las cargas vivas que serán aplicadas en los puentes. Entre los principales patrones de carga usados en Chile se encuentran los siguientes:

- HS20-44: Mencionado en la norma AASHTO STD (2002) y recomendado por el Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Es usado para proyectos que cuentan con la tuición de la Dirección de Vialidad. Consiste en la evaluación de tres casos aislados los cuales se muestran en la Figura 2.1. Estos casos son: un camión estándar HS20 (el Manual de Carreteras recomienda una amplificación extra de un 20% a las cargas para este caso), una carga de faja y por último una carga tándem. Se considerarán como cargas vivas de diseño las máximas solicitaciones producidas entre los tres casos, tanto para corte como para momento.

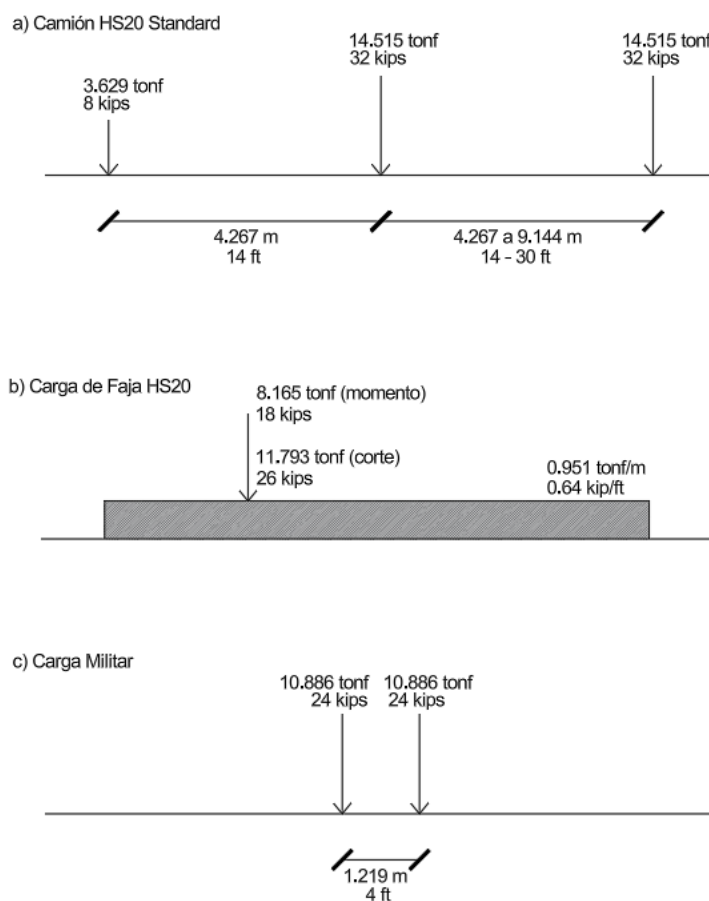


Figura 2.1 Patrón de Carga HS20-44

Fuente: Adaptado de AASHTO (2002)

- HL-93: Utilizado en la norma AASHTO LRFD (2012) usa igualmente el camión HS20, pero conformado por únicamente los dos casos que se ven en la Figura 2.2: el camión estándar HS20 sumado a una carga de faja uniforme, y la carga militar sumada a la carga uniforme. Al igual que en el HS20-44, se debe diseñar con el caso que obtenga las máximas solicitaciones. En Chile es usado generalmente para el diseño de puentes de concesiones viales.

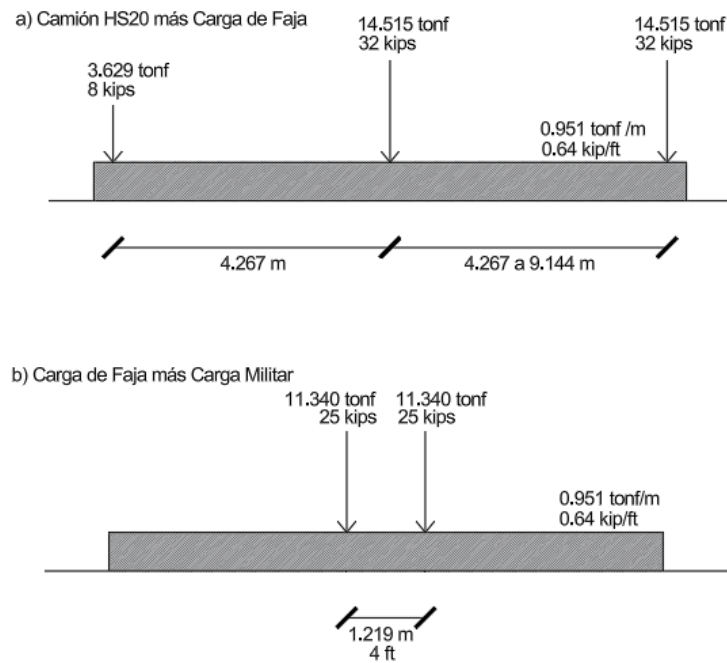


Figura 2.2 Patrón de Carga HL-93

Fuente: Adaptado de AASHTO (2012)

2.2.3 Teorema de Barre

El Teorema de Barre indica la ubicación que maximiza el momento flector a lo largo de una viga isostática. Esta ubicación corresponde al punto en el que la carga resultante del tren de carga y la carga más cercana a la resultante estén equidistantes del punto medio de la viga.

2.2.4 Camión Bitren

El bitren, también llamado B-doble consiste en una combinación vehicular bi-articulada compuesta por un tractocamión y dos semirremolques, los cuales están conectados mediante una quinta rueda anclada al primer semirremolque.

2.2.5 Grupo de Eje y Rodado

El grupo de eje consiste en los conjuntos de ejes conectados en un camión, se tienen principalmente el tándem, compuesto por dos ejes cuya distancia debe de estar entre 1.2 m y 2.4 m; y el trídem, compuesto por 3 ejes cuya distancia entre ejes extremos puede variar entre 2.4 m y 3.6 m. El rodado concierne a la cantidad de ruedas por eje, esta puede ser simple, doble o múltiple.

2.2.6 Peso Bruto Total

El peso bruto total (PBT) es el peso combinado del vehículo y la carga, actualmente en Chile el límite es de 45t según el DS N°158/80 del Ministerio de Obras Públicas.

2.2.7 Peso por Eje y Espaciamiento entre Ejes

El peso por eje se refiere a la cantidad de carga transmitida por cada eje, la cual a efectos de esta memoria será considerada como una carga puntual. El espaciamiento entre ejes es la distancia longitudinal que separa dos ejes consecutivos. Estos conceptos son importantes dada su relación directa con las solicitaciones de corte y momento que puede producir un vehículo en un puente según qué tan cargados y espaciados vayan los ejes. Ejes muy cargados y con espaciamientos cortos generan grandes solicitaciones localizadas, mientras que ejes más espaciado permiten una mayor distribución de las cargas aminorando las demandas de corte y momento.

2.2.8 Manual de Carreteras

El Manual de Carreteras es un documento técnico que sirve como guía para el desarrollo de proyectos viales. Este no cuenta con carácter normativo pero suele ser incluido en los contratos como parte íntegra del proyecto. El Volumen 3 abarca todo lo que a diseño se refiere abordando el diseño de puentes en el capítulo 3.1000. Indica el modelo de cargas vivas a emplear para la representación del tráfico. Este consiste en el patrón de carga HS20-44 más una amplificación del 20% a las cargas del camión HS20.

2.3 Normativa Vigente

2.3.1 Decreto 158

El DS N°158/80 del Ministerio de Obras Públicas fija el PBT máximo permitido para la circulación por caminos públicos, además de también restringir el peso máximo por grupo de eje a partir del tipo de rodado. En la Tabla 2.1 se muestran los pesos por eje permitidos a partir del numeral 2.1 del decreto. Cabe mencionar que los últimos tres límites nombrados en la tabla fueron incorporados en 2015 según lo indicado en el DS N°414/2015 del MOP. En la misma línea, en el numeral 2.2 del DS 158 se fija el PBT máximo a partir de la distancia entre los ejes externos, siendo de 45 ton el máximo permitido. Sin embargo, bajo el visto bueno del director de vialidad y del MOP se pueden ignorar los límites de peso siempre y cuando se cuente con informes técnicos favorables para la circulación sobre infraestructura crítica.

Tabla 2.1 Peso máximo permitido por grupo de eje a partir del DS 158/80 MOP

Tipo de Eje	Tipo de Rodado	Límite (ton)
Simple	Simple	7
Simple	Doble	11
Doble	Simples	14
Doble	Doble y Simples	16
Doble	Dobles	18
Triple	Simples	19
Triple	Dobles y Simple	23
Triple	Dobles	25
Cuádruple	Dobles	29
Simple	Múltiple (4 ruedas)	12
Simple	Múltiple (8 ruedas)	14

Fuente: MOP (1980)

2.3.2 Resolución 1

La Resolución N°1/95 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones establece las dimensiones máximas permitidas para la circulación de los vehículos terrestres.

- Ancho máximo: 2.6 m.
- Alto máximo sobre el nivel del suelo: 4.2 m, para vehículos especiales para el transporte de automóviles se permiten 4.3 m.
- Largo máximo: depende del tipo de vehículo, llegando hasta un máximo de 22.4 m para vehículos especiales. La Tabla 2.2 muestra el largo permitido para cada tipo de vehículo.

El artículo 3° de la Resolución N°1 esclarece que Dirección de Vialidad puede autorizar la circulación de vehículos que excedan las dimensiones permitidas a partir de lo estipulado en el Decreto N°1/2007 del MTT. En donde se señala que deben ser casos debidamente calificados cuya autorización debe ser comunicada a Carabineros de Chile con motivo de adoptar las medidas de seguridad necesarias.

Tabla 2.2 Largo máximo entre extremos del vehículo a partir de la Res. 1/95 MTT

Tipo de Vehículo	Largo Máx. (m)
Bus	13.2
Bus articulado	19.0
Camión	11.0
Semirremolque	14.4
Remolque	11.0
Tractocamión con semirremolque	18.6
Camión con remolque	20.5
Camión con remolque para el transporte de automóviles	22.4

Fuente: MTT (1995)

2.3.3 Decreto 19

El DS 19/84 del Ministerio de Obras Públicas dicta el procedimiento por el que se debe pasar para la autorización y circulación de un vehículo con sobrecarga bajo la administración de la Dirección de Vialidad. Esta autorización solo puede ser dada si se cumplen los siguientes requisitos:

- El vehículo debe transportar maquinaria u otro objeto indivisible
- El transporte no puede ser llevado a cabo por otros medios
- La estabilidad de la infraestructura vial no se verá comprometida

2.4 Contexto Internacional

2.4.1 Sudamérica

Dentro de los países sudamericanos, además de Chile, son varios los que poseen como PBT máximo 45 ton, tales como Bolivia, Paraguay y Uruguay, destacando Perú con 48 ton como el máximo permitido. En el caso de Argentina y Brasil por otro lado, si bien el límite legal es de 45 ton, se permite la circulación de bitrenes de hasta 75 ton y 91 ton respectivamente.

Respecto a Brasil, a partir de 2016, el Consejo Nacional de Transito (CONTRAN) flexibilizó el PBT máximo permitido aumentado de 74 a 91 ton, esto según la Resolución N°640 del mismo. Sin embargo, para este tipo de vehículos se debe contar con la Autorización Especial de Tránsito, el cual debe de ser administrado en su totalidad por el CONTRAN.

En el caso de Argentina la norma que menciona las restricciones de peso es el Decreto N°32 de 2018 del Ministerio de Transporte. La norma menciona diversas configuraciones de carga con ciertas restricciones cada una. Para camiones tradicionales (no bi-articulados) se permite la circulación de vehículos de carga de hasta 45 ton. Sin embargo si estos camiones poseen una relación Potencia-Peso (CV/t) superior a 6 el peso máximo termina siendo 60 ton. Para camiones del tipo bitren, el peso máximo permitido para el tránsito en la red nacional es de 60 ton. Sin embargo, se les permite el libre acceso por corredores a bitrenes con un peso de hasta 75 ton.

2.4.2 Canadá

En Canadá, la regulación de los pesos máximos permitidos para vehículos pesados difiere según cada provincia y territorio. Existe un Memorando de Entendimiento (MOU), en el cual todas las provincias y territorios acuerdan permitir la circulación de ciertos vehículos pesados, estableciendo así límites estándar para operaciones interprovinciales. La configuración de mayor tonelaje permitido en este memorando consiste en un bitren de ocho ejes, cuyo PBT máximo permitido es de 62.5 ton. Sin embargo cada jurisdicción posee la facultad de permitir pesos (o dimensiones) más flexibles para las operaciones de transporte por carretera dentro de su misma jurisdicción (MOU, 2019). A continuación, se presentan algunos ejemplos de provincias con un PBT permitido mayor:

- Alberta: Peso Máximo Permitido para Configuración B Train: 63.5 ton
- Columbia Británica: Peso Máximo Permitido para Configuración B Train: 63.5 ton
- Ontario: Peso Máximo Permitido para Configuración B Train: 63.5 ton
- Terranova y Labrador: Peso Máximo Permitido para Configuración B Train: 70 ton

2.4.3 Australia

Australia es reconocido como uno de los países con más experiencia en VAPs. Los vehículos que entran en esta categoría son supervisados por la Comisión Nacional de Transporte (NTC por sus siglas en inglés). A partir de la *Heavy Vehicle National Law* (HVNL) y la *Heavy Vehicle National Law Mass, Dimension and Loading* (HVNL MDL) se regula la transitabilidad de estos vehículos.

La NTC define en dos categorías los vehículos pesados, están los vehículos que cumplen con los Límites de Masa Generales (*General Mass Limits*, GML) y los que cumplen con los Límites de Masa Concesionados (*Concessional Mass Limits*, CML). Los primeros tienen libre acceso por todo el país mientras que los otros cuentan con mayores restricciones en caminos estatales. Además, los operadores de transporte pueden acreditarse volviéndose miembros del *National Heavy Vehicle Accreditation Scheme* (NHVAS) el cual permite un aumento del 5% del PBT en caminos estatales.

2.4.4 Estados Unidos

En Estados Unidos, los límites de PBT están regulados por el Código de Regulaciones Federales (CRF), específicamente en la sección 658.17 del Título 23. En esta, además de limitar el peso máximo para ejes simples en 20000 libras (9.07 ton) y para ejes dobles en 34000 libras (15.42 ton), limita el PBT máximo a 80000 libras (36.29 ton). Sin embargo, estos límites son generales y no todos los estados poseen las mismas restricciones. Y es que al igual que en el caso de Canadá, hay estados que son más flexibles respecto al PBT permitido. A continuación se precisan algunos de los estados que mayor tonelaje permiten de acuerdo con el Apéndice C del CRF 23:

- Michigan: 164000 libras (74.39 ton)
- Nueva York: 143000 libras (64.86 ton)
- Montana: 137800 libras (62.5 ton)
- Arizona, Iowa, Nevada, Dakota del Sur y Utah: 129000 libras (58.51 ton)

2.5 Trabajos Asociados

Sobre el análisis de la carga viva en puentes, Nowak y Hong (1991) mencionan que al evaluar una única vía cargada, las solicitaciones se maximizan para un único camión en luces de entre 27 y 36 m. Mientras que para luces más largas estas se maximizan al considerar dos camiones en la línea cargada. Lo que podría dar a entender que una mayor cantidad de ejes cargados es más perjudicial para puentes con luces mayores.

Nowak (1993), a partir de funciones de distribución acumulativas, concluye que camiones típicos en Estados Unidos de la década del 80, en sus configuraciones más exigentes superan por casi el doble las solicitaciones del camión HS20.

Unión (2009) a partir de camiones especiales frecuentes en Chile, principalmente camiones adaptados para transportar maquinarias, realiza una comparación de solicitaciones con el patrón de cargas HL-93 para puentes con luces de hasta 45 m. De estos se evidencia que los camiones con sobrecarga frecuentes producen mayores solicitaciones.

Iatsko y Nowak (2021), a partir de bases de datos *Weigh-in-Motion* (WIM) actuales de múltiples estados de Estados Unidos, buscaron actualizar los parámetros estadísticos de los modelos de carga viva propuestos para la AASHTO LRFD, así como también verificar la validez de estos. Encontraron que el patrón de carga HL-93 es insuficiente para representar a los camiones sobrecargados, sobre todo para vanos pequeños (10 m). De esto señalaron que el patrón requiere de un ajuste, sugiriendo así un aumento en las cargas producidas por el camión HS20.

2.6 Conclusiones

A partir de la revisión bibliográfica se encontró que Chile permite la circulación de vehículos de hasta 45 ton y para cargas mayores deben solicitarse autorizaciones especiales. Mientras que países como Argentina, Brasil y Australia permiten la circulación de vehículos de diversas configuraciones que encajan en la categoría de VAPs.

También se encontraron trabajos referentes al tema los cuales señalan que los patrones de carga actuales no son representativos de las cargas producidas por camiones pesados. Lo cual sienta las bases de esta memoria la cual busca complementar los desarrollos y ampliar la flota de vehículos evaluado.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO METODOLÓGICO PARA EL ESTUDIO DE CARGAS DE VAPS Y LAS CARGAS DE DISEÑO

3.1 Introducción

Este capítulo está enfocado en detallar el procedimiento necesario para cumplir con los objetivos del trabajo. Se menciona como se abordó la toma de datos y la obtención de demandas producidas tanto por los VAPs como por los patrones de carga. Así también se indica como se elaboraron los patrones de carga ficticios a partir de patrones ya existentes.

3.2 Metodología General

Se comienza con la identificación de VAPs, en donde deben de ser consideradas las cargas por eje y el espaciamiento entre estos. A partir de estos valores y los vanos de interés (de 10 a 70 m) se calculan las máximas demandas de corte y momento generados por los VAPs para cada vano. Las solicitudes de diseño son obtenidas a partir de las máximas demandas de corte y momento producidas por los patrones de carga usados en el país. Estos resultados se agrupan en una base de datos y se comparan. Asumiendo que los VAPs generarán mayores demandas que las cargas de diseño, se elaborarán patrones de carga ficticios cuyo fin sea que sus solicitudes se ajusten a las obtenidas por los VAPs ajustándose a los límites de serviciabilidad.

3.3 Identificación de Vehículos de Alta Productividad

Por definición, los VAPs corresponden a vehículos de transporte de carga terrestre cuyo PBT supera las 45 ton, por lo que se consideraron todos los vehículos que caigan en esta descripción excluyendo a aquellos que excedan las 75 ton. Esto debido a que se espera que un incremento en el PBT permitido aumentará en gran medida los efectos producidos y un aumento de 30 ton permitirá mostrar la diferencia de solicitudes con respecto a los patrones de carga.

La búsqueda de este tipo de vehículos se basó entonces en literatura nacional que haga referencia a estos vehículos, siendo los principales los trabajos de Diaz (2011) y de Unión (2009).

Diaz elabora cuatro vehículos que consisten en dos camiones que cumplen con el peso normativo de 45 ton y otros dos que lo exceden al ser de 61 ton y 75 ton. Por su parte Unión recopila varios vehículos especiales frecuentes en Chile, siendo principalmente camiones adaptados para el transporte de maquinaria de entre seis y siete ejes.

Para complementar, se decidió incorporar vehículos usados en el extranjero, para esto se consideraron configuraciones exhibidas como ejemplos en la normativa de países con una normativa de pesos más flexibles que la chilena. De los países nombrados en el capítulo anterior, serán considerados Australia y Canadá debido a que mencionan de manera más clara las restricciones de dimensiones y de peso.

Respecto a los vehículos elaborados según la normativa australiana, estos se basaron en lo exhibido por el *National Heavy Vehicle Regulator* (NHVR) para mostrar los “Límites Generales de Masa” (GML por sus siglas en inglés). Para el caso de los vehículos elaborados a partir de la normativa canadiense se considerarán las principales configuraciones mencionadas en el MOU (2019) aplicables a todas las provincias de Canadá. En ambos casos se considerará la máxima magnitud de cargas aplicable y el mínimo espaciamiento entre ejes permitido según las normas. Esto último asumiendo que corresponderían a los casos que mayores demandas de momentos y cortes producirían.

3.4 Momentos y Fuerzas de Corte de VAPs

Teniendo en consideración los VAPs caracterizados, sigue la obtención de momentos y fuerzas de corte. Para esto se tienen que evaluar, para cada VAP, distintos casos buscando el que maximice los efectos en un puente de luz establecida. Los puentes que se consideraron en este estudio son los que se catalogan como puentes medianos según la longitud del vano. Estos son en líneas generales, aquellos que cuentan con un vano de entre 10 y 70 m (MOP, 2023), los cuales por simplificación serán analizados como vigas simplemente apoyadas.

La obtención de máximas solicitaciones se realizó bajo la siguiente premisa:

Dada una luz de puente y una configuración vehicular (definida por la fuerza por eje del vehículo y espaciamiento entre estos) se resuelve una viga simplemente apoyada, del vano de interés, con carga puntual. Para cada eje del vehículo, se encuentran reacciones, diagrama de corte y diagrama de momentos flectores. Se superponen los resultados de todos los ejes individuales. Se repite este procedimiento en todas las posiciones posibles del vehículo sobre el puente (con una discretización establecida de 0.1 m) y se encuentra la ubicación que maximiza la fuerza de corte y la que maximiza el momento flector.

A partir de la premisa mencionada surgen entonces dos casos de cálculo: La carga puntual se encuentra a la derecha del punto a considerar, en donde la reacción de momento se obtiene a partir de la Ecuación 3.1 y la reacción de corte a partir de la Ecuación 3.2. Y el otro caso en donde la carga puntual esté a la izquierda del punto de interés, donde la fuerza de momento se calcula a partir de la Ecuación 3.3 y la de corte a partir de la Ecuación 3.4.

$$M = \frac{P*(L-a)}{L} * X , \quad (3.1)$$

$$V = \frac{P*(L-a)}{L} , \quad (3.2)$$

$$M = \left(\frac{P*(L-a)}{L} * X \right) - (P * (X - a)) , \quad (3.3)$$

$$V = - \frac{P*a}{L} , \quad (3.4)$$

Donde **M** corresponde al momento volcante, **V** a la fuerza cortante, **P** es la fuerza puntual aplicada, **L** el largo del vano, **X** es la distancia entre el origen y el punto discretizado que se está calculando, y **a** corresponde a la distancia entre la carga puntual y el origen, la cual considera la ubicación del tren de carga y la distancia entre la primera rueda del camión y la considerada como fuerza puntual.

Para facilitar el proceso de cálculo se hizo uso de un programa .m en MATLAB (Ver Anexo 3.1) desarrollado en conjunto con el laboratorio de trabajo del Dr. Víctor Aguilar. Este sistematiza el proceso mencionado previamente y elabora una matriz de resultados de momento y de corte, seleccionando finalmente el mayor valor de cada matriz.

Para correr el programa principal fueron necesarias las siguientes funciones internas, mostradas igualmente en el Anexo 3.1:

- `shear_and_moments_diagrams`: Calcula los momentos y fuerza de corte para cierta carga a una cierta distancia desde el inicio de la viga a partir de la Ecuación 3.1, la Ecuación 3.2, la Ecuación 3.3 y la Ecuación 3.4.
- `solve_it`: Mediante la función anterior calcula los de momentos y cortes producida por cada carga puntual y suma aquellos que cuentan con la misma ubicación del tren de cargas, guardando tanto un vector de momentos como otro de cortes para cada punto discretizado del puente.

A través de estas funciones, teniendo como valores de entrada la carga por eje y el espaciamiento entre ellos, se crea un ciclo en el que el camión se ubica en cada punto de la discretización del puente, esto para cada vano considerado, creando entonces dos vectores de 60 filas, y esto para cada VAP caracterizado.

3.5 Momentos y Fuerzas de Corte de Patrones de Carga Normativos

Para la estimación de solicitaciones de patrones de carga, dado que la magnitud de las cargas y los espaciamientos están ya establecidos, se prefirió hacer uso del Teorema de Barre para la búsqueda de máximos momentos, y basarse en el supuesto de que los cortes se maximizan cuando las cargas están lo más cercana posible a los apoyos.

Para el HS20-44 se evaluaron los tres distintos casos que nombra la AAHSTO con el añadido de que el primer caso (Camión HS20 estándar) tanto para corte como para momento debe ser amplificado un 20% tal como indica el Manual de Carreteras Vol. 3. De este modo, para momento se registra el mayor de los valores obtenidos entre la Ecuación 3.6 y la Ecuación 3.8 y la Ecuación 3.11. Para corte en cambio se registra el mayor entre la Ecuación 3.7 y la Ecuación 3.9 y la Ecuación 3.12

Estos casos fueron calculados mediante funciones simplificadas que operan en unidades de kips-ft que fueron establecidas en conjunto con el laboratorio de trabajo del Dr. Víctor Aguilar.

- Caso a: Camión Estándar HS20

$$\alpha = \frac{L}{2} - \frac{5a_a}{6}, \quad (3.5)$$

$$M_a = \left(P_a * \left(\frac{9}{4} - \left(\frac{9}{4} * \frac{\alpha}{L} \right) - \left(\frac{3}{2} * \frac{a_a}{L} \right) \right) * \alpha \right) + a_a * \left(P_a * \left(\frac{9}{4} - \left(\frac{9}{4} * \frac{\alpha}{L} \right) - \left(\frac{3}{2} * \frac{a_a}{L} \right) \right) - P_a \right), \quad (3.6)$$

$$V_a = P_a * \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{4} * \frac{\alpha}{L} - \frac{3}{2} * \frac{a_a}{L} \right) * \alpha, \quad (3.7)$$

- Caso b: Carga de Faja + Carga Concentrada

$$M_b = \frac{0.64 * L^2}{8} + \frac{18 * L}{4}, \quad (3.8)$$

$$V_b = \frac{0.64 * L}{2} + 26, \quad (3.9)$$

- Caso c: Tándem Militar

$$\beta = \frac{L}{2} - \frac{a_c}{4}, \quad (3.10)$$

$$M_c = \left(2 * P_c - \left(\frac{P_c}{L} * (2 * \beta + a_c) \right) \right) * \beta, \quad (3.11)$$

$$V_c = 2 * P_c - \frac{P_c}{L} * a_c, \quad (3.12)$$

En donde M_a , M_b , M_c , V_a , V_b y V_c son los momentos y cortes producidos por el caso a, b y c, α y β corresponden a 2 veces la distancia entre el medio del vano y el centroide de cargas del HS20 y el Tándem respectivamente; P_a y P_c corresponden a la carga de 32 kips amplificada un 20% según el Manual de Carreteras, y la carga de 24 kips del Tándem respectivamente; mientras que a_a y a_c consisten en los espaciamientos entre carga según el caso, 14ft y 4 ft respectivamente; y L es la longitud del vano.

Para el caso del HL-93 por su parte también se analizaron los diversos casos que establece la norma AASHTO, cabe decir, el camión HS20 estándar más una carga de faja y la carga militar más la carga de faja. Registrando entonces el mayor resultado entre la Ecuación 3.16 y la Ecuación 3.23 para momento, y entre la Ecuación 3.19 y la Ecuación 3.26 para corte.

- Caso a: Camión Estándar HS20 + Carga de Faja

$$\alpha = \frac{336}{144+(0.64*L)} , \quad (3.13)$$

$$M_{HS20} = 16 * \left(\frac{9*L}{8} + \left(\frac{\alpha}{L} * 21 \right) - (4.5 * \alpha) - 17.5 \right) , \quad (3.14)$$

$$M_{Faja} = 0.08 * (L^2 - (4 * \alpha^2)) , \quad (3.15)$$

$$M_a = M_{HS20} + M_{Faja} , \quad (3.16)$$

$$V_{HS20} = 72 - \frac{672}{L} , \quad (3.17)$$

$$V_{Faja} = 0.64 - \frac{L}{2} , \quad (3.18)$$

$$V_a = V_{HS20} + V_{Faja} , \quad (3.19)$$

- Caso b: Tándem + Carga Concentrada

$$\beta = \frac{100}{100+(0.64*L)} , \quad (3.20)$$

$$M_{Tandem} = 50 * \left(\frac{L}{4} + \left(\frac{\beta}{L} * (2 - \beta) \right) - 1 \right) , \quad (3.21)$$

$$M_{Faja} = 0.08 * (L^2 - (4 * \beta^2)) , \quad (3.22)$$

$$M_b = M_{Tandem} + M_{Faja} , \quad (3.23)$$

$$V_{Tandem} = 50 - \frac{100}{L} , \quad (3.24)$$

$$V_{Faja} = 0.64 - \frac{L}{2} , \quad (3.25)$$

$$V_b = V_{HS20} + V_{Faja} , \quad (3.26)$$

En donde M_a , M_b , V_a y V_b son los momentos y cortes producidos por el caso a y b. M_{HS20} y V_{HS20} son el momento y corte causado por el camión HS20, M_{Faja} y V_{Faja} son el momento y corte causado por la carga de faja y M_{Tandem} y V_{Tandem} son el momento y corte causado por la carga tándem. Mientras que α y β corresponden a dos veces la distancia entre el medio del vano y el centroide de cargas del HS20 y el Tándem respectivamente; y L es la longitud del vano.

Para simplificar este proceso, se hizo uso de códigos .m para cada patrón en específico los cuales funciones bajo los mismos principios aquí mencionados. Estos códigos pueden ser vistos en mayor detalle en el Anexo 3.2 para el HS20-44 y en el Anexo 3.3 para el HL-93.

3.6 Estimación Patrón de Carga para VAPs

Para la elaboración de patrones de carga representativos, se decidió tomar como base el patrón HL-93, ya sea amplificando el Camión HS20 tal como lo sugiere el MOP en el Manual de Carreteras para el patrón HS20-44, o amplificando los valores finales por algún factor.

Para la obtención de estos valores, se realizó una adaptación al programa mostrado en el Anexo 3.1 con el fin de amplificar la Ecuación 3.14 y la Ecuación 3.17 o la Ecuación 3.14, Ecuación 3.19, Ecuación 3.23 y la Ecuación 3.26 (según sea el caso) por un factor especificado por el usuario. El código con la modificación mencionada puede ser visto en el Anexo 3.4.

También se decidió complementar la amplificación del HL-93 con la creación de un patrón usando como base los casos planteados por este. Resultando así en un camión más una carga de faja y una carga tipo tándem más la misma carga de faja.

Para obtener los efectos de estos se creó una modificación del código mostrado en el Anexo 3.1 basado en la evaluación las cargas en tramos discretizados. En este caso todas las cargas (peso por eje, carga de faja y tándem) y los espaciamientos entre ejes serán establecidos por el usuario (Ver Anexo 3.5). Este calcula los dos casos respectivos al patrón, por lo que fue necesario añadir las solicitaciones producidas por la carga de faja. Estas fueron calculadas mediante la Ecuación 3.27 y la Ecuación 3.28.

$$M_{\text{Faja}} = \frac{F \cdot L \cdot k}{2} - \frac{F \cdot k^2}{2} \quad (3.27)$$

$$V_{\text{Faja}} = \frac{F \cdot L}{2} - \frac{F \cdot k}{2} \quad (3.28)$$

Donde k es el punto discretizado a evaluar medido desde el origen de la viga, F consiste en la magnitud de la carga de faja y L la longitud del vano.

3.7 Conclusiones

En este capítulo se mostró el procedimiento que se siguió para cumplir con los objetivos del trabajo. Se encontró que para poder calcular las máximas demandas producidas por los VAPs de manera efectiva es necesario calcular las solicitudes considerando todas las ubicaciones de los VAPs posibles.

Para el caso de los patrones principales, se vio más factible el uso de ecuaciones predefinidas para obtener las cargas de diseño. Mientras que para los patrones ficticios se podían amplificar los efectos de los patrones existentes o calcular de igual manera que en los VAPs.

CAPÍTULO 4: COMPARACIÓN DE DEMANDAS: VAPS VS. PATRONES DE CARGA CONVENCIONALES

4.1 Introducción

En este capítulo se muestran principalmente los VAPs caracterizados, además de los efectos causados por estos. Igualmente se muestran las comparaciones directas entre las solicitaciones producidas por los VAPs y los principales patrones de carga usados en el diseño de puentes chilenos, así como también con los patrones de carga modificados.

4.2 Vehículos de Alta Productividad Caracterizados

Para la selección de VAPs se tuvieron en cuenta aquellos camiones pesados que cuenten con un PBT de entre 45 y 75 ton, ambos valores incluidos. Se elegirán un par de camiones que cuenten con el máximo peso permitido actualmente con tal de ver si se comportan como es deseado frente a los patrones de carga considerando que actualmente ya se permite su circulación. Respecto a configuraciones de posible recorrido en el país se considerarán aquellos camiones especiales frecuentes que cuenten con siete ejes totales. Se plantea considerar estos últimos para ver si la distribución de ejes, al comparar con VAPs de otros países, afecta significativamente en las curvas de demandas a lo largo de las luces.

A continuación, desde la Figura 4.1 hasta la Figura 4.12 se mostrarán las configuraciones seleccionadas. Cabe destacar que las figuras no representan la forma real de los camiones y están centradas en mostrar únicamente la carga por eje y el espaciamiento entre estos. Además, la enumeración que se les dio a los VAPs va por orden de pesaje (de menor a mayor) según la configuración y no necesariamente por orden de mención.

En el trabajo de Diaz (2011), se mencionan cuatro vehículos. Dos de estos poseen un PBT de 45 ton mientras que los otros consisten en bitrenes de 61 y 75 ton. En la Figura 4.1 se detalla la configuración correspondiente al vehículo clase 8 descrito como Tracto-Semirremolque (TSR).

Este consiste en un vehículo de 45t repartidas en seis ejes (tres grupos de eje: 1 ESRS (Eje Simple y Rodado Simple), un EDRD (Eje Doble y Rodado Doble) y un ETRD (Eje Triple y Rodado Doble)).

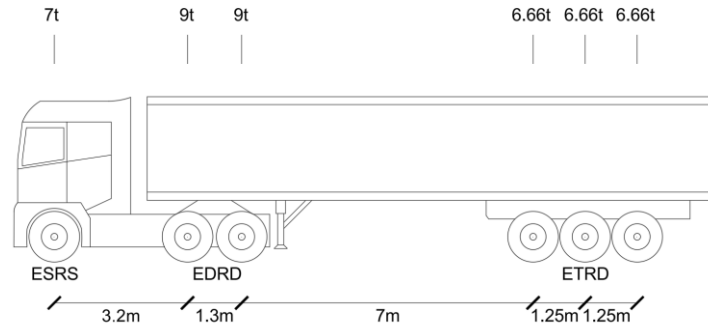


Figura 4.1 Configuración TSR de 45 ton

Fuente: Adaptado de Díaz, R. (2011)

En la Figura 4.2 se detalla entonces la otra configuración de 45 ton, correspondiente al vehículo clase 10 descrito como Camión-Remolque (CR), cuyo peso está repartido en cinco ejes (cuatro grupos de eje: tres ESRS y un EDRD).

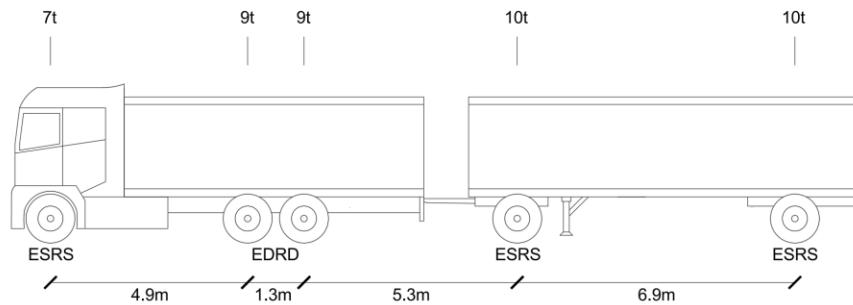


Figura 4.2 Configuración CR de 45 ton

Fuente: Adaptado de Díaz, R. (2011)

En la Figura 4.3 y la Figura 4.4 se precisan las dos configuraciones adicionales del tipo bitren que menciona Díaz. El primero consiste en un bitren corto de 61 ton (BT3) repartidos en siete ejes (cuatro grupos de eje: un ESRS y tres EDRD) y el otro es un bitren largo de 75 ton de nueve ejes (BT6), el cual está conformado por cuatro grupos de ejes (un ESRS, un EDRD y dos ETRD).

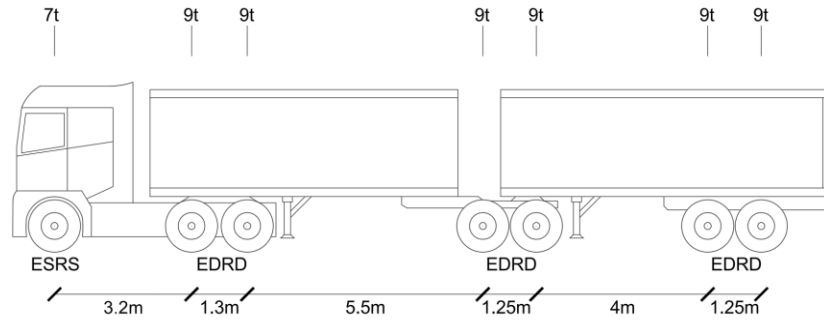


Figura 4.3 Configuración BT3 de 61 ton

Fuente: Adaptado de Díaz, R. (2011)

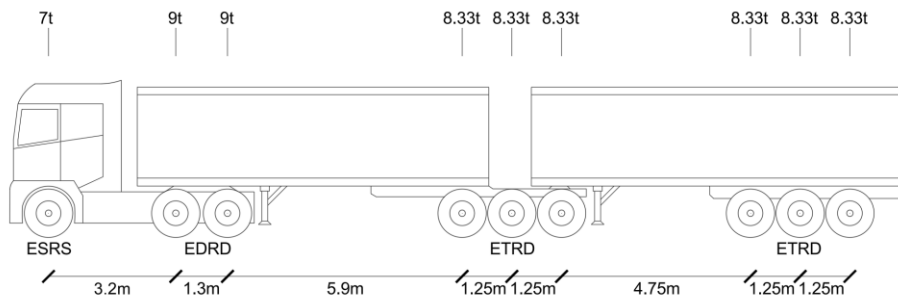


Figura 4.4 Configuración BT6 de 75 ton

Fuente: Adaptado de Díaz, R. (2011)

Del trabajo de Unión (2009) se consideraron útiles para esta memoria tres camiones especiales de siete ejes, todos con capacidades de carga mayores a 45t. Desde la Figura 4.5 hasta la Figura 4.7 se muestran los tres camiones de siete ejes. Los tres vehículos (etiquetados 7E1, 7E2 y 7E3) cuentan con la misma configuración de ejes (un ESRS y dos ETRD) en los que la principal diferencia es la magnitud de carga por grupo de eje.

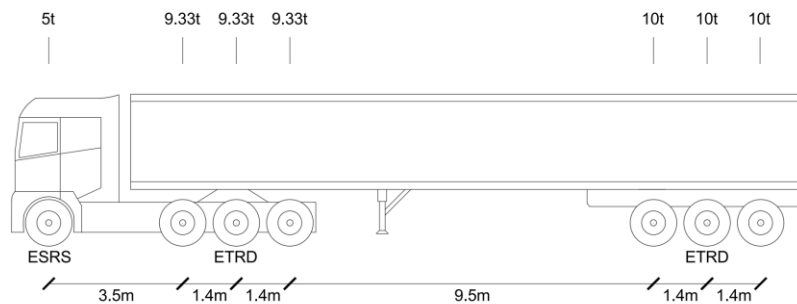


Figura 4.5 Configuración 7E1 de 63 ton

Fuente: Adaptado de Unión, A. (2009)

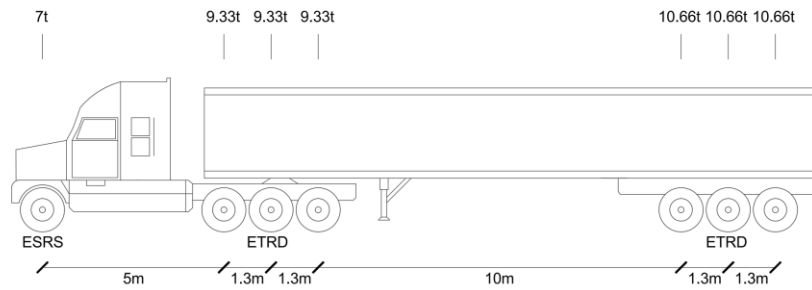


Figura 4.6 Configuración 7E2 de 67 ton

Fuente: Adaptado de Unión, A. (2009)

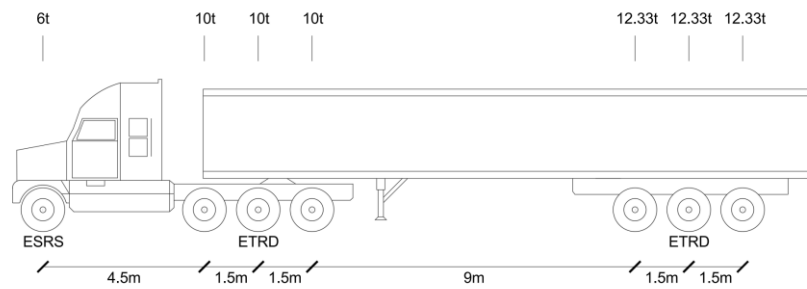


Figura 4.7 Configuración 7E3 de 73 ton

Fuente: Adaptado de Unión, A. (2009)

Por el lado de los vehículos usados en el extranjero se consideraron tres camiones tipo, cuyo propósito es el de señalar las máximas dimensiones y pesos permitidos para el tránsito interestatal en Australia. El primero, mostrado en la Figura 4.8 corresponde a un bitren de 50t conformado por 7 ejes dispuestos en cuatro grupos de ejes (un ESRS y tres EDRD) el cual, dadas sus características, tiene permitida libre circulación.

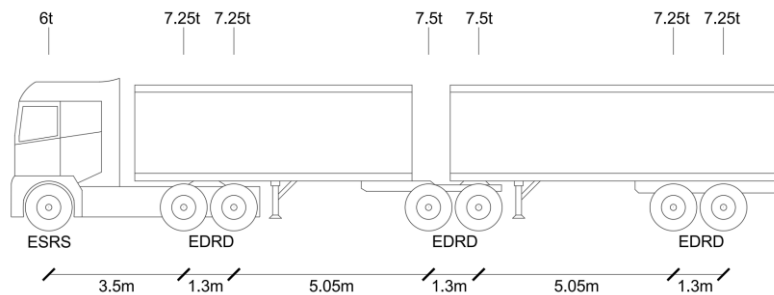


Figura 4.8 Configuración BT1 de 50 ton

Fuente: Adaptado de NHVR (2024)

Los otros dos, mostrados en la Figura 4.9 y en la Figura 4.10, corresponden a “Vehículos de Acceso Restringido” (RAV por sus siglas en inglés) que siguen cumpliendo con las Regulaciones de Masa, Dimensiones y Carga (MDL). Esto quiere decir que tienen permitido el tránsito por la infraestructura australiana pero bajo ciertas condiciones (NHVR, 2024). El primero está conformado por siete ejes repartidos en cuatro grupos (un ESRS y tres EDRD) con un PBT de 55.5 ton (BT2), mientras que el otro es un bitren largo de nueve ejes repartidos en cuatro grupos (un ESRS, un EDRD y tres ETRD) con un PBT de 62.5 ton (BT4).

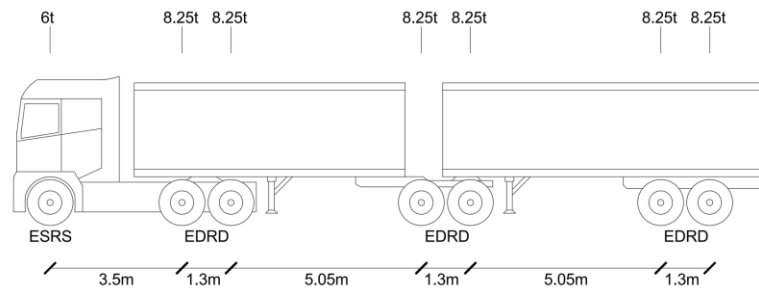


Figura 4.9 Configuración BT2 de 55.5 ton

Fuente: Adaptado de NHVR (2024)

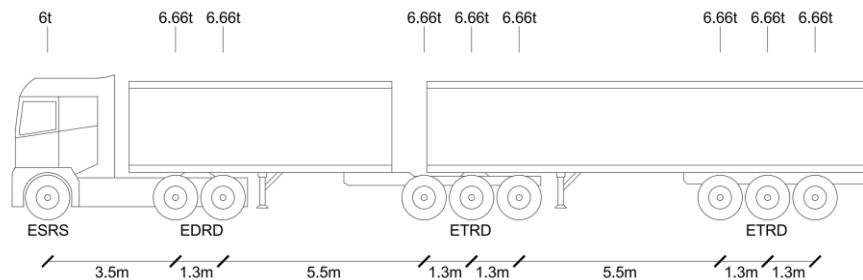


Figura 4.10 Configuración BT4 de 62.5 ton

Fuente: Adaptado de NHVR (2024)

Siguiendo la línea de vehículos usados en el extranjero, se encuentran los usados en la normativa canadiense para mostrar los límites permitidos para dimensiones y pesos según la configuración. De esta normativa se consideraron dos configuraciones. La primera, mostrada en la Figura 4.11, consiste en un *C Train Double*, o Rodotren con cinco grupos de ejes (dos ESRS y tres EDRD) con un PBT de 58.5 ton (RT). El segundo en cambio, mostrado en la Figura 4.12, consiste en un *B Train Double* o Bitren conformado por cuatro grupos de ejes (un ESRS, dos EDRD y un ETRD) de 62.5 ton.

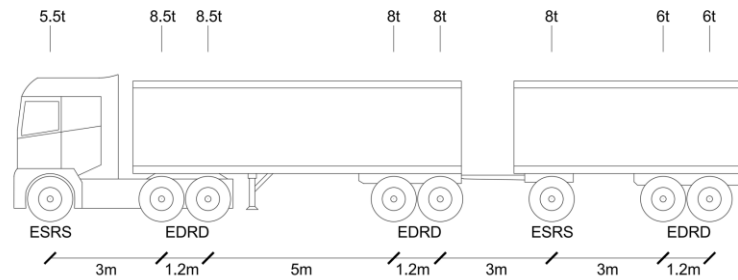


Figura 4.11 Configuración RT de 58.5 ton

Fuente: Adaptado de MOU (2019)

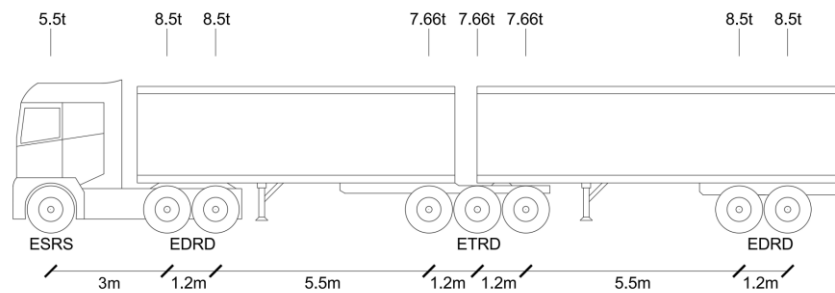


Figura 4.12 Configuración BT5 de 62.5 ton

Fuente: Adaptado de MOU (2019)

4.3 Momentos y Fuerzas de Corte

A partir de la metodología descrita en el capítulo anterior, se obtienen las fuerzas de corte y momentos producidos por los principales patrones de carga. Estos valores están disponibles en la Tabla A.4.1.1 del Anexo 4.1. Así también se obtuvieron las solicitaciones producidas por los VAPs, presentes en las Tablas A.4.2.1 a la A.4.2.12 del Anexo 4.2.

La Figura 4.13 muestra los momentos producidos por los VAPs y los principales patrones de carga a lo largo de todos los vanos en estudio. En la figura se ve que todos los VAPs considerados sobrepasan los momentos producidos por el patrón HS20-44+20% a partir de las luces de 30 m. Mientras que al comparar los VAPs con el HL-93, este se ve sobrepasado principalmente en luces de entre 25 a 55m para VAPs puntuales.

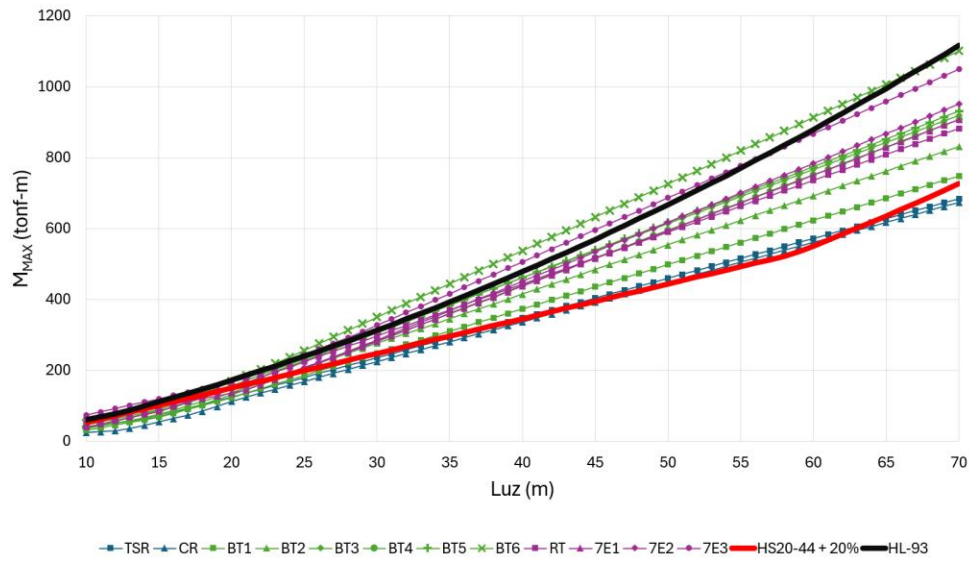


Figura 4.13 Gráfico Comparativo de Momentos

La Figura 4.14 por otro lado muestra las fuerzas cortantes producidas por los VAPs y los patrones de carga. En esta figura se ve de mejor manera como las demandas producidas por los VAPs son mayores a las solicitudes de diseño producidas por el HS20-44+20%. Habiendo luces en las que los VAPs más pesados, como el BT6 y el 7E3, llegan a superar en 20 tonf las solicitudes de corte. Al comparar con el patrón HL-93 se ve que los VAPs producen mayores cortes pero la diferencia es menor a la habida con el HS20-44.

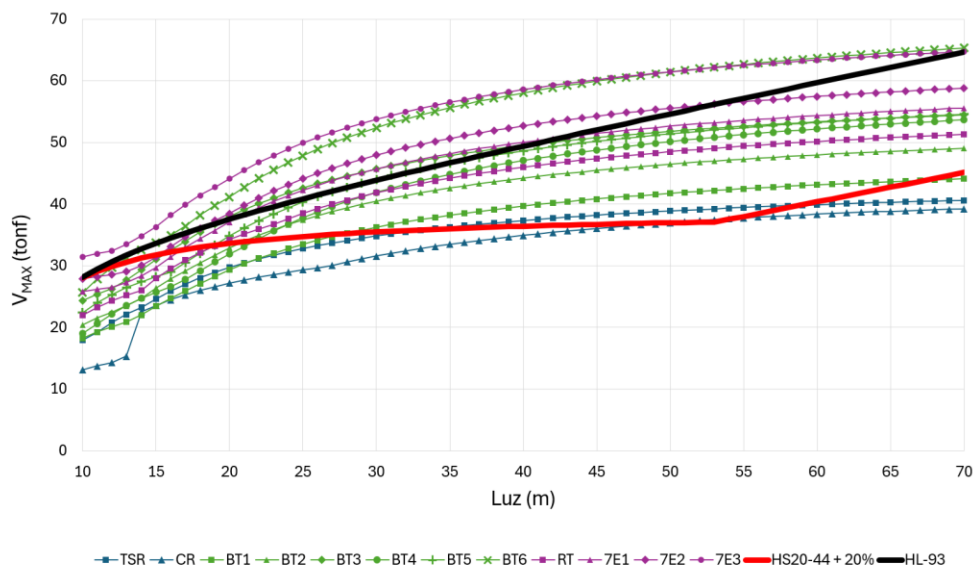


Figura 4.14 Gráfico Comparativo de Cortes

A continuación, se revisarán con mayor detalle las diferencias de momento y corte para a tres de los VAPs caracterizados. Estos corresponden al camión CR, el cual es el más ligero del listado representando al grupo de vehículos normativos; el camión 7E1, a modo de representación del grupo de los VAPs con $PBT \leq 65$ ton; y el BT6, el VAP más pesado de los caracterizados. El comportamiento de los VAPs restantes se puede ver desde la Tabla A.4.2.1 hasta la A.4.2.12 o de manera gráfica de la Figura A.4.2.1 hasta la Figura A.4.2.12 del Anexo 4.2.

4.3.1 Comparación de Momentos y Cortes entre VAPs y HS20-44+20%

La Figura 4.15 muestra que el Camión-Remolque supera los momentos volcantes producidos por el HS20-44% en puentes con luces de 50 hasta 60 m. Los momentos generados por este camión excede la carga por servicio en un 6%, lo cual implicaría que los vehículos con pesos dentro de la norma apenas formaría fisuras. El camión de siete ejes supera casi en un 20% el limite de serviciabilidad en luces pequeñas de hasta 14 m. Luego se vuelve a superar el límite en luces mayores a 25 m, para alcanzar una diferencia máxima de 40% a los 53 m. Lo que implicaría fisuras y deformaciones no deseadas. Sin embargo el bitren de 75 ton, llega a una diferencia máxima de 70% respecto al patrón HS20-44. Es decir que el transito de estos vehículos más pesados, en puentes con luces mayores a 40 m pone en riesgo la estabilidad estructural del puente.

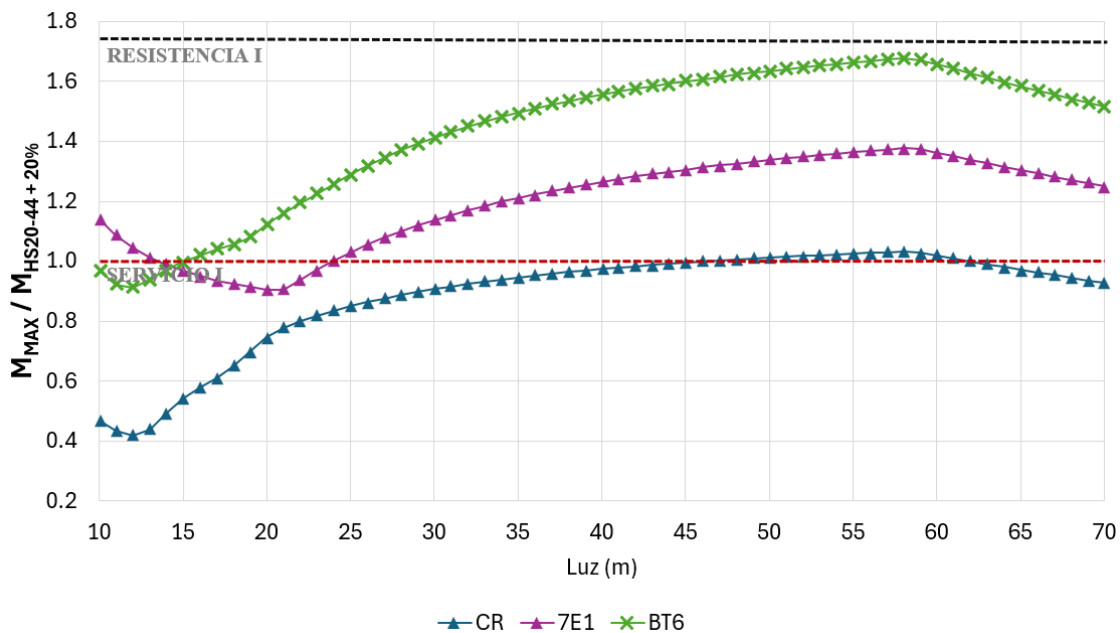


Figura 4.15 Comparación de Momentos Producidos por VAPs y HS20-44

La Figura 4.16 muestra que el Camión-Remolque se mantiene por debajo del límite de serviciabilidad en corte para todos los vanos de análisis, a excepción de los 52 m. En donde apenas supera lo producido por el HS20-44% en un 1%. El camión de siete ejes de 63 ton supera al patrón a partir de los 17 m, llegando a una diferencia de 40% a los 53 m. Respecto al bitren más pesado, este supera al patrón de carga desde vanos de 7 m, llegando a la diferencia máxima de 68% a los 53 m. De este modo, considerando el diseño de cargas vivas a partir del patrón HS20-44+20%, la circulación de vehículos de 75 ton sobre puentes con vanos mayores a 40 m pone en riesgo la integridad del puente, tanto por momento como por corte.

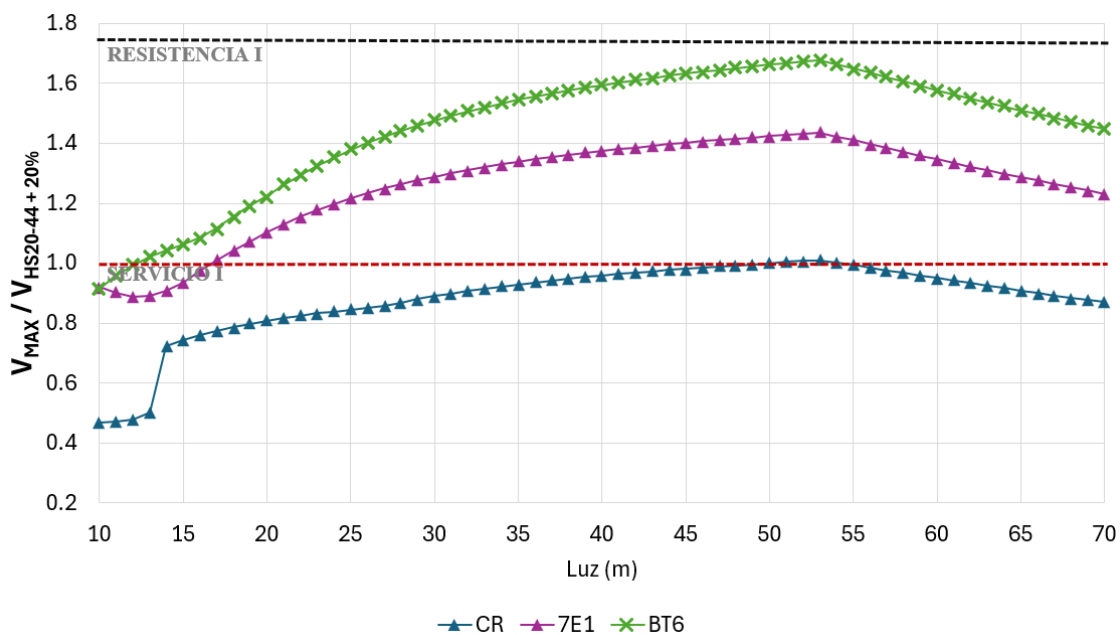


Figura 4.16 Comparación de Cortes Producidos por VAPs y HS20-44

4.3.2 Comparación de Momentos y Cortes entre VAPs y HL-93

La Figura 4.17 muestra que ahora al comparar los VAPs con el HL-93 todos generan momentos por debajo del límite de serviciabilidad hasta al menos los 20 m. En donde el bitren de 75 ton llega a una diferencia máxima de 13% en luces de 35 m. Hasta finalmente igualar las solicitaciones de momento del HL-93 en los 70 m. El Camión-Remolque cumple holgadamente con los límites de serviciabilidad, sobre todo en luces pequeñas en donde genera apenas el 40% de lo producido por el patrón. Mientras que es en estas luces pequeñas en las que más se ve comprometido el camión de siete ejes llegando a igualar las cargas de diseño por servicio.

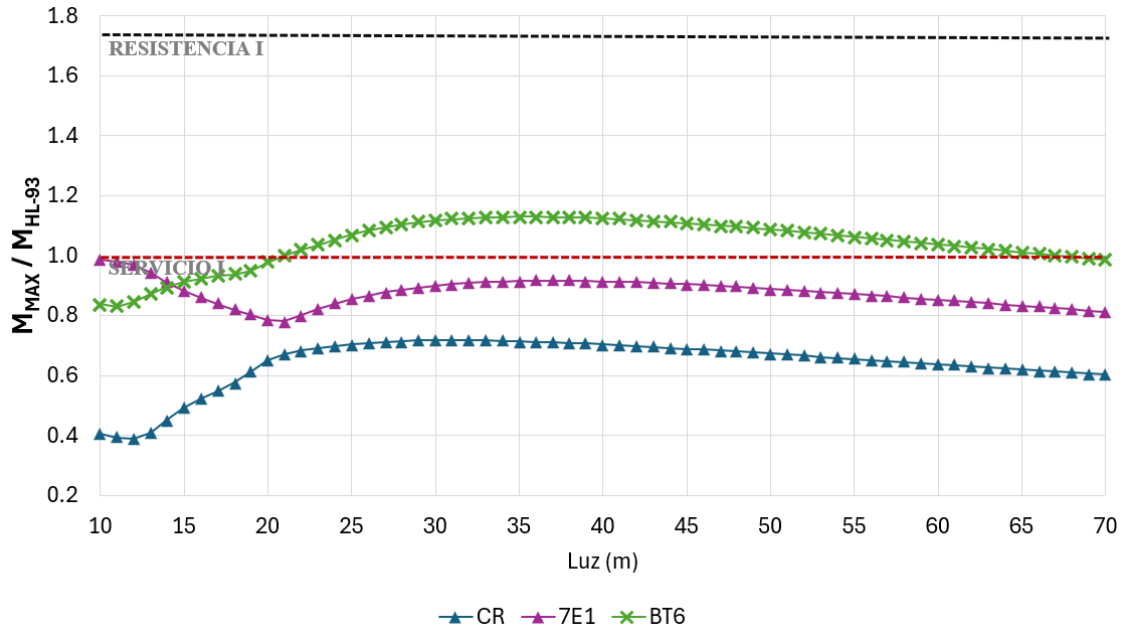


Figura 4.17 Comparación de Momentos Producidos por VAPs y HL-93

La Figura 4.18 reafirma lo que se vió en la figura anterior y es que el patrón HL-93 se ajusta mucho mejor a las curvas de solicitaciones que el HS20-44. Sin embargo no basta para cumplir con las solicitaciones de los vehículos más pesados. Se ve superado en corte tanto por el bitrén de 75 ton (en un 20% en luces de 25 a 40 m) como por el camion de siete ejes de 63 ton (en un 5% en luces de 21 a 40 m).

Estos resultados dan a entender que el HL-93, mediante amplificaciones no tan desmedidas a sus cargas, pueden cubrir las solicitaciones de momento y corte de los VAPs caracterizados para todos los vanos de interes.

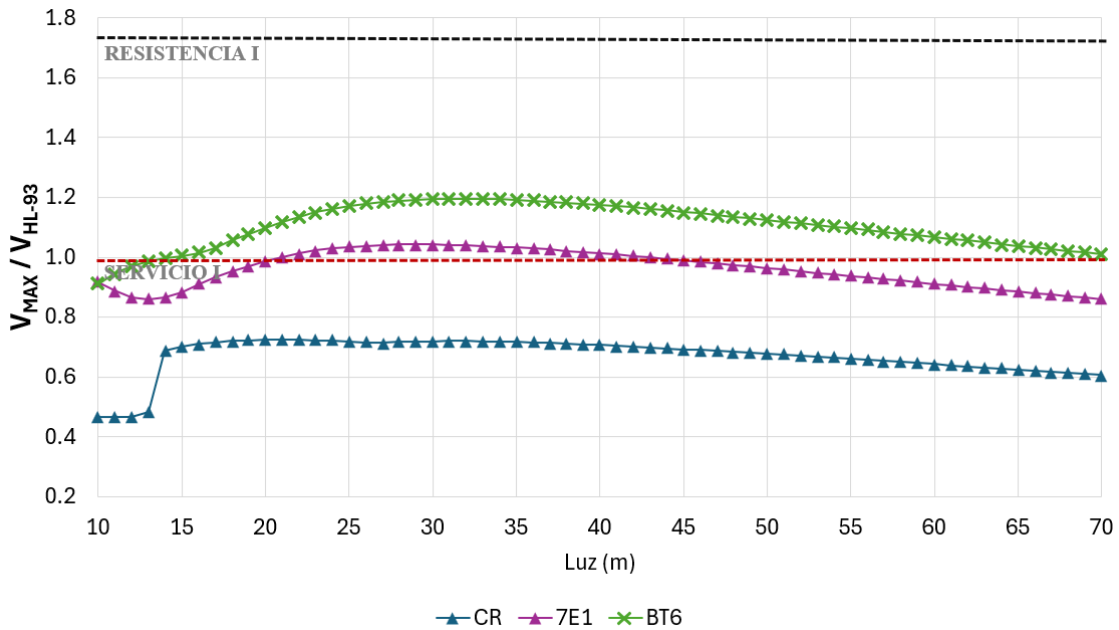


Figura 4.18 Comparación de Cortes Producidos por VAPs y HL-93

4.4 Patrones de Carga Adaptados

La elaboración de patrones de carga se llevó a cabo de dos formas distintas. Por un lado se amplificaron las cargas del camión tipo HS20 del patrón HL-93 en un 10% o amplificar todas las cargas del patrón HL-93 en un 25%. Por el otro lado se creó un patrón basado en el HL-93 en el que se reemplace el camión HS20 por uno de cinco ejes, y las cargas de faja y tándem se vean aumentadas.

4.4.1 HL-93 Amplificado

Para la amplificación de las cargas transmitidas por el patrón HL-93 se crearon dos propuestas. La primera que consiste en la amplificación únicamente de las cargas del camión HS20 (al igual que ocurre en el HS20-44 + 20% del MOP). Esta primera propuesta tiene por objetivo ser representativa para los VAPs de hasta 65 ton, permitiendo que las solicitaciones de los VAPs se mantengan por debajo de las cargas de diseño por serviciabilidad. La otra propuesta en cambio consiste en la amplificación de todas las cargas del patrón HL-93. Esto con el fin de permitir que todos los VAPs caracterizados en el trabajo ($PBT \leq 75$ ton) cumplan con las condiciones de serviciabilidad.

Una amplificación del 10% para el camión HS20 del patrón de carga permite que los VAPs caracterizados que cuenten con un PBT menor o igual a 65 ton produzcan menores solicitaciones que este patrón, esto puede ser visto en la Figura 4.19 y en la Figura 4.20:

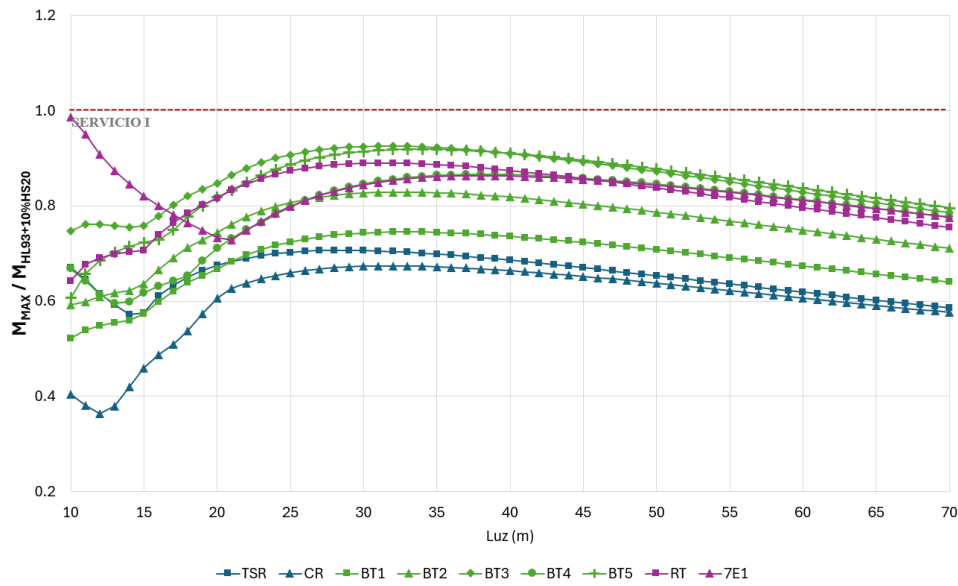


Figura 4.19 Razones de Momento entre VAPs con PBT ≤ 65 ton y HL-93 + 10%HS20

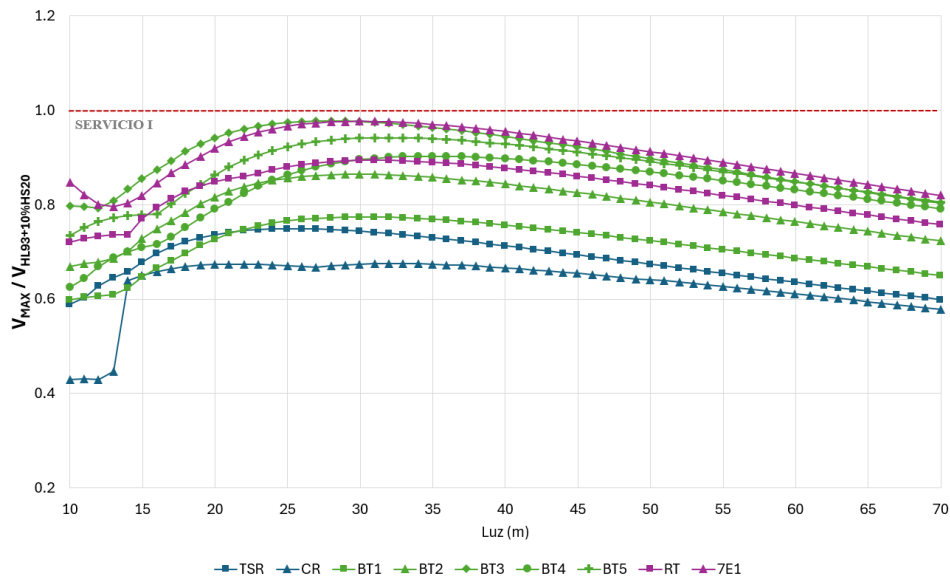


Figura 4.20 Razones de Corte entre VAPs con PBT ≤ 65 ton y HL-93 + 10%HS20

La Figura 4.19 y la Figura 4.20 muestran que la amplificación de un 10% al HS20 para el patrón HL-93 se ajusta lo suficiente para que las razones de solicitaciones de los camiones con PBT menor a 65 ton sean menores a 1.0. En donde las zonas más críticas resultan ser las luces de 10 m para el camión 7E-2 en momento, y las luces entre 20 y 40 metros para los camiones BT5 y 7E1 en corte.

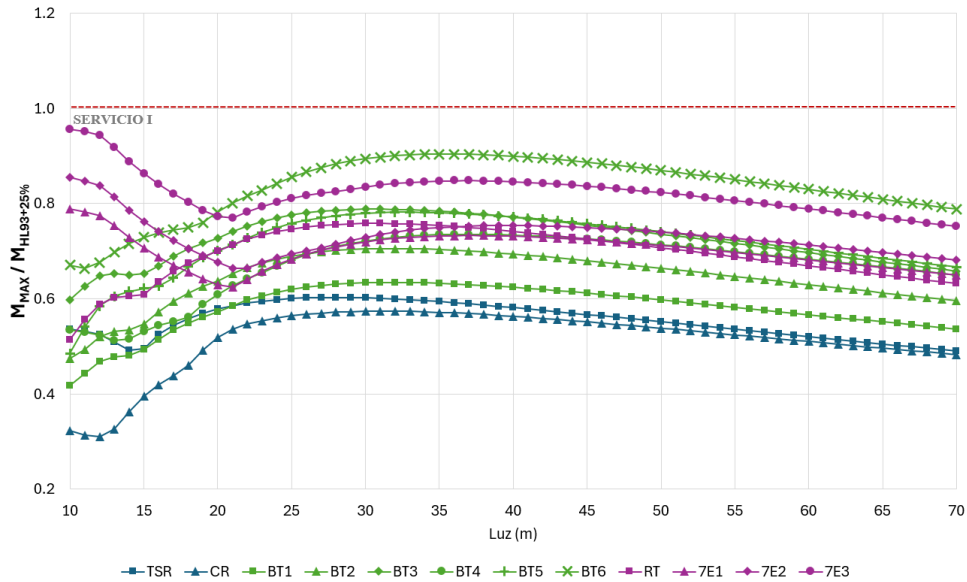


Figura 4.21 Razones de Momento entre VAPs y HL-93 + 25%

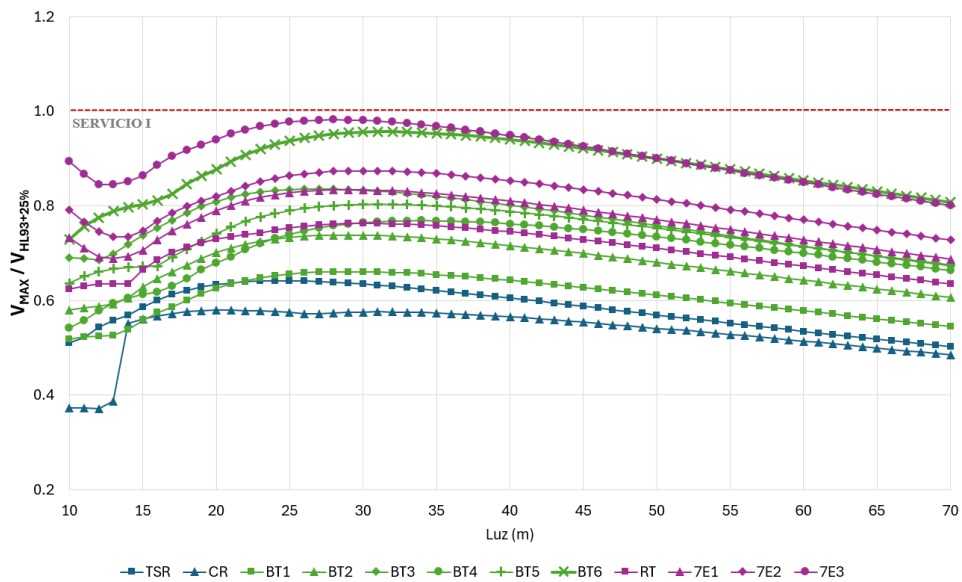


Figura 4.22 Razones de Corte entre VAPs y HL-93 + 25%

Por el lado de la amplificación completa al patrón HL-93, la Figura 4.30 y la Figura 4.31 muestran que con una amplificación del 25% basta para cubrir las demandas producidas por los VAPs. Donde los puntos más críticos resultaron ser los vanos de 10 m en momento y entre 20 y 40 m en corte, estos para principalmente los camiones BT6 y el 7E3 de 75 y 73 ton respectivamente.

4.4.2 Camión de 5 Ejes con Carga de Faja

Por el lado del patrón inspirado en el HL-93 se elaboraron los 2 casos mostrados en la Figura 4.32, consistiendo estos en un camión de 5 ejes compuesto por un grupo de eje simple y 2 grupos de ejes dobles, el cual tiene un PBT de 45 ton sumado a una carga distribuida uniforme de 1.05 tonf/m, y también está el caso de la misma carga distribuida más un eje tándem representado con dos cargas puntuales doble de 14 tonf cada una:

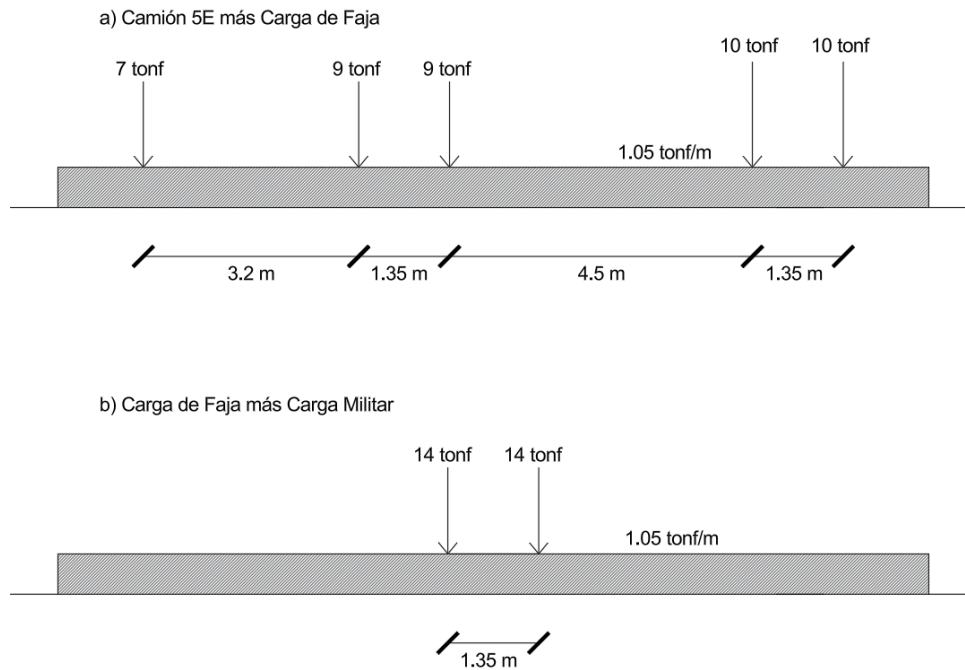


Figura 4.23 Patrón de Carga Ficticio C5EF

Del patrón de carga mostrado, se obtuvieron las razones de momentos y cortes mostradas en la Figura 4.32 y en la Figura 4.33 respectivamente:

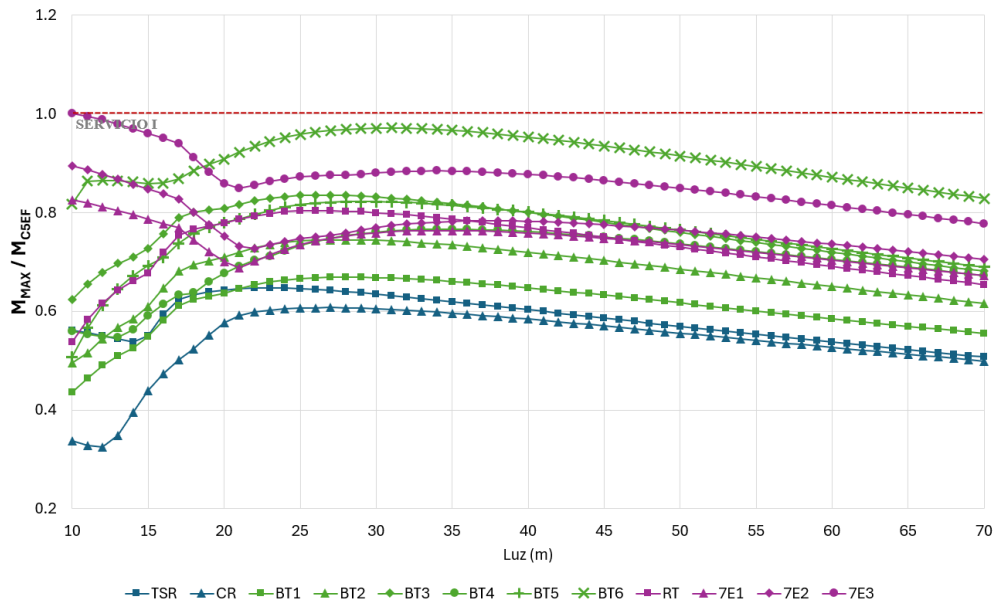


Figura 4.24 Razones de Momento entre VAPs y Patrón de Cargas C5EF

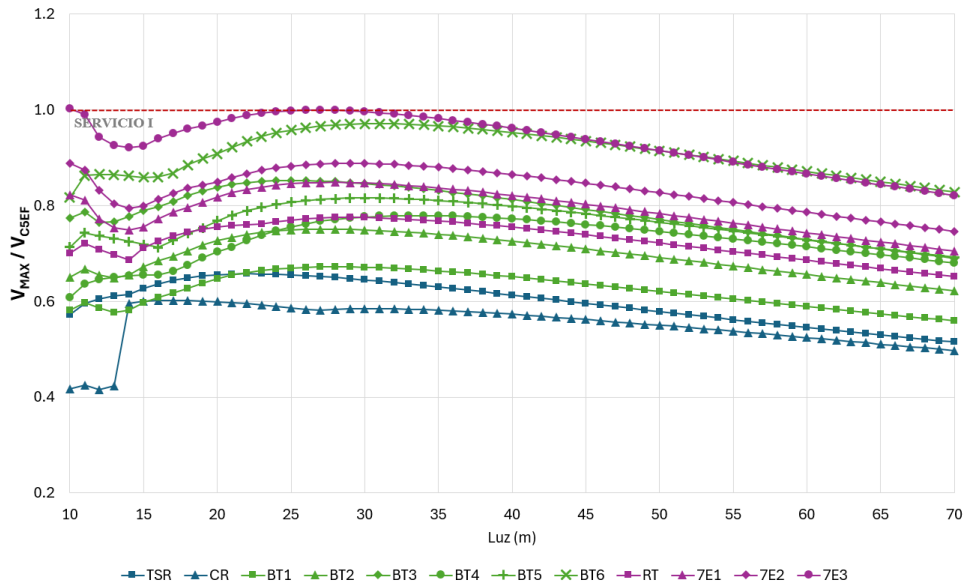


Figura 4.25 Razones de Corte entre VAPs y Patrón de Cargas C5EF

A partir de estas figuras es posible ver que, tanto para momento como para corte, el nuevo patrón de carga sirve para representar los VAPs de hasta 75 ton. Donde en las luces de 20 a 35 m es donde más se ajustan las curvas, llegando a razones de corte iguales a 1.0 permitiendo así que se cumplan las condiciones de serviciabilidad.

4.5 Conclusiones

En este capítulo se encontró que en la mayoría de los casos los VAPs producen mayores solicitaciones que los patrones de carga. Al comparar con el patrón HS20-44 se obtienen solicitaciones mucho mayores que las impuestas por las combinaciones de servicio y muy cercanas a las combinaciones de resistencia. Mientras que comparando con el HL-93 se obtienen razones más alejadas del diseño por resistencia pero que aún superan las cargas por servicio.

Surge como solución realizar modificaciones a los patrones actuales. Donde una amplificación del 10% a las cargas del Camión HS20 en el patrón HL-93 permite que se cumplan los límites de serviciabilidad para todos los VAPs con PBT menor a 65 ton. Mientras que para VAPs de hasta 75 ton es necesaria una amplificación total del 25% a las cargas de todo el patrón HL-93. Por otro lado, el patrón C5EF elaborado en esta memoria a partir del patrón HL-93 remplazando el camión HS-20 por uno de cinco ejes más cargado permite que todos los VAPs cumplan los límites de serviciabilidad.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

La finalidad de la memoria fue la de analizar la diferencia de momentos y fuerzas de corte producidas por los Vehículos de Alta Productividad y los principales patrones de carga usados en el diseño de puentes en Chile, para estructuras simplemente apoyadas con vanos de entre 10 y 70 m. Esto para evaluar una posible flexibilización de las normativas en la que se aumente el PBT máximo permitido con tal de permitir la libre circulación de VAPs de hasta 75 ton.

Los efectos estructurales inducidos por los VAPs potenciales se compararon con las demandas normativas establecidas por los patrones de carga HS20-44+20% y HL-93. Se encontró que los patrones de carga usados en el diseño chileno no son adecuados para representar a los VAPs. El patrón HS20-44+20% resultó en el menos adecuado para cubrir las demandas de los VAPs, los cuales llegan a tener valores hasta 70% mayores en luces de entre 50 y 60 m. Por el lado del HL-93 se obtienen solicitaciones más cercanas pero aún por debajo de lo deseado, sobre todo para luces de entre 10 y 40 m en donde los VAPs producen fuerzas de corte hasta 20% mayores.

Es posible usar el patrón HL-93 como base para cubrir los efectos producidos por los VAPs de mayor tonelaje mediante amplificaciones. Una amplificación del 10% al camión HS20 del patrón en cuestión permite que las solicitaciones producidas por los VAPs de hasta 65 ton no excedan las condiciones de serviciabilidad considerada en el diseño, mientras que para cubrir los VAPs caracterizados de hasta 75 ton es necesaria una amplificación total de un 25%.

Los casos propuestos por el HL-93 también pueden servir como base para elaborar nuevos patrones que resulten aún más representativos para los efectos producidos por los VAPs. Con esto se elaboró un patrón de cargas hipotético nombrado C5EF. Este patrón considera el caso de un camión de cinco ejes más una carga de faja y el caso de un tándem más la misma carga de faja. Los efectos inducidos por C5EF logran envolver los momentos y fuerzas de corte producidas por todos los VAPs caracterizados permitiendo que no se sobrepase lo considerado por las combinaciones de resistencia ni servicio.

Se concluye entonces que no es recomendable la incorporación de estos vehículos a las vías chilenas hasta al menos una actualización en la normativa referida al diseño estructural de puentes. En esta reforma sería necesario que se actualicen los patrones de carga en función al máximo tonelaje que se quiera permitir.

Como posible expansión del tema se sugiere realizar el mismo estudio con patrones de carga usados en otros países que puedan ser adaptados a la normativa chilena. Entre estos patrones se encuentran los usados en países con mayor experiencia sobre el tema, tales como Australia con el S/M-1600, Canadá con el patrón CL-625 o Brasil con el TB-450. Esto con el fin de usarlos como referencia para una posible mejora en el diseño.

REFERENCIAS

- AASHTO. (2002). *Standard Bridge Design Specifications (17th ed.)*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2012). *LRFD Bridge Design Specifications (6th ed.)*. American Association of State Highway Transportation Officials.
- Comisión de Transporte. (2019). *Transporte 2019*. Comisión de Transporte. Colegio de Ingenieros A.G.
- Díaz, R. (2011). *Transporte de Alto Tonelaje: Impacto Estructural en Pavimentos Asfálticos*. Memoria de Título Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Concepción.
- Merino, J. (2010). *Metodología de elaboración de datos de tránsito y clima para el diseño de pavimentos flexibles usando MEPDG en Chile*. Memoria de Título Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Concepción.
- MOP. (2018). *Autorización de circulación recurrente de vehículos de alta productividad: Manual para el proceso de autorización de circulación recurrente de camiones que exceden la normativa de peso bruto vehicular de 45 toneladas. (Propuesta)*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.
- MOP. (2023). *Manual de Carreteras Vol. 3. Instrucciones y Criterios de Diseño*. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.
- MOU. (2019). *Heavy Truck Weight and Dimension Limits for Interprovincial Operations in Canada*. Summary Information. Memorandum of Understanding. Canadá.

- NHVR. (2024). *National Class 2 B-double Authorisation Notice Operator's Guide*. National Heavy Vehicle Regulator. <https://www.nhvr.gov.au/C2024G00054-national-class-2-b-double-authorisation-notice-2024-no1-operators-guide>
- Nowak, A., Y. K. Hong. (1991). *Bridge Live-Load Models*. Journal of Bridge Engineering Vol. 117 (9). ASCE.
- Nowak, A., Nassif, H., DeFrain, L. (1993). *Effect of Truck Loads on Bridges*. Journal of Bridge Engineering Vol. 119 (6). ASCE.
- Unión, A. (2009). *Estudio comparativo del camión de diseño HL-93 de la Norma LRDF v/s camión Bitren y cargas especiales frecuentes*. Departamento de Proyectos de Estructuras D.I. de la D.V. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.
- Iatsko, O., Nowak, A. (2021). *Revisited Live Load for Simple-Span Bridges*. Journal of Bridge Engineering Vol. 26 (1). ASCE.

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.1 Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible	46
ANEXO 3.1 Código de Momentos y Fuerzas de Corte para Vehículos de Múltiples Ejes	47
ANEXO 3.2 Código de Momentos y Fuerzas de Corte del HS20-44+20%	49
ANEXO 3.3 Código de Momentos y Fuerzas de Corte del HL-93.....	50
ANEXO 3.4 Código de Momentos y Fuerzas de Corte del HL-93 Amplificado	51
ANEXO 3.5 Código de Momentos y Fuerzas de Corte para Patrón de Carga de Inputs.....	52
ANEXO 4.1 Momentos y Fuerzas de Corte para Principales Patrones de Carga.....	54
ANEXO 4.2 Momentos y Fuerzas de Corte de VAPs y Comparación con Principales Patrones de Carga	56
ANEXO 4.3 Momentos y Fuerzas de Corte Patrones de Carga Ficticios.....	84
ANEXO 4.4 Razones de Momento y Corte entre VAPs y Patrones de Carga Ficticios.....	86

ÍNDICE DE TABLAS DE ANEXOS

Tabla A.4.1.1 Momentos y Fuerzas de Corte de HS20-44 y HL-93.....	54
Tabla A.4.2.1 Momentos y Fuerzas de Corte de TSR y Comparación con Principales Patrones de Carga	56
Tabla A.4.2.2 Momentos y Fuerzas de Corte de CR y Comparación con Principales Patrones de Carga	58
Tabla A.4.2.3 Momentos y Fuerzas de Corte de RT y Comparación con Principales Patrones de Carga	60
Tabla A.4.2.4 Momentos y Fuerzas de Corte de 7E1 y Comparación con Principales Patrones de Carga	62
Tabla A.4.2.5 Momentos y Fuerzas de Corte de 7E2 y Comparación con Principales Patrones de Carga	64

Tabla A.4.2.6 Momentos y Fuerzas de Corte de 7E3 y Comparación con Principales Patrones de Carga	66
Tabla A.4.2.7 Momentos y Fuerzas de Corte de BT1 y Comparación con Principales Patrones de Carga	68
Tabla A.4.2.8 Momentos y Fuerzas de Corte de BT2 y Comparación con Principales Patrones de Carga	70
Tabla A.4.2.9 Momentos y Fuerzas de Corte de BT3 y Comparación con Principales Patrones de Carga	72
Tabla A.4.2.10 Momentos y Fuerzas de Corte de BT4 y Comparación con Principales Patrones de Carga	74
Tabla A.4.2.11 Momentos y Fuerzas de Corte de BT5 y Comparación con Principales Patrones de Carga	76
Tabla A.4.2.12 Momentos y Fuerzas de Corte de BT6 y Comparación con Principales Patrones de Carga	78
Tabla A.4.3.1 Momentos y Fuerzas de Corte de Patrones de Carga Ficticios	84
Tabla A.4.4.1 Razones de Momento y Corte entre TSR y Patrones de Carga Ficticios	86
Tabla A.4.4.2 Razones de Momento y Corte entre CR y Patrones de Carga Ficticios	88
Tabla A.4.4.3 Razones de Momento y Corte entre RT y Patrones de Carga Ficticios	90
Tabla A.4.4.4 Razones de Momento y Corte entre 7E1 y Patrones de Carga Ficticios	92
Tabla A.4.4.5 Razones de Momento y Corte entre 7E2 y Patrones de Carga Ficticios	94
Tabla A.4.4.6 Razones de Momento y Corte entre 7E3 y Patrones de Carga Ficticios	96
Tabla A.4.4.7 Razones de Momento y Corte entre BT1 y Patrones de Carga Ficticios	98
Tabla A.4.4.8 Razones de Momento y Corte entre BT2 y Patrones de Carga Ficticios	100
Tabla A.4.4.9 Razones de Momento y Corte entre BT3 y Patrones de Carga Ficticios	102
Tabla A.4.4.10 Razones de Momento y Corte entre BT4 y Patrones de Carga Ficticios	104
Tabla A.4.4.11 Razones de Momento y Corte entre BT5 y Patrones de Carga Ficticios	106
Tabla A.4.4.12 Razones de Momento y Corte entre BT6 y Patrones de Carga Ficticios	108

ÍNDICE DE TABLAS DE ANEXOS

Figura A.4.2.1 Comparación de Momentos y Cortes Producidos por Camiones con PBT = 45 ton y Patrones de Carga.....	80
Figura A.4.2.2 Comparación de Momentos y Cortes Producidos por VAPs con PBT \leq 65 ton y Patrones de Carga.....	81
Figura A.4.2.3 Comparación de Momentos y Cortes Producidos por VAPs con PBT \leq 75 ton y Patrones de Carga.....	82

ANEXO 1.1 Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. Seleccione a cuál o cuáles de los 17 ODS contribuye su trabajo de Memoria de Título:

- ODS-1 : Fin de la pobreza.
- ODS-2 : Hambre cero.
- ODS-3 : Salud y bienestar.
- ODS-4 : Educación de calidad.
- ODS-5 : Igualdad de género.
- ODS-6 : Agua limpia y saneamiento.
- ODS-7 : Energía asequible y no contaminante.
- ODS-8 : Trabajo decente y crecimiento económico.
- ODS-9 : Industria, innovación e infraestructura.
- ODS-10 : Reducción de las desigualdades.
- ODS-11 : Ciudades y comunidades sostenibles.
- ODS-12 : Producción y consumo responsables.
- ODS-13 : Acción por el clima.
- ODS-14 : Vida Submarina.
- ODS-15 : Vida de ecosistemas terrestres.
- ODS-16 : Paz, justicia e instituciones sólidas.
- ODS-17 : Alianzas para lograr los objetivos.

Vinculación

Los Vehículos de Alta Productividad (VAPs) no fueron contemplados en la confección de los principales patrones de carga usados en la práctica chilena, lo que crea sospechas sobre la integridad de la infraestructura vial frente a la posible incorporación de estos vehículos. Este trabajo contribuye al Objetivo de desarrollo Sustentable 9: Industria, innovación e infraestructura al comprobar, mediante la comparación directa de momentos y cortes, si es segura la incorporación de los VAPs, y en caso de no serlo, mostrar recomendaciones de mejora a los actuales patrones de carga con tal de reforzar el diseño de puentes y brindar las condiciones necesarias para que estos vehículos circulen libremente por las vías chilenas.

ANEXO 3.1 Código de Momentos y Fuerzas de Corte para Vehículos de Múltiples Ejes

Funciones requeridas:

- *solveIt*

```
function [SumV, SumM] = solveIt(L, DL, Load, Spacing, Truck_Pos)

    X = 0:DL:L;
    Loc_Pos = cumsum(Spacing);
    SumM = zeros(size(X));
    SumV = zeros(size(X));

    for i = 1:length(Load)
        [M, V] = shear_and_moment_diagrams(X, Load(i), Truck_Pos + Loc_Pos(i));
        SumM = SumM + M;
        SumV = SumV + V;
    end
end
```

- *shear_and_moment_diagrams_*

```
function [M, V] = shear_and_moment_diagrams(X, P, a)

    L = X(end);
    R_left = P * (L - a) / L;
    R_right = P * a / L;
    M = zeros(size(X));
    V = zeros(size(X));

    if a < L
        for i = 1:length(X)
            x = X(i);
            if x <= a
                M(i) = R_left * x;
                V(i) = R_left;
            else
                M(i) = R_left * x - P * (x - a);
                V(i) = -R_right;
            end
        end
    end
end
```

Código Principal:

```

% Solve a simple single supported beam under multiple loads accounting for those loads
that end up outside the bridge
% Victor Aguilar, PhD. Fondecyt Marzo 2023
% Adaptado a .m para múltiples luces

clc; clear all

fprintf('**** Camión de Múltiples Ejes *****\n');
fprintf('Máximo Momento y Corte - Estructura Simplemente Apoyada - Una Línea
Cargada\n\n\n');

% ----- INPUTS----- %
DL = 0.1; % Discretización de la "viga" (0.1 funciona bien)
Load = []; % Ingresar el vector de cargas por eje [ton]
Spacing = []; % Ingresar el vector de espaciamento entre ejes [m]
% ----- %

Mmax = zeros(70,1);
Vmax = zeros(70,1);

for i = 10:70 % Rango de Luces analizadas (en m)
    L = i;
    vano(i,1) = i;

    % Generación de vector de posiciones a lo largo del puente
    X = 0:DL:L;
    Truck_Pos = mapping(L, DL);
    j = 1;
    SumV = zeros(length(X), length(Truck_Pos));
    SumM = zeros(length(X), length(Truck_Pos));

    % Generación de Matriz de Momento y Corte para cada punto X en cada posición del
    Camión
    for position = Truck_Pos
        [SumV(j, :), SumM(j, :)] = solveIt(L, DL, Load, Spacing, position);
        j = j + 1;
    end

    % Máximos Momentos y Cortes en i
    Mmax(i,1) = max(SumM, [], 'all');
    Vmax(i,1) = max(abs(SumV), [], 'all');
end

T = table(vano, Mmax, Vmax);
T.Properties.VariableNames = ["Luz (m)", "Mmax (ton-m)", "Vmax (ton)"];
T([1:9,], :) = []
% ----- %

```

ANEXO 3.2 Código de Momentos y Fuerzas de Corte del HS20-44+20%

```

clc; clear all;
fprintf('**** Manual de Carreteras HS20-44+20% *****\n');
fprintf('Máximo Momento y Corte - Estructura Simplemente Apoyada - Una Línea Cargada\n\n\n');

for i = 10:70 % Rango de Luces analizadas (en m)
    span = i; % m
    L = span / 0.3048; % ft
    vano(i,1) = i;
    MOP = 1.20; % Amplificación del 20% según Manual de Carreteras Vol. 3

    % Caso a: Camión HS20-44+20%
    P = 32 * MOP;
    a = 14;
    x = L / 2 - 5 / 6 * a;
    A = P * (9 / 4 - 9 / 4 * (x / L) - 3 / 2 * (a / L));
    Ma = A * x + (A - P) * a; % Máximo Momento en i, Caso a)
    x = 0;
    Va = P * (9 / 4 - 9 / 4 * (x / L) - 3 / 2 * (a / L)); % Máximo Corte en i, Caso a)

    % Caso b: Carga de Faja de HS20 y Carga Concentrada
    M_lane = 0.64 * L^2 / 8;
    V_lane = 0.64 * L / 2;
    Mb = M_lane + 18 * L / 4; % Máximo Momento en i, Caso b)
    Vb = V_lane + 26; % Máximo Corte en i, Caso b)

    % Caso c: Tándem Militar
    P = 24;
    a = 4;
    x = L / 2 - 1 / 4 * a;
    A = 2 * P - P / L * (2 * x + a);
    Mc = A * x; % Máximo Momento en i, Caso c)
    x = 0;
    Vc = 2 * P - P / L * (2 * x + a); % Máximo Corte en i, Caso c)

    % Conversión de unidades de kip a ton y de ft a m
    kipft_tonm = 0.4536 * 0.3048;
    kip_ton = 0.4536;
    Ma = Ma * kipft_tonm;
    Mb = Mb * kipft_tonm;
    Mc = Mc * kipft_tonm;
    Va = Va * kip_ton;
    Vb = Vb * kip_ton;
    Vc = Vc * kip_ton;

    % Recopilación de Momentos y Cortes para cada i
    MLL(i,1) = max([Ma, Mb, Mc]); % Máximo Momento en i
    VLL(i,1) = max([Va, Vb, Vc]); % Máximo Corte en i
end
T = table(vano, MLL, VLL);
T.Properties.VariableNames = ["Luz (m)", "Mmax (ton-m)", "Vmax (ton)"];
T([1:9,], :) = []
% ----- %

```

ANEXO 3.3 Código de Momentos y Fuerzas de Corte del HL-93

```

clc; clear all;
fprintf('**** HL 93 AASHTO LRFD *****\n');
fprintf('Máximo Momento y Corte - Estructura Simplemente Apoyada - Una Línea
Cargada\n\n\n');

for i = 10:70 % Rango de Luces analizadas (en m)
span = i; % m
L = span / 0.3048; % ft
vano(i,1) = i;

% Caso a: Camión Estándar HS20 + Carga de Faja
a = 336 / (144 + 0.64 * L);
M_truck = 16 * (9/8 * L + a/L * (21 - 4.5 * a) - 17.5);
M_lane = 0.08 * (L^2 - 4 * a^2);
MaLL = M_truck + M_lane; % Máximo Momento en i, Caso a)
V_truck = 72 - 672 / L;
V_lane = 0.64 * L / 2;
VaLL = V_truck + V_lane; % Máximo Corte en i, Caso a)

% Caso b: Tándem + Carga de Faja.
b = 100 / (100 + 0.64 * L);
M_tandem = 50 * (L/4 + b/L * (2 - b) - 1);
M_lane = 0.08 * (L^2 - 4 * b^2);
MbLL = M_tandem + M_lane; % Máximo Momento en i, Caso b)
V_tandem = 2 * 25 - 25 * 4 / L;
VbLL = V_tandem + V_lane; % Máximo Corte en i, Caso b)

% Conversión de unidades de kip a ton y de ft a m
kipft_tonm = 0.4536 * 0.3048;
kip_ton = 0.4536;
MaLL = MaLL * kipft_tonm;
MbLL = MbLL * kipft_tonm;
VaLL = VaLL * kip_ton;
VbLL = VbLL * kip_ton;

% Recopilación de Momentos y Cortes para cada i
MLL(i,1) = max(MaLL,MbLL) ; % Máximo Momento en i
VLL(i,1) = max(VaLL,VbLL) ; % Máximo Corte en i
end

T = table(vano, MLL, VLL);
T.Properties.VariableNames = ["Luz (m)", "Mmax (ton-m)", "Vmax (ton)"];
T([1:9,], :) = []
% ----- %

```

ANEXO 3.4 Código de Momentos y Fuerzas de Corte del HL-93 Amplificado

```

clc; clear all;
fprintf('**** HL 93 AMPLIFICADO *****\n');
fprintf('Máximo Momento y Corte - Estructura Simplemente Apoyada - Una Línea
Cargada\n\n\n');

amp_HS20 = [1.0]; % Factor de Amplificación al HS20
amp_all = [1.0]; % Factor de Amplificación

for i = 10:70 % Rango de Luces analizadas (en m)
span = i; % m
L = span / 0.3048; % ft
vano(i,1) = i;

% Caso a: Camión Estándar HS20 + Carga de Faja
a = 336 / (144 + 0.64 * L);
M_truck = 16 * (9/8 * L + a/L * (21 - 4.5 * a) - 17.5);
M_lane = 0.08 * (L^2 - 4 * a^2);
MaLL = (M_truck * amp_HS20) + M_lane; % Máximo Momento en i, Caso a)
V_truck = 72 - 672 / L;
V_lane = 0.64 * L / 2;
VaLL = (V_truck * amp_HS20) + V_lane; % Máximo Corte en i, Caso a)

% Caso b: Tándem + Carga de Faja.
b = 100 / (100 + 0.64 * L);
M_tandem = 50 * (L/4 + b/L * (2 - b) - 1);
M_lane = 0.08 * (L^2 - 4 * b^2);
MbLL = M_tandem + M_lane; % Máximo Momento en i, Caso b)
V_tandem = 2 * 25 - 25 * 4 / L;
VbLL = V_tandem + V_lane; % Máximo Corte en i, Caso b)

% Conversión de unidades de kip a ton y de ft a m
kipft_tonm = 0.4536 * 0.3048;
kip_ton = 0.4536;
MaLL = MaLL * kipft_tonm;
MbLL = MbLL * kipft_tonm;
VaLL = VaLL * kip_ton;
VbLL = VbLL * kip_ton;

% Recopilación de Momentos y Cortes para cada i
MLL(i,1) = (max(MaLL,MbLL)) * amp_all ; % Máximo Momento en i
VLL(i,1) = (max(VaLL,VbLL)) * amp_all ; % Máximo Corte en i
end

T = table(vano, MLL, VLL);
T.Properties.VariableNames = ["Luz (m)", "Mmax (ton-m)", "Vmax (ton)"];
T([1:9,], :) = []
% ----- %

```

ANEXO 3.5 Código de Momentos y Fuerzas de Corte para Patrón de Carga de Inputs

Para el funcionamiento del Código Principal son necesarias las mismas funciones mostradas en el Anexo 3.1.

Código Principal:

```
% Solve a simple single supported beam under multiple loads accounting for those loads
that end up outside the bridge
% Victor Aguilar, PhD. Fondecyt Marzo 2023
% Adaptado a .m para múltiples luces y considerando múltiples casos con carga de faja

clc; clear all;
fprintf('**** Simulación Patrón de Carga de 2 casos con Camión de Múltiples Ejes
*****\n');
fprintf('Máximo Momento y Corte - Estructura Simplemente Apoyada - Una Línea
Cargada\n\n\n');

% ----- INPUTS Camión + Faja ----- %
LoadA = [10, 10, 9, 9, 7]; % Vector de Cargas [ton]
SpacingA = [0, 1.35, 4.5, 1.35, 3.2]; % Vector de espaciamiento entre ejes [m]
Faja = 1.05; %ton/m
% ----- %
DL = 0.1; % Discretización de la "viga" (0.1 funciona bien)
% ----- INPUTS Tandem + Faja ----- %
LoadB = [14, 14]; % ton
SpacingB = [0, 1.35]; % m
% ----- %

MmaxA = zeros(70,1);
VmaxA = zeros(70,1);
MmaxB = zeros(70,1);
VmaxB = zeros(70,1);

for i = 10:70 % Rango de Luces analizadas (en m)
    L = i;
    vano(i,1) = i;

    % Generación de vector de posiciones a lo largo del puente
    X = 0:DL:L;
    Truck_Pos = 0:DL:L;

    % Generación de vectores de Momento y Corte producidas por la carga de faja en cada
    punto X del puente
    Mlane = zeros(length(X), 1);
    Vlane = zeros(length(X), 1);
    n = 0;
    for k = 0:DL:L
        n = n+1;
        Mlane(n,1) = abs((Faja*L*k/2)-(Faja*k^2/2));
        Vlane(n,1) = abs((Faja*L/2)-(Faja*k));
    end
    % ----- CASO A: Camión + faja ----- %
```

```

j = 1;
SumVa = zeros(length(X), length(Truck_Pos));
SumMa = zeros(length(X), length(Truck_Pos));

% Generación de Matriz de Momento y Corte para cada punto X en cada posición del
Camión
for position = Truck_Pos
    [SumVa(j, :), SumMa(j, :)] = solveIt(L, DL, LoadA, SpacingA, position);
    j = j + 1;
end

% Suma de Momentos y Cortes producidos por el Camión y la Carga de Faja
SumMa = SumMa + Mlane;
SumVa = abs(SumVa) + Vlane;

% Máximos Momentos y Cortes en i para el Caso a)
MmaxA(i,1) = max(SumMa, [], 'all');
VmaxA(i,1) = max((SumVa), [], 'all');

% ----- CASO B: Tándem + Lane ----- %
% Initialize variables
j = 1;
SumVb = zeros(length(X), length(Truck_Pos));
SumMb = zeros(length(X), length(Truck_Pos));

% Generación de Matriz de Momento y Corte para cada punto X en cada posición del
Tándem
for position = Truck_Pos
    [SumVb(j, :), SumMb(j, :)] = solveIt(L, DL, LoadB, SpacingB, position);
    j = j + 1;
end

% Suma de Momentos y Cortes producidos por el Camión y la Carga de Faja
SumMb = SumMb + Mlane;
SumVb = abs(SumVb) + Vlane;

% Máximos Momentos y Cortes en i para el Caso b)
MmaxB(i,1) = max(SumMb, [], 'all');
VmaxB(i,1) = max((SumVb), [], 'all');

% Máximos Momentos y Cortes en i
Mmax(i,1) = max(MmaxA(i,1), MmaxB(i,1));
Vmax(i,1) = max(VmaxA(i,1), VmaxB(i,1));
end

T = table(vano, Mmax, Vmax);
T.Properties.VariableNames = ["Luz (m)", "Mmax (ton-m)", "Vmax (ton)"];
T([1:9], :) = []
% ----- %

```

ANEXO 4.1 Momentos y Fuerzas de Corte para Principales Patrones de Carga**Tabla A.4.1.1a Momentos y Fuerzas de Corte de HS20-44 y HL-93**

Luz (m)	HS20-44 + 20% (MOP)		HL93 (AASHTO LRFD)	
	M (tonf-m)	V (tonf)	M (tonf-m)	V (tonf)
10	53.51	28.04	61.87	28.13
11	63.12	29.06	70.02	29.45
12	72.77	29.90	78.41	30.63
13	82.44	30.61	88.62	31.70
14	92.13	31.23	99.91	32.69
15	101.83	31.76	111.45	33.61
16	111.55	32.22	123.24	34.47
17	121.27	32.63	135.28	35.29
18	131.01	33.00	147.56	36.07
19	140.75	33.32	160.08	36.82
20	150.49	33.62	172.85	37.54
21	160.24	33.88	185.85	38.24
22	170.00	34.12	199.10	38.91
23	179.76	34.34	212.60	39.57
24	189.52	34.55	226.33	40.22
25	199.28	34.73	240.30	40.85
26	209.05	34.90	254.51	41.47
27	218.82	35.06	268.97	42.08
28	228.59	35.21	283.66	42.68
29	238.36	35.35	298.59	43.27
30	248.14	35.47	313.76	43.85
31	257.92	35.59	329.18	44.42
32	267.69	35.71	344.83	44.99
33	277.47	35.81	360.72	45.56
34	287.25	35.91	376.84	46.12
35	297.03	36.01	393.21	46.67
36	306.82	36.09	409.82	47.22
37	316.60	36.18	426.66	47.77
38	326.38	36.26	443.75	48.31
39	336.17	36.33	461.07	48.85
40	345.95	36.40	478.63	49.39

Tabla A.4.1.1b Momentos y Fuerzas de Corte de HS20-44 y HL-93

Luz (m)	HS20-44 + 20% (MOP)		HL93 (AASHTO LRFD)	
	M (tonf-m)	V (tonf)	M (tonf-m)	V (tonf)
41	355.74	36.47	496.43	49.92
42	365.52	36.54	514.47	50.45
43	375.31	36.60	532.74	50.98
44	385.10	36.66	551.26	51.50
45	394.89	36.71	570.01	52.02
46	404.67	36.77	589.00	52.55
47	414.46	36.82	608.23	53.06
48	424.25	36.87	627.70	53.58
49	434.04	36.92	647.41	54.10
50	443.83	36.96	667.36	54.61
51	453.62	37.00	687.54	55.12
52	463.41	37.05	707.96	55.64
53	473.20	37.09	728.62	56.15
54	482.99	37.51	749.52	56.65
55	492.78	37.99	770.66	57.16
56	502.57	38.46	792.04	57.67
57	512.37	38.94	813.65	58.17
58	522.16	39.41	835.50	58.68
59	534.86	39.89	857.59	59.18
60	551.07	40.37	879.92	59.68
61	567.52	40.84	902.49	60.19
62	584.20	41.32	925.29	60.69
63	601.13	41.80	948.34	61.19
64	618.29	42.27	971.62	61.69
65	635.69	42.75	995.14	62.18
66	653.32	43.22	1018.90	62.68
67	671.20	43.70	1042.89	63.18
68	689.31	44.18	1067.13	63.68
69	707.66	44.65	1091.60	64.17
70	726.25	45.13	1116.31	64.67

ANEXO 4.2 Momentos y Fuerzas de Corte de VAPs y Comparación con Principales Patrones de Carga

Tabla A.4.2.1a Momentos y Fuerzas de Corte de TSR y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	TSR (45 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	41.50	17.95	0.78	0.64	0.67	0.64
11	46.50	19.23	0.74	0.66	0.66	0.65
12	51.49	20.79	0.71	0.70	0.66	0.68
13	56.49	22.11	0.69	0.72	0.64	0.70
14	61.49	23.25	0.67	0.74	0.62	0.71
15	68.89	24.62	0.68	0.78	0.62	0.73
16	80.99	25.89	0.73	0.80	0.66	0.75
17	91.99	27.02	0.76	0.83	0.68	0.77
18	102.97	28.01	0.79	0.85	0.70	0.78
19	113.98	28.91	0.81	0.87	0.71	0.79
20	125.01	29.71	0.83	0.88	0.72	0.79
21	136.07	30.44	0.85	0.90	0.73	0.80
22	147.14	31.10	0.87	0.91	0.74	0.80
23	158.23	31.71	0.88	0.92	0.74	0.80
24	169.33	32.26	0.89	0.93	0.75	0.80
25	180.44	32.77	0.91	0.94	0.75	0.80
26	191.56	33.24	0.92	0.95	0.75	0.80
27	202.69	33.68	0.93	0.96	0.75	0.80
28	213.83	34.08	0.94	0.97	0.75	0.80
29	224.98	34.46	0.94	0.97	0.75	0.80
30	236.14	34.81	0.95	0.98	0.75	0.79
31	247.30	35.14	0.96	0.99	0.75	0.79
32	258.46	35.44	0.97	0.99	0.75	0.79
33	269.64	35.73	0.97	1.00	0.75	0.78
34	280.81	36.01	0.98	1.00	0.75	0.78
35	291.99	36.26	0.98	1.01	0.74	0.78
36	303.18	36.51	0.99	1.01	0.74	0.77
37	314.36	36.74	0.99	1.02	0.74	0.77
38	325.56	36.95	1.00	1.02	0.73	0.76
39	336.75	37.16	1.00	1.02	0.73	0.76
40	347.95	37.36	1.01	1.03	0.73	0.76

Tabla A.4.2.1b Momentos y Fuerzas de Corte de TSR y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	TSR (45 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	359.15	37.54	1.01	1.03	0.72	0.75
42	370.35	37.72	1.01	1.03	0.72	0.75
43	381.55	37.89	1.02	1.04	0.72	0.74
44	392.76	38.05	1.02	1.04	0.71	0.74
45	403.96	38.20	1.02	1.04	0.71	0.73
46	415.17	38.35	1.03	1.04	0.70	0.73
47	426.39	38.49	1.03	1.05	0.70	0.73
48	437.60	38.63	1.03	1.05	0.70	0.72
49	448.81	38.76	1.03	1.05	0.69	0.72
50	460.03	38.88	1.04	1.05	0.69	0.71
51	471.25	39.00	1.04	1.05	0.69	0.71
52	482.46	39.12	1.04	1.06	0.68	0.70
53	493.68	39.23	1.04	1.06	0.68	0.70
54	504.91	39.34	1.05	1.05	0.67	0.69
55	516.13	39.44	1.05	1.04	0.67	0.69
56	527.35	39.54	1.05	1.03	0.67	0.69
57	538.57	39.63	1.05	1.02	0.66	0.68
58	549.80	39.73	1.05	1.01	0.66	0.68
59	561.02	39.82	1.05	1.00	0.65	0.67
60	572.25	39.90	1.04	0.99	0.65	0.67
61	583.48	39.99	1.03	0.98	0.65	0.66
62	594.70	40.07	1.02	0.97	0.64	0.66
63	605.93	40.15	1.01	0.96	0.64	0.66
64	617.16	40.22	1.00	0.95	0.64	0.65
65	628.39	40.29	0.99	0.94	0.63	0.65
66	639.62	40.37	0.98	0.93	0.63	0.64
67	650.85	40.44	0.97	0.93	0.62	0.64
68	662.08	40.50	0.96	0.92	0.62	0.64
69	673.32	40.57	0.95	0.91	0.62	0.63
70	684.55	40.63	0.94	0.90	0.61	0.63

Tabla A.4.2.2a Momentos y Fuerzas de Corte de CR y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	CR (45 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	25.00	13.10	0.47	0.47	0.40	0.47
11	27.50	13.73	0.44	0.47	0.39	0.47
12	30.46	14.25	0.42	0.48	0.39	0.47
13	36.20	15.32	0.44	0.50	0.41	0.48
14	45.20	22.54	0.49	0.72	0.45	0.69
15	55.09	23.57	0.54	0.74	0.49	0.70
16	64.55	24.47	0.58	0.76	0.52	0.71
17	74.01	25.26	0.61	0.77	0.55	0.72
18	85.06	25.97	0.65	0.79	0.58	0.72
19	98.47	26.61	0.70	0.80	0.62	0.72
20	112.25	27.18	0.75	0.81	0.65	0.72
21	124.71	27.69	0.78	0.82	0.67	0.72
22	136.08	28.16	0.80	0.83	0.68	0.72
23	147.17	28.59	0.82	0.83	0.69	0.72
24	158.28	28.98	0.84	0.84	0.70	0.72
25	169.39	29.34	0.85	0.84	0.70	0.72
26	180.52	29.67	0.86	0.85	0.71	0.72
27	191.66	30.06	0.88	0.86	0.71	0.71
28	202.80	30.59	0.89	0.87	0.71	0.72
29	213.95	31.09	0.90	0.88	0.72	0.72
30	225.11	31.55	0.91	0.89	0.72	0.72
31	236.27	31.99	0.92	0.90	0.72	0.72
32	247.44	32.39	0.92	0.91	0.72	0.72
33	258.62	32.78	0.93	0.92	0.72	0.72
34	269.80	33.14	0.94	0.92	0.72	0.72
35	280.98	33.47	0.95	0.93	0.71	0.72
36	292.17	33.79	0.95	0.94	0.71	0.72
37	303.36	34.10	0.96	0.94	0.71	0.71
38	314.55	34.38	0.96	0.95	0.71	0.71
39	325.75	34.66	0.97	0.95	0.71	0.71
40	336.95	34.92	0.97	0.96	0.70	0.71

Tabla A.4.2.2b Momentos y Fuerzas de Corte de CR y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	CR (45 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	348.15	35.16	0.98	0.96	0.70	0.70
42	359.35	35.40	0.98	0.97	0.70	0.70
43	370.56	35.62	0.99	0.97	0.70	0.70
44	381.76	35.83	0.99	0.98	0.69	0.70
45	392.97	36.04	1.00	0.98	0.69	0.69
46	404.19	36.23	1.00	0.99	0.69	0.69
47	415.40	36.42	1.00	0.99	0.68	0.69
48	426.61	36.60	1.01	0.99	0.68	0.68
49	437.83	36.77	1.01	1.00	0.68	0.68
50	449.05	36.93	1.01	1.00	0.67	0.68
51	460.27	37.18	1.01	1.00	0.67	0.67
52	471.49	37.33	1.02	1.01	0.67	0.67
53	482.71	37.47	1.02	1.01	0.66	0.67
54	493.93	37.61	1.02	1.00	0.66	0.66
55	505.15	37.75	1.03	0.99	0.66	0.66
56	516.38	37.88	1.03	0.98	0.65	0.66
57	527.60	38.00	1.03	0.98	0.65	0.65
58	538.83	38.12	1.03	0.97	0.64	0.65
59	550.05	38.24	1.03	0.96	0.64	0.65
60	561.28	38.35	1.02	0.95	0.64	0.64
61	572.51	38.46	1.01	0.94	0.63	0.64
62	583.74	38.57	1.00	0.93	0.63	0.64
63	594.97	38.67	0.99	0.93	0.63	0.63
64	606.20	38.77	0.98	0.92	0.62	0.63
65	617.43	38.79	0.97	0.91	0.62	0.62
66	628.66	38.89	0.96	0.90	0.62	0.62
67	639.89	38.98	0.95	0.89	0.61	0.62
68	651.12	39.07	0.94	0.88	0.61	0.61
69	662.36	39.15	0.94	0.88	0.61	0.61
70	673.59	39.24	0.93	0.87	0.60	0.61

Tabla A.4.2.3a Momentos y Fuerzas de Corte de RT y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	RT (58.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	39.74	21.96	0.74	0.78	0.64	0.78
11	48.73	23.24	0.77	0.80	0.70	0.79
12	57.72	24.30	0.79	0.81	0.74	0.79
13	66.71	25.20	0.81	0.82	0.75	0.79
14	75.70	25.97	0.82	0.83	0.76	0.79
15	84.75	27.97	0.83	0.88	0.76	0.83
16	97.94	29.53	0.88	0.92	0.79	0.86
17	111.18	30.91	0.92	0.95	0.82	0.88
18	124.43	32.14	0.95	0.97	0.84	0.89
19	137.67	33.24	0.98	1.00	0.86	0.90
20	151.22	34.23	1.00	1.02	0.87	0.91
21	165.84	35.12	1.03	1.04	0.89	0.92
22	180.46	35.93	1.06	1.05	0.91	0.92
23	195.09	36.74	1.09	1.07	0.92	0.93
24	209.71	37.65	1.11	1.09	0.93	0.94
25	224.34	38.48	1.13	1.11	0.93	0.94
26	238.96	39.25	1.14	1.12	0.94	0.95
27	253.59	39.97	1.16	1.14	0.94	0.95
28	268.21	40.63	1.17	1.15	0.95	0.95
29	282.84	41.24	1.19	1.17	0.95	0.95
30	297.46	41.82	1.20	1.18	0.95	0.95
31	312.09	42.36	1.21	1.19	0.95	0.95
32	326.71	42.86	1.22	1.20	0.95	0.95
33	341.33	43.34	1.23	1.21	0.95	0.95
34	355.96	43.78	1.24	1.22	0.94	0.95
35	370.58	44.20	1.25	1.23	0.94	0.95
36	385.21	44.60	1.26	1.24	0.94	0.94
37	399.83	44.98	1.26	1.24	0.94	0.94
38	414.46	45.33	1.27	1.25	0.93	0.94
39	429.08	45.67	1.28	1.26	0.93	0.93
40	443.71	45.99	1.28	1.26	0.93	0.93

Tabla A.4.2.3b Momentos y Fuerzas de Corte de RT y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	RT (58.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	458.33	46.30	1.29	1.27	0.92	0.93
42	472.96	46.59	1.29	1.27	0.92	0.92
43	487.58	46.86	1.30	1.28	0.92	0.92
44	502.21	47.13	1.30	1.29	0.91	0.92
45	516.83	47.38	1.31	1.29	0.91	0.91
46	531.46	47.62	1.31	1.30	0.90	0.91
47	546.08	47.85	1.32	1.30	0.90	0.90
48	560.71	48.08	1.32	1.30	0.89	0.90
49	575.33	48.29	1.33	1.31	0.89	0.89
50	589.96	48.49	1.33	1.31	0.88	0.89
51	604.58	48.69	1.33	1.32	0.88	0.88
52	619.21	48.88	1.34	1.32	0.87	0.88
53	633.83	49.06	1.34	1.32	0.87	0.87
54	648.46	49.23	1.34	1.31	0.87	0.87
55	663.08	49.40	1.35	1.30	0.86	0.86
56	677.71	49.56	1.35	1.29	0.86	0.86
57	692.33	49.72	1.35	1.28	0.85	0.85
58	706.96	49.87	1.35	1.27	0.85	0.85
59	721.58	50.02	1.35	1.25	0.84	0.85
60	736.21	50.16	1.34	1.24	0.84	0.84
61	750.83	50.30	1.32	1.23	0.83	0.84
62	765.46	50.43	1.31	1.22	0.83	0.83
63	780.08	50.56	1.30	1.21	0.82	0.83
64	794.70	50.68	1.29	1.20	0.82	0.82
65	809.33	50.80	1.27	1.19	0.81	0.82
66	823.95	50.92	1.26	1.18	0.81	0.81
67	838.58	51.03	1.25	1.17	0.80	0.81
68	853.20	51.14	1.24	1.16	0.80	0.80
69	867.83	51.25	1.23	1.15	0.80	0.80
70	882.45	51.35	1.22	1.14	0.79	0.79

Tabla A.4.2.4a Momentos y Fuerzas de Corte de 7E1 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	7E1 (63 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	61.00	25.80	1.14	0.92	0.99	0.92
11	68.50	26.18	1.09	0.90	0.98	0.89
12	76.00	26.50	1.04	0.89	0.97	0.87
13	83.50	27.27	1.01	0.89	0.94	0.86
14	91.00	28.33	0.99	0.91	0.91	0.87
15	98.50	29.69	0.97	0.93	0.88	0.88
16	106.00	31.40	0.95	0.97	0.86	0.91
17	113.50	32.96	0.94	1.01	0.84	0.93
18	121.00	34.36	0.92	1.04	0.82	0.95
19	128.50	35.70	0.91	1.07	0.80	0.97
20	136.00	37.07	0.90	1.10	0.79	0.99
21	145.12	38.30	0.91	1.13	0.78	1.00
22	159.49	39.43	0.94	1.16	0.80	1.01
23	174.73	40.45	0.97	1.18	0.82	1.02
24	190.00	41.39	1.00	1.20	0.84	1.03
25	205.32	42.26	1.03	1.22	0.85	1.03
26	220.67	43.05	1.06	1.23	0.87	1.04
27	236.05	43.79	1.08	1.25	0.88	1.04
28	251.45	44.48	1.10	1.26	0.89	1.04
29	266.88	45.12	1.12	1.28	0.89	1.04
30	282.33	45.71	1.14	1.29	0.90	1.04
31	297.80	46.27	1.15	1.30	0.90	1.04
32	313.29	46.79	1.17	1.31	0.91	1.04
33	328.79	47.28	1.18	1.32	0.91	1.04
34	344.31	47.75	1.20	1.33	0.91	1.04
35	359.84	48.18	1.21	1.34	0.92	1.03
36	375.38	48.59	1.22	1.35	0.92	1.03
37	390.93	48.98	1.23	1.35	0.92	1.03
38	406.50	49.35	1.25	1.36	0.92	1.02
39	422.07	49.70	1.26	1.37	0.92	1.02
40	437.66	50.03	1.27	1.37	0.91	1.01

Tabla A.4.2.4b Momentos y Fuerzas de Corte de 7E1y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	7E1 (63 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	453.25	50.35	1.27	1.38	0.91	1.01
42	468.85	50.65	1.28	1.39	0.91	1.00
43	484.45	50.94	1.29	1.39	0.91	1.00
44	500.06	51.21	1.30	1.40	0.91	0.99
45	515.68	51.47	1.31	1.40	0.90	0.99
46	531.30	51.73	1.31	1.41	0.90	0.98
47	546.93	51.97	1.32	1.41	0.90	0.98
48	562.57	52.20	1.33	1.42	0.90	0.97
49	578.21	52.42	1.33	1.42	0.89	0.97
50	593.85	52.63	1.34	1.42	0.89	0.96
51	609.50	52.83	1.34	1.43	0.89	0.96
52	625.15	53.03	1.35	1.43	0.88	0.95
53	640.80	53.21	1.35	1.43	0.88	0.95
54	656.46	53.40	1.36	1.42	0.88	0.94
55	672.13	53.57	1.36	1.41	0.87	0.94
56	687.79	53.74	1.37	1.40	0.87	0.93
57	703.46	53.90	1.37	1.38	0.86	0.93
58	719.13	54.06	1.38	1.37	0.86	0.92
59	734.80	54.21	1.37	1.36	0.86	0.92
60	750.48	54.36	1.36	1.35	0.85	0.91
61	766.16	54.50	1.35	1.33	0.85	0.91
62	781.84	54.63	1.34	1.32	0.84	0.90
63	797.52	54.77	1.33	1.31	0.84	0.90
64	813.21	54.90	1.32	1.30	0.84	0.89
65	828.89	55.02	1.30	1.29	0.83	0.88
66	844.58	55.14	1.29	1.28	0.83	0.88
67	860.27	55.26	1.28	1.26	0.82	0.87
68	875.97	55.37	1.27	1.25	0.82	0.87
69	891.66	55.48	1.26	1.24	0.82	0.86
70	907.36	55.59	1.25	1.23	0.81	0.86

Tabla A.4.2.5a Momentos y Fuerzas de Corte de 7E2 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	7E2 (67 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	66.13	27.84	1.24	0.99	1.07	0.99
11	74.13	28.22	1.17	0.97	1.06	0.96
12	82.13	28.53	1.13	0.95	1.05	0.93
13	90.13	29.09	1.09	0.95	1.02	0.92
14	98.13	30.03	1.07	0.96	0.98	0.92
15	106.13	31.40	1.04	0.99	0.95	0.93
16	114.13	33.07	1.02	1.03	0.93	0.96
17	122.13	34.66	1.01	1.06	0.90	0.98
18	130.13	36.06	0.99	1.09	0.88	1.00
19	138.12	37.32	0.98	1.12	0.86	1.01
20	146.12	38.46	0.97	1.14	0.85	1.02
21	154.12	39.75	0.96	1.17	0.83	1.04
22	165.29	40.99	0.97	1.20	0.83	1.05
23	179.67	42.12	1.00	1.23	0.85	1.06
24	194.10	43.16	1.02	1.25	0.86	1.07
25	208.57	44.11	1.05	1.27	0.87	1.08
26	223.09	44.99	1.07	1.29	0.88	1.08
27	237.64	45.81	1.09	1.31	0.88	1.09
28	253.25	46.56	1.11	1.32	0.89	1.09
29	269.66	47.27	1.13	1.34	0.90	1.09
30	286.09	47.92	1.15	1.35	0.91	1.09
31	302.54	48.54	1.17	1.36	0.92	1.09
32	319.01	49.12	1.19	1.38	0.93	1.09
33	335.50	49.66	1.21	1.39	0.93	1.09
34	352.00	50.17	1.23	1.40	0.93	1.09
35	368.52	50.65	1.24	1.41	0.94	1.09
36	385.05	51.10	1.25	1.42	0.94	1.08
37	401.59	51.53	1.27	1.42	0.94	1.08
38	418.15	51.94	1.28	1.43	0.94	1.08
39	434.71	52.33	1.29	1.44	0.94	1.07
40	451.28	52.69	1.30	1.45	0.94	1.07

Tabla A.4.2.5b Momentos y Fuerzas de Corte de 7E2 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	7E2 (67 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
40	451.28	52.69	1.30	1.45	0.94	1.07
41	467.86	53.04	1.32	1.45	0.94	1.06
42	484.45	53.37	1.33	1.46	0.94	1.06
43	501.05	53.69	1.34	1.47	0.94	1.05
44	517.65	53.99	1.34	1.47	0.94	1.05
45	534.26	54.28	1.35	1.48	0.94	1.04
46	550.88	54.56	1.36	1.48	0.94	1.04
47	567.50	54.82	1.37	1.49	0.93	1.03
48	584.13	55.08	1.38	1.49	0.93	1.03
49	600.76	55.32	1.38	1.50	0.93	1.02
50	617.39	55.55	1.39	1.50	0.93	1.02
51	634.03	55.78	1.40	1.51	0.92	1.01
52	650.68	55.99	1.40	1.51	0.92	1.01
53	667.33	56.20	1.41	1.52	0.92	1.00
54	683.98	56.40	1.42	1.50	0.91	1.00
55	700.64	56.59	1.42	1.49	0.91	0.99
56	717.30	56.78	1.43	1.48	0.91	0.98
57	733.96	56.96	1.43	1.46	0.90	0.98
58	750.63	57.13	1.44	1.45	0.90	0.97
59	767.30	57.30	1.43	1.44	0.89	0.97
60	783.97	57.46	1.42	1.42	0.89	0.96
61	800.64	57.62	1.41	1.41	0.89	0.96
62	817.32	57.77	1.40	1.40	0.88	0.95
63	834.00	57.91	1.39	1.39	0.88	0.95
64	850.68	58.06	1.38	1.37	0.88	0.94
65	867.36	58.19	1.36	1.36	0.87	0.94
66	884.04	58.33	1.35	1.35	0.87	0.93
67	900.73	58.46	1.34	1.34	0.86	0.93
68	917.42	58.58	1.33	1.33	0.86	0.92
69	934.11	58.70	1.32	1.31	0.86	0.91
70	950.80	58.82	1.31	1.30	0.85	0.91

Tabla A.4.2.6a Momentos y Fuerzas de Corte de 7E3 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	7E3 (73 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	74.00	31.45	1.38	1.12	1.20	1.12
11	83.25	31.95	1.32	1.10	1.19	1.08
12	92.50	32.37	1.27	1.08	1.18	1.06
13	101.75	33.50	1.23	1.09	1.15	1.06
14	111.00	34.82	1.20	1.11	1.11	1.07
15	120.25	36.30	1.18	1.14	1.08	1.08
16	129.50	38.22	1.16	1.19	1.05	1.11
17	138.75	39.91	1.14	1.22	1.03	1.13
18	148.00	41.42	1.13	1.26	1.00	1.15
19	157.25	42.76	1.12	1.28	0.98	1.16
20	166.93	44.12	1.11	1.31	0.97	1.18
21	178.82	45.50	1.12	1.34	0.96	1.19
22	194.66	46.75	1.15	1.37	0.98	1.20
23	210.92	47.89	1.17	1.39	0.99	1.21
24	227.21	48.94	1.20	1.42	1.00	1.22
25	243.54	49.90	1.22	1.44	1.01	1.22
26	259.91	50.79	1.24	1.46	1.02	1.22
27	276.30	51.61	1.26	1.47	1.03	1.23
28	292.71	52.37	1.28	1.49	1.03	1.23
29	309.67	53.09	1.30	1.50	1.04	1.23
30	327.41	53.75	1.32	1.52	1.04	1.23
31	345.19	54.37	1.34	1.53	1.05	1.22
32	362.99	54.95	1.36	1.54	1.05	1.22
33	380.83	55.50	1.37	1.55	1.06	1.22
34	398.68	56.01	1.39	1.56	1.06	1.21
35	416.56	56.50	1.40	1.57	1.06	1.21
36	434.46	56.96	1.42	1.58	1.06	1.21
37	452.38	57.39	1.43	1.59	1.06	1.20
38	470.32	57.80	1.44	1.59	1.06	1.20
39	488.27	58.19	1.45	1.60	1.06	1.19
40	506.24	58.56	1.46	1.61	1.06	1.19

Tabla A.4.2.6b Momentos y Fuerzas de Corte de 7E3 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	7E3 (73 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	524.22	58.91	1.47	1.62	1.06	1.18
42	542.22	59.25	1.48	1.62	1.05	1.17
43	560.22	59.57	1.49	1.63	1.05	1.17
44	578.24	59.87	1.50	1.63	1.05	1.16
45	596.27	60.17	1.51	1.64	1.05	1.16
46	614.30	60.44	1.52	1.64	1.04	1.15
47	632.35	60.71	1.53	1.65	1.04	1.14
48	650.41	60.97	1.53	1.65	1.04	1.14
49	668.47	61.21	1.54	1.66	1.03	1.13
50	686.54	61.45	1.55	1.66	1.03	1.13
51	704.62	61.68	1.55	1.67	1.02	1.12
52	722.70	61.89	1.56	1.67	1.02	1.11
53	740.79	62.10	1.57	1.67	1.02	1.11
54	758.89	62.30	1.57	1.66	1.01	1.10
55	776.99	62.50	1.58	1.65	1.01	1.09
56	795.09	62.69	1.58	1.63	1.00	1.09
57	813.21	62.87	1.59	1.61	1.00	1.08
58	831.32	63.04	1.59	1.60	0.99	1.07
59	849.44	63.21	1.59	1.58	0.99	1.07
60	867.57	63.37	1.57	1.57	0.99	1.06
61	885.70	63.53	1.56	1.56	0.98	1.06
62	903.83	63.68	1.55	1.54	0.98	1.05
63	921.97	63.83	1.53	1.53	0.97	1.04
64	940.11	63.98	1.52	1.51	0.97	1.04
65	958.25	64.11	1.51	1.50	0.96	1.03
66	976.40	64.25	1.49	1.49	0.96	1.02
67	994.55	64.38	1.48	1.47	0.95	1.02
68	1012.70	64.51	1.47	1.46	0.95	1.01
69	1030.86	64.63	1.46	1.45	0.94	1.01
70	1049.02	64.75	1.44	1.43	0.94	1.00

Tabla A.4.2.7a Momentos y Fuerzas de Corte de BT1 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT1 (50 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	32.27	18.23	0.60	0.65	0.52	0.65
11	38.84	19.25	0.62	0.66	0.55	0.65
12	45.89	20.11	0.63	0.67	0.59	0.66
13	52.99	20.87	0.64	0.68	0.60	0.66
14	60.13	22.00	0.65	0.70	0.60	0.67
15	68.79	23.47	0.68	0.74	0.62	0.70
16	79.30	24.75	0.71	0.77	0.64	0.72
17	90.28	25.88	0.74	0.79	0.67	0.73
18	101.27	27.06	0.77	0.82	0.69	0.75
19	112.26	28.26	0.80	0.85	0.70	0.77
20	123.62	29.35	0.82	0.87	0.72	0.78
21	136.11	30.33	0.85	0.90	0.73	0.79
22	148.60	31.23	0.87	0.92	0.75	0.80
23	161.08	32.04	0.90	0.93	0.76	0.81
24	173.58	32.79	0.92	0.95	0.77	0.82
25	186.07	33.48	0.93	0.96	0.77	0.82
26	198.56	34.12	0.95	0.98	0.78	0.82
27	211.05	34.70	0.96	0.99	0.78	0.82
28	223.54	35.25	0.98	1.00	0.79	0.83
29	236.04	35.76	0.99	1.01	0.79	0.83
30	248.53	36.23	1.00	1.02	0.79	0.83
31	261.02	36.68	1.01	1.03	0.79	0.83
32	273.52	37.09	1.02	1.04	0.79	0.82
33	286.01	37.48	1.03	1.05	0.79	0.82
34	298.51	37.85	1.04	1.05	0.79	0.82
35	311.00	38.20	1.05	1.06	0.79	0.82
36	323.50	38.53	1.05	1.07	0.79	0.82
37	336.00	38.84	1.06	1.07	0.79	0.81
38	348.49	39.13	1.07	1.08	0.79	0.81
39	360.99	39.41	1.07	1.08	0.78	0.81
40	373.49	39.68	1.08	1.09	0.78	0.80

Tabla A.4.2.7b Momentos y Fuerzas de Corte de BT1 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT1 (50 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	385.98	39.93	1.09	1.09	0.78	0.80
42	398.48	40.17	1.09	1.10	0.77	0.80
43	410.98	40.40	1.10	1.10	0.77	0.79
44	423.47	40.61	1.10	1.11	0.77	0.79
45	435.97	40.82	1.10	1.11	0.76	0.78
46	448.47	41.02	1.11	1.12	0.76	0.78
47	460.96	41.21	1.11	1.12	0.76	0.78
48	473.46	41.40	1.12	1.12	0.75	0.77
49	485.96	41.57	1.12	1.13	0.75	0.77
50	498.46	41.74	1.12	1.13	0.75	0.76
51	510.96	41.90	1.13	1.13	0.74	0.76
52	523.45	42.06	1.13	1.14	0.74	0.76
53	535.95	42.21	1.13	1.14	0.74	0.75
54	548.45	42.35	1.14	1.13	0.73	0.75
55	560.95	42.49	1.14	1.12	0.73	0.74
56	573.45	42.63	1.14	1.11	0.72	0.74
57	585.94	42.75	1.14	1.10	0.72	0.73
58	598.44	42.88	1.15	1.09	0.72	0.73
59	610.94	43.00	1.14	1.08	0.71	0.73
60	623.44	43.12	1.13	1.07	0.71	0.72
61	635.94	43.23	1.12	1.06	0.70	0.72
62	648.44	43.34	1.11	1.05	0.70	0.71
63	660.94	43.44	1.10	1.04	0.70	0.71
64	673.43	43.55	1.09	1.03	0.69	0.71
65	685.93	43.65	1.08	1.02	0.69	0.70
66	698.43	43.74	1.07	1.01	0.69	0.70
67	710.93	43.84	1.06	1.00	0.68	0.69
68	723.43	43.93	1.05	0.99	0.68	0.69
69	735.93	44.01	1.04	0.99	0.67	0.69
70	748.43	44.10	1.03	0.98	0.67	0.68

Tabla A.4.2.8a Momentos y Fuerzas de Corte de BT2 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT32 (55.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	36.65	20.38	0.68	0.73	0.59	0.72
11	43.14	21.53	0.68	0.74	0.62	0.73
12	50.99	22.48	0.70	0.75	0.65	0.73
13	58.91	23.48	0.71	0.77	0.66	0.74
14	66.87	24.75	0.73	0.79	0.67	0.76
15	76.34	26.40	0.75	0.83	0.68	0.79
16	88.14	27.84	0.79	0.86	0.72	0.81
17	100.50	29.12	0.83	0.89	0.74	0.83
18	112.86	30.42	0.86	0.92	0.76	0.84
19	125.22	31.74	0.89	0.95	0.78	0.86
20	137.86	32.93	0.92	0.98	0.80	0.88
21	151.72	34.00	0.95	1.00	0.82	0.89
22	165.59	34.98	0.97	1.03	0.83	0.90
23	179.46	35.87	1.00	1.04	0.84	0.91
24	193.33	36.69	1.02	1.06	0.85	0.91
25	207.19	37.44	1.04	1.08	0.86	0.92
26	221.06	38.13	1.06	1.09	0.87	0.92
27	234.93	38.78	1.07	1.11	0.87	0.92
28	248.80	39.38	1.09	1.12	0.88	0.92
29	262.67	39.93	1.10	1.13	0.88	0.92
30	276.54	40.45	1.11	1.14	0.88	0.92
31	290.41	40.94	1.13	1.15	0.88	0.92
32	304.28	41.39	1.14	1.16	0.88	0.92
33	318.16	41.82	1.15	1.17	0.88	0.92
34	332.03	42.22	1.16	1.18	0.88	0.92
35	345.90	42.60	1.16	1.18	0.88	0.91
36	359.77	42.96	1.17	1.19	0.88	0.91
37	373.64	43.30	1.18	1.20	0.88	0.91
38	387.52	43.62	1.19	1.20	0.87	0.90
39	401.39	43.92	1.19	1.21	0.87	0.90
40	415.26	44.21	1.20	1.21	0.87	0.90

Tabla A.4.2.8b Momentos y Fuerzas de Corte de BT2 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT2 (55.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	429.13	44.49	1.21	1.22	0.86	0.89
42	443.01	44.75	1.21	1.22	0.86	0.89
43	456.88	45.00	1.22	1.23	0.86	0.88
44	470.75	45.24	1.22	1.23	0.85	0.88
45	484.62	45.47	1.23	1.24	0.85	0.87
46	498.50	45.68	1.23	1.24	0.85	0.87
47	512.37	45.89	1.24	1.25	0.84	0.86
48	526.24	46.09	1.24	1.25	0.84	0.86
49	540.12	46.29	1.24	1.25	0.83	0.86
50	553.99	46.47	1.25	1.26	0.83	0.85
51	567.86	46.65	1.25	1.26	0.83	0.85
52	581.74	46.82	1.26	1.26	0.82	0.84
53	595.61	46.98	1.26	1.27	0.82	0.84
54	609.49	47.14	1.26	1.26	0.81	0.83
55	623.36	47.29	1.26	1.24	0.81	0.83
56	637.23	47.44	1.27	1.23	0.80	0.82
57	651.11	47.58	1.27	1.22	0.80	0.82
58	664.98	47.72	1.27	1.21	0.80	0.81
59	678.85	47.85	1.27	1.20	0.79	0.81
60	692.73	47.98	1.26	1.19	0.79	0.80
61	706.60	48.10	1.25	1.18	0.78	0.80
62	720.48	48.22	1.23	1.17	0.78	0.79
63	734.35	48.33	1.22	1.16	0.77	0.79
64	748.22	48.45	1.21	1.15	0.77	0.79
65	762.10	48.55	1.20	1.14	0.77	0.78
66	775.97	48.66	1.19	1.13	0.76	0.78
67	789.85	48.76	1.18	1.12	0.76	0.77
68	803.72	48.86	1.17	1.11	0.75	0.77
69	817.59	48.96	1.16	1.10	0.75	0.76
70	831.47	49.05	1.14	1.09	0.74	0.76

Tabla A.4.2.9a Momentos y Fuerzas de Corte de BT3 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT3 (61 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	46.17	24.30	0.86	0.87	0.75	0.86
11	54.86	25.36	0.87	0.87	0.78	0.86
12	63.60	26.25	0.87	0.88	0.81	0.86
13	72.38	27.69	0.88	0.90	0.82	0.87
14	81.19	29.38	0.88	0.94	0.81	0.90
15	90.96	31.02	0.89	0.98	0.82	0.92
16	103.13	32.46	0.92	1.01	0.84	0.94
17	116.58	33.93	0.96	1.04	0.86	0.96
18	130.03	35.43	0.99	1.07	0.88	0.98
19	143.48	36.78	1.02	1.10	0.90	1.00
20	156.98	37.99	1.04	1.13	0.91	1.01
21	172.19	39.09	1.07	1.15	0.93	1.02
22	187.40	40.08	1.10	1.17	0.94	1.03
23	202.62	40.99	1.13	1.19	0.95	1.04
24	217.84	41.83	1.15	1.21	0.96	1.04
25	233.06	42.59	1.17	1.23	0.97	1.04
26	248.29	43.30	1.19	1.24	0.98	1.04
27	263.51	43.96	1.20	1.25	0.98	1.04
28	278.74	44.56	1.22	1.27	0.98	1.04
29	293.97	45.13	1.23	1.28	0.98	1.04
30	309.20	45.66	1.25	1.29	0.99	1.04
31	324.44	46.15	1.26	1.30	0.99	1.04
32	339.67	46.62	1.27	1.31	0.99	1.04
33	354.90	47.05	1.28	1.31	0.98	1.03
34	370.14	47.46	1.29	1.32	0.98	1.03
35	385.37	47.85	1.30	1.33	0.98	1.03
36	400.61	48.22	1.31	1.34	0.98	1.02
37	415.85	48.56	1.31	1.34	0.97	1.02
38	431.09	48.89	1.32	1.35	0.97	1.01
39	446.33	49.20	1.33	1.35	0.97	1.01
40	461.57	49.50	1.33	1.36	0.96	1.00

Tabla A.4.2.9b Momentos y Fuerzas de Corte de BT3 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT3 (61 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	476.80	49.78	1.34	1.36	0.96	1.00
42	492.05	50.04	1.35	1.37	0.96	0.99
43	507.29	50.30	1.35	1.37	0.95	0.99
44	522.53	50.54	1.36	1.38	0.95	0.98
45	537.77	50.77	1.36	1.38	0.94	0.98
46	553.01	51.00	1.37	1.39	0.94	0.97
47	568.25	51.21	1.37	1.39	0.93	0.97
48	583.50	51.41	1.38	1.39	0.93	0.96
49	598.74	51.61	1.38	1.40	0.92	0.95
50	613.98	51.80	1.38	1.40	0.92	0.95
51	629.23	51.98	1.39	1.40	0.92	0.94
52	644.47	52.15	1.39	1.41	0.91	0.94
53	659.71	52.32	1.39	1.41	0.91	0.93
54	674.96	52.48	1.40	1.40	0.90	0.93
55	690.20	52.63	1.40	1.39	0.90	0.92
56	705.45	52.78	1.40	1.37	0.89	0.92
57	720.69	52.93	1.41	1.36	0.89	0.91
58	735.94	53.07	1.41	1.35	0.88	0.90
59	751.18	53.20	1.40	1.33	0.88	0.90
60	766.43	53.33	1.39	1.32	0.87	0.89
61	781.67	53.46	1.38	1.31	0.87	0.89
62	796.92	53.58	1.36	1.30	0.86	0.88
63	812.16	53.70	1.35	1.28	0.86	0.88
64	827.41	53.81	1.34	1.27	0.85	0.87
65	842.66	53.92	1.33	1.26	0.85	0.87
66	857.90	54.03	1.31	1.25	0.84	0.86
67	873.15	54.13	1.30	1.24	0.84	0.86
68	888.39	54.23	1.29	1.23	0.83	0.85
69	903.64	54.33	1.28	1.22	0.83	0.85
70	918.89	54.43	1.27	1.21	0.82	0.84

Tabla A.4.2.10a Momentos y Fuerzas de Corte de BT4 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT4 (62.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	41.33	19.06	0.77	0.68	0.67	0.68
11	46.33	20.54	0.73	0.71	0.66	0.70
12	51.33	22.16	0.71	0.74	0.65	0.72
13	56.80	23.54	0.69	0.77	0.64	0.74
14	64.39	24.71	0.70	0.79	0.64	0.76
15	74.03	25.73	0.73	0.81	0.66	0.77
16	83.72	26.62	0.75	0.83	0.68	0.77
17	93.44	27.80	0.77	0.85	0.69	0.79
18	103.48	29.16	0.79	0.88	0.70	0.81
19	117.58	30.60	0.84	0.92	0.73	0.83
20	131.69	31.90	0.88	0.95	0.76	0.85
21	145.80	33.07	0.91	0.98	0.78	0.86
22	159.91	34.40	0.94	1.01	0.80	0.88
23	174.02	35.63	0.97	1.04	0.82	0.90
24	189.21	36.75	1.00	1.06	0.84	0.91
25	204.82	37.78	1.03	1.09	0.85	0.92
26	220.44	38.73	1.05	1.11	0.87	0.93
27	236.06	39.61	1.08	1.13	0.88	0.94
28	251.68	40.42	1.10	1.15	0.89	0.95
29	267.30	41.19	1.12	1.17	0.90	0.95
30	282.92	41.90	1.14	1.18	0.90	0.96
31	298.54	42.56	1.16	1.20	0.91	0.96
32	314.16	43.18	1.17	1.21	0.91	0.96
33	329.78	43.77	1.19	1.22	0.91	0.96
34	345.40	44.32	1.20	1.23	0.92	0.96
35	361.02	44.84	1.22	1.25	0.92	0.96
36	376.64	45.33	1.23	1.26	0.92	0.96
37	392.27	45.79	1.24	1.27	0.92	0.96
38	407.89	46.23	1.25	1.28	0.92	0.96
39	423.51	46.65	1.26	1.28	0.92	0.95
40	439.13	47.05	1.27	1.29	0.92	0.95

Tabla A.4.2.10b Momentos y Fuerzas de Corte de BT4 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT4 (62.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	454.75	47.42	1.28	1.30	0.92	0.95
42	470.37	47.78	1.29	1.31	0.91	0.95
43	486.00	48.12	1.29	1.31	0.91	0.94
44	501.62	48.45	1.30	1.32	0.91	0.94
45	517.24	48.76	1.31	1.33	0.91	0.94
46	532.86	49.06	1.32	1.33	0.90	0.93
47	548.48	49.35	1.32	1.34	0.90	0.93
48	564.11	49.62	1.33	1.35	0.90	0.93
49	579.73	49.88	1.34	1.35	0.90	0.92
50	595.35	50.14	1.34	1.36	0.89	0.92
51	610.97	50.38	1.35	1.36	0.89	0.91
52	626.60	50.61	1.35	1.37	0.89	0.91
53	642.22	50.84	1.36	1.37	0.88	0.91
54	657.84	51.05	1.36	1.36	0.88	0.90
55	673.47	51.26	1.37	1.35	0.87	0.90
56	689.09	51.46	1.37	1.34	0.87	0.89
57	704.71	51.65	1.38	1.33	0.87	0.89
58	720.33	51.84	1.38	1.32	0.86	0.88
59	735.96	52.02	1.38	1.30	0.86	0.88
60	751.58	52.20	1.36	1.29	0.85	0.87
61	767.20	52.36	1.35	1.28	0.85	0.87
62	782.83	52.53	1.34	1.27	0.85	0.87
63	798.45	52.69	1.33	1.26	0.84	0.86
64	814.07	52.84	1.32	1.25	0.84	0.86
65	829.70	52.99	1.31	1.24	0.83	0.85
66	845.32	53.13	1.29	1.23	0.83	0.85
67	860.94	53.27	1.28	1.22	0.83	0.84
68	876.56	53.41	1.27	1.21	0.82	0.84
69	892.19	53.54	1.26	1.20	0.82	0.83
70	907.81	53.67	1.25	1.19	0.81	0.83

Tabla A.4.2.11a Momentos y Fuerzas de Corte de BT5 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT5 (62.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	37.55	22.37	0.70	0.80	0.61	0.80
11	47.38	23.97	0.75	0.82	0.68	0.81
12	57.31	25.31	0.79	0.85	0.73	0.83
13	67.08	26.44	0.81	0.86	0.76	0.83
14	76.87	27.40	0.83	0.88	0.77	0.84
15	86.70	28.24	0.85	0.89	0.78	0.84
16	96.54	28.98	0.87	0.90	0.78	0.84
17	108.87	30.50	0.90	0.93	0.80	0.86
18	123.12	31.97	0.94	0.97	0.83	0.89
19	137.36	33.35	0.98	1.00	0.86	0.91
20	151.61	34.80	1.01	1.04	0.88	0.93
21	165.85	36.12	1.04	1.07	0.89	0.94
22	181.03	37.32	1.06	1.09	0.91	0.96
23	196.62	38.41	1.09	1.12	0.92	0.97
24	212.21	39.42	1.12	1.14	0.94	0.98
25	227.81	40.34	1.14	1.16	0.95	0.99
26	243.41	41.19	1.16	1.18	0.96	0.99
27	259.00	41.98	1.18	1.20	0.96	1.00
28	274.61	42.71	1.20	1.21	0.97	1.00
29	290.21	43.39	1.22	1.23	0.97	1.00
30	305.81	44.03	1.23	1.24	0.97	1.00
31	321.42	44.62	1.25	1.25	0.98	1.00
32	337.02	45.18	1.26	1.27	0.98	1.00
33	352.63	45.71	1.27	1.28	0.98	1.00
34	368.24	46.20	1.28	1.29	0.98	1.00
35	383.84	46.66	1.29	1.30	0.98	1.00
36	399.45	47.10	1.30	1.31	0.97	1.00
37	415.06	47.52	1.31	1.31	0.97	0.99
38	430.67	47.91	1.32	1.32	0.97	0.99
39	446.28	48.29	1.33	1.33	0.97	0.99
40	461.89	48.64	1.34	1.34	0.97	0.98

Tabla A.4.2.11b Momentos y Fuerzas de Corte de BT5 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT5 (62.5 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	477.50	48.98	1.34	1.34	0.96	0.98
42	493.11	49.30	1.35	1.35	0.96	0.98
43	508.73	49.61	1.36	1.36	0.95	0.97
44	524.34	49.90	1.36	1.36	0.95	0.97
45	539.95	50.18	1.37	1.37	0.95	0.96
46	555.57	50.45	1.37	1.37	0.94	0.96
47	571.18	50.70	1.38	1.38	0.94	0.96
48	586.79	50.95	1.38	1.38	0.93	0.95
49	602.41	51.18	1.39	1.39	0.93	0.95
50	618.02	51.41	1.39	1.39	0.93	0.94
51	633.63	51.63	1.40	1.40	0.92	0.94
52	649.25	51.83	1.40	1.40	0.92	0.93
53	664.86	52.04	1.41	1.40	0.91	0.93
54	680.48	52.23	1.41	1.39	0.91	0.92
55	696.09	52.42	1.41	1.38	0.90	0.92
56	711.71	52.60	1.42	1.37	0.90	0.91
57	727.32	52.77	1.42	1.36	0.89	0.91
58	742.94	52.94	1.42	1.34	0.89	0.90
59	758.56	53.10	1.42	1.33	0.88	0.90
60	774.17	53.25	1.40	1.32	0.88	0.89
61	789.79	53.41	1.39	1.31	0.88	0.89
62	805.40	53.55	1.38	1.30	0.87	0.88
63	821.02	53.69	1.37	1.28	0.87	0.88
64	836.64	53.83	1.35	1.27	0.86	0.87
65	852.25	53.96	1.34	1.26	0.86	0.87
66	867.87	54.09	1.33	1.25	0.85	0.86
67	883.49	54.22	1.32	1.24	0.85	0.86
68	899.10	54.34	1.30	1.23	0.84	0.85
69	914.72	54.46	1.29	1.22	0.84	0.85
70	930.34	54.57	1.28	1.21	0.83	0.84

Tabla A.4.2.12a Momentos y Fuerzas de Corte de BT6 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT6 (75 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
10	51.87	25.62	0.97	0.91	0.84	0.91
11	58.12	27.84	0.92	0.96	0.83	0.95
12	66.28	29.69	0.91	0.99	0.85	0.97
13	77.29	31.25	0.94	1.02	0.87	0.99
14	89.41	32.59	0.97	1.04	0.89	1.00
15	101.57	33.75	1.00	1.06	0.91	1.00
16	113.78	34.96	1.02	1.09	0.92	1.01
17	126.02	36.40	1.04	1.12	0.93	1.03
18	138.29	38.16	1.06	1.16	0.94	1.06
19	152.10	39.73	1.08	1.19	0.95	1.08
20	169.06	41.14	1.12	1.22	0.98	1.10
21	186.04	42.70	1.16	1.26	1.00	1.12
22	203.03	44.17	1.19	1.29	1.02	1.14
23	220.02	45.51	1.22	1.33	1.03	1.15
24	238.20	46.74	1.26	1.35	1.05	1.16
25	256.94	47.87	1.29	1.38	1.07	1.17
26	275.68	48.91	1.32	1.40	1.08	1.18
27	294.43	49.88	1.35	1.42	1.09	1.19
28	313.17	50.78	1.37	1.44	1.10	1.19
29	331.91	51.61	1.39	1.46	1.11	1.19
30	350.65	52.39	1.41	1.48	1.12	1.19
31	369.40	53.12	1.43	1.49	1.12	1.20
32	388.14	53.80	1.45	1.51	1.13	1.20
33	406.89	54.45	1.47	1.52	1.13	1.20
34	425.63	55.05	1.48	1.53	1.13	1.19
35	444.38	55.62	1.50	1.54	1.13	1.19
36	463.12	56.16	1.51	1.56	1.13	1.19
37	481.87	56.67	1.52	1.57	1.13	1.19
38	500.61	57.15	1.53	1.58	1.13	1.18
39	519.36	57.61	1.54	1.59	1.13	1.18
40	538.10	58.04	1.56	1.59	1.12	1.18

Tabla A.4.2.12b Momentos y Fuerzas de Corte de BT6 y Comparación con Principales Patrones de Carga

Luz (m)	BT6 (75 ton)		Razones de Momento y Corte			
	M (tonf-m)	V (tonf)	M/M _{HS20-44}	V/V _{HS20-44}	M/M _{HL-93}	V/V _{HL-93}
41	556.85	58.46	1.57	1.60	1.12	1.17
42	575.60	58.85	1.57	1.61	1.12	1.17
43	594.34	59.23	1.58	1.62	1.12	1.16
44	613.09	59.58	1.59	1.63	1.11	1.16
45	631.84	59.93	1.60	1.63	1.11	1.15
46	650.58	60.25	1.61	1.64	1.10	1.15
47	669.33	60.57	1.61	1.64	1.10	1.14
48	688.08	60.87	1.62	1.65	1.10	1.14
49	706.82	61.16	1.63	1.66	1.09	1.13
50	725.57	61.43	1.63	1.66	1.09	1.12
51	744.32	61.70	1.64	1.67	1.08	1.12
52	763.07	61.96	1.65	1.67	1.08	1.11
53	781.81	62.20	1.65	1.68	1.07	1.11
54	800.56	62.44	1.66	1.66	1.07	1.10
55	819.31	62.67	1.66	1.65	1.06	1.10
56	838.06	62.89	1.67	1.64	1.06	1.09
57	856.80	63.10	1.67	1.62	1.05	1.08
58	875.55	63.31	1.68	1.61	1.05	1.08
59	894.30	63.50	1.67	1.59	1.04	1.07
60	913.05	63.69	1.66	1.58	1.04	1.07
61	931.80	63.88	1.64	1.56	1.03	1.06
62	950.54	64.06	1.63	1.55	1.03	1.06
63	969.29	64.23	1.61	1.54	1.02	1.05
64	988.04	64.40	1.60	1.52	1.02	1.04
65	1006.79	64.56	1.58	1.51	1.01	1.04
66	1025.54	64.72	1.57	1.50	1.01	1.03
67	1044.29	64.88	1.56	1.48	1.00	1.03
68	1063.03	65.02	1.54	1.47	1.00	1.02
69	1081.78	65.17	1.53	1.46	0.99	1.02
70	1100.53	65.31	1.52	1.45	0.99	1.01

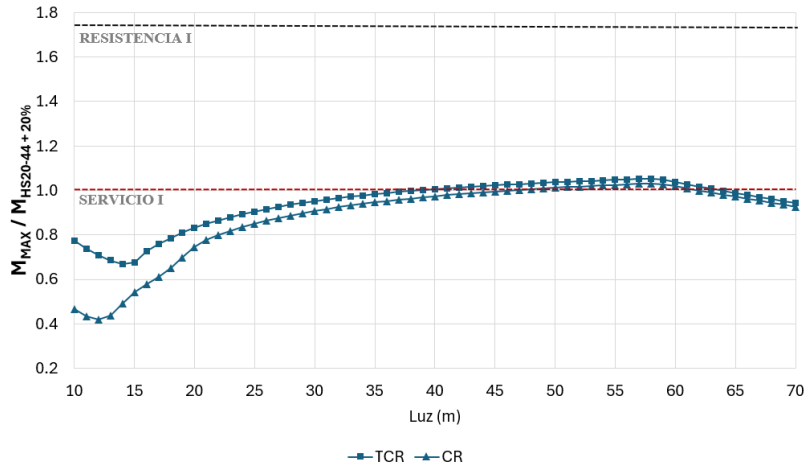


Figura A.4.2.1a Comparación de Momentos Producidos por Camiones con PBT = 45 ton y HS20-44

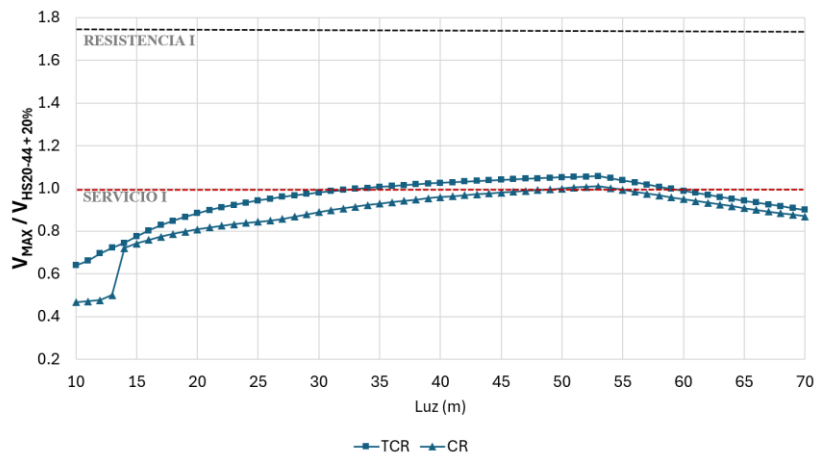


Figura A.4.2.1b Comparación de Cortes Producidos por Camiones con PBT = 45 ton y HS20-44

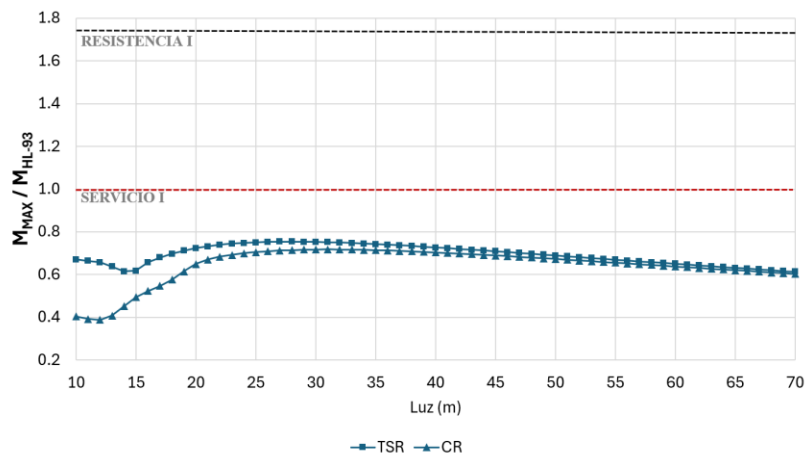


Figura A.4.2.1c Comparación de Momentos Producidos por Camiones con PBT = 45 ton y HL-93

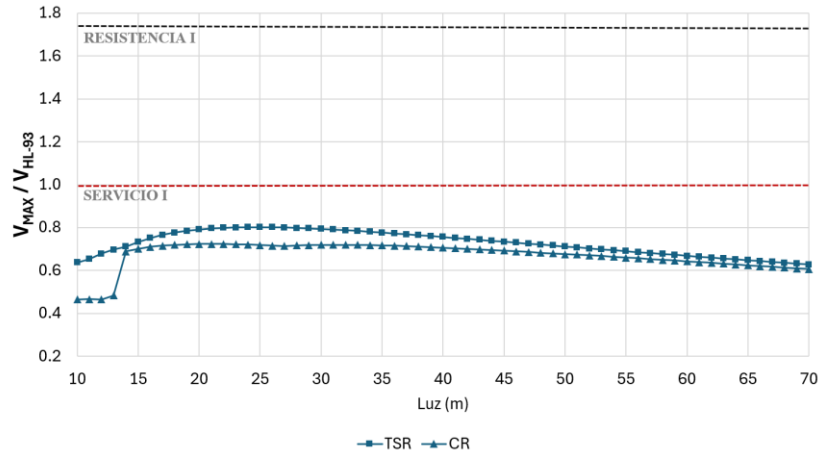


Figura A.4.2.1d Comparación de Cortes Producidos por Camiones con PBT = 45 ton y HL-93

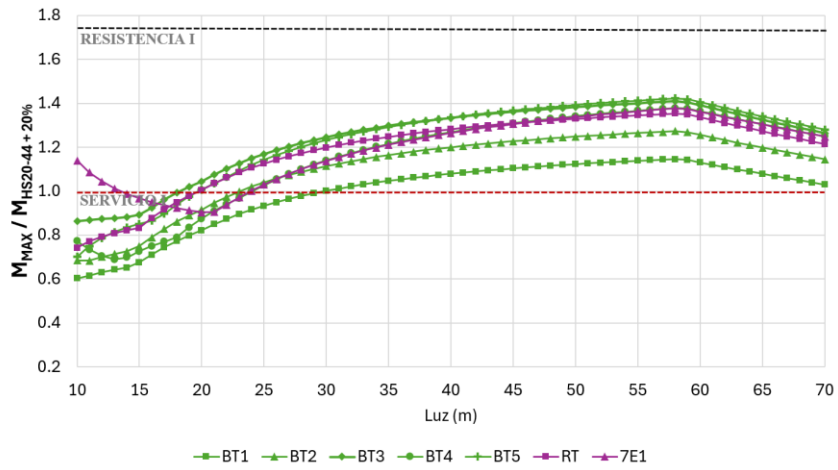


Figura A.4.2.2a Comparación de Momentos Producidos por VAPs con PBT ≤ 65 ton y HS20-44

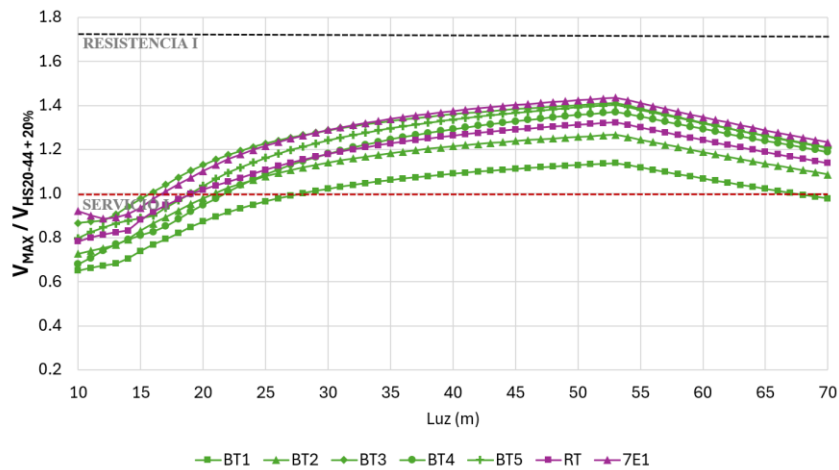


Figura A.4.2.2b Comparación de Cortes Producidos por VAPs con PBT ≤ 65 ton y HS20-44

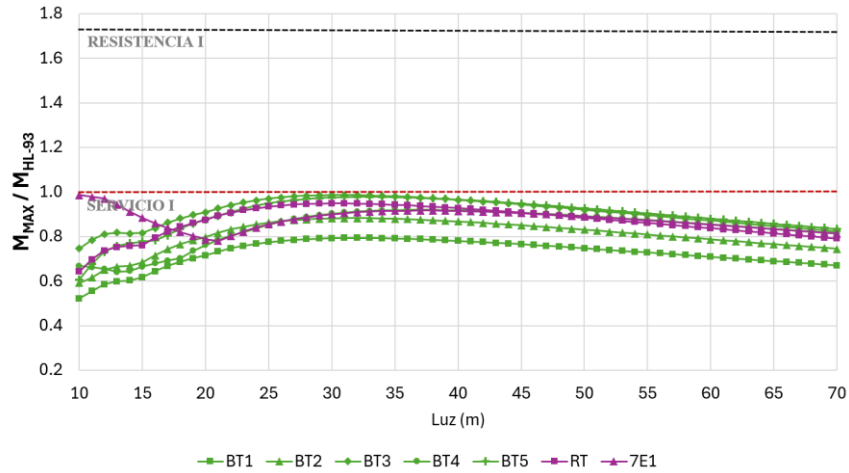


Figura A.4.2.2c Comparación de Momentos Producidos por VAPs con $PBT \leq 65$ ton y HL-93

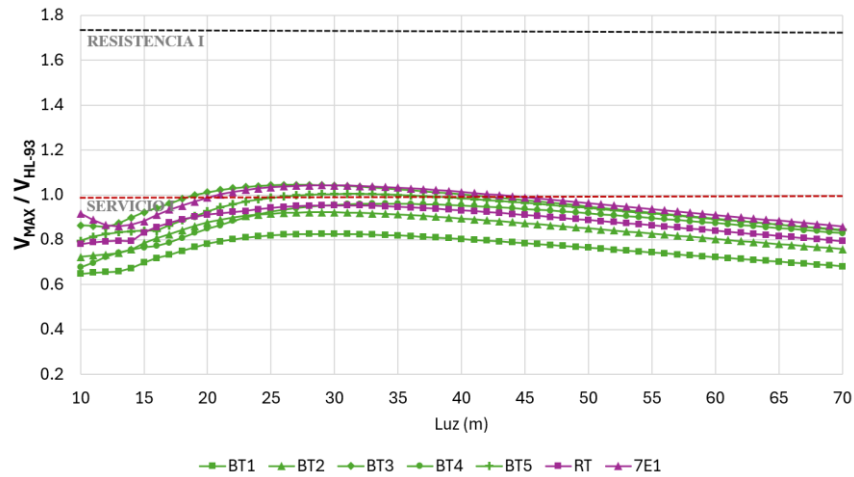


Figura A.4.2.2d Comparación de Cortes Producidos por VAPs con $PBT \leq 65$ ton y HL-93

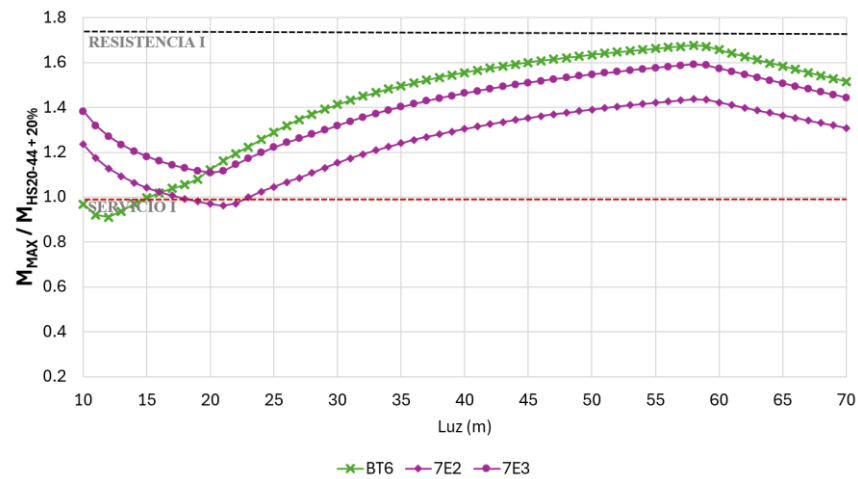


Figura A.4.2.3a Comparación de Momentos Producidos por VAPs con $PBT \leq 75$ ton y HS20-44

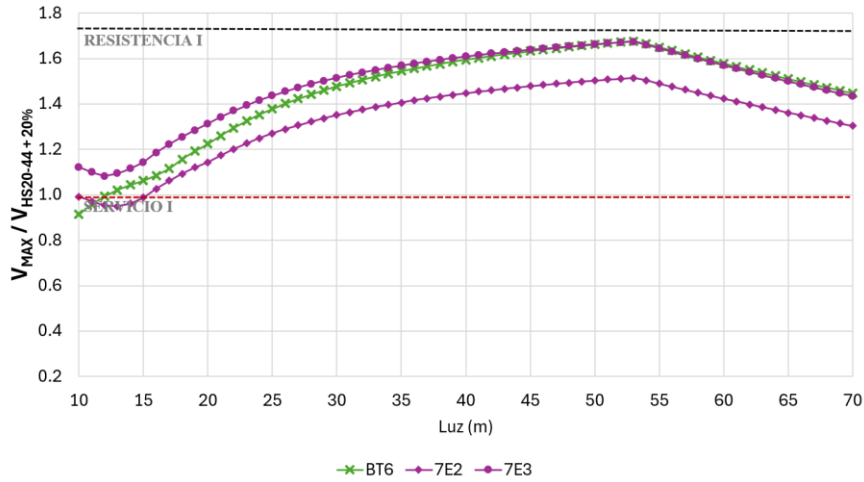


Figura A.4.2.3b Comparación de Cortes Producidos por VAPs con PBT ≤ 75 ton y HS20-44

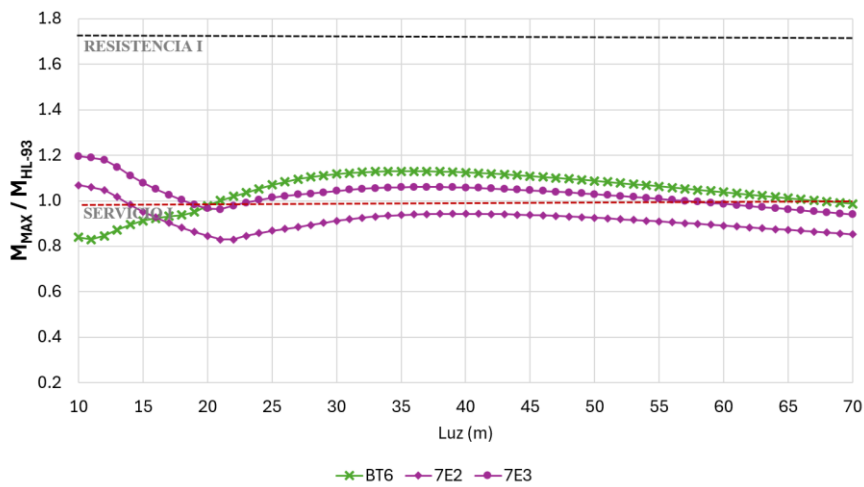


Figura A.4.2.3c Comparación de Momentos Producidos por VAPs con PBT ≤ 75 ton y HL-93

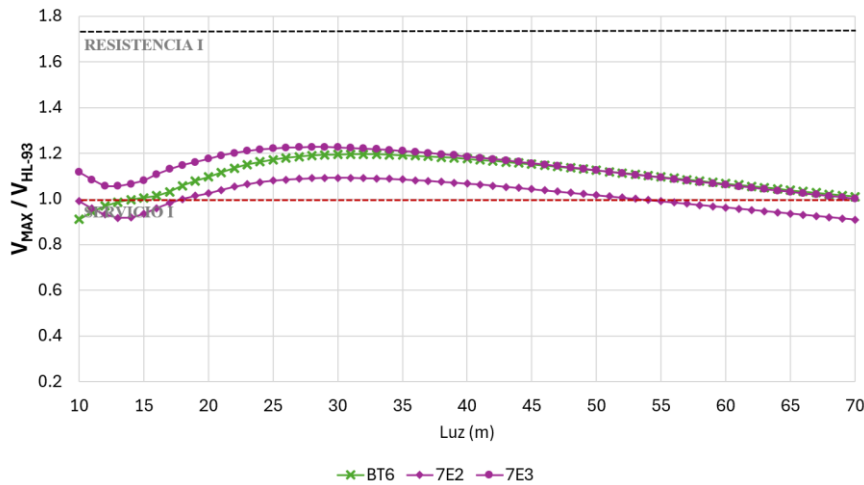


Figura A.4.2.3d Comparación de Cortes Producidos por VAPs con PBT ≤ 75 ton y HL-93

ANEXO 4.3 Momentos y Fuerzas de Corte Patrones de Carga Ficticios**Tabla A.4.3.1a Momentos y Fuerzas de Corte de Patrones de Carga Ficticios**

Luz (m)	HL93 + 10%HS20		HL93 + 25%		C5EF	
	M (tonf-m)	V (tonf)	M (tonf-m)	V (tonf)	M (tonf-m)	V (tonf)
10	61.87	30.47	77.33	35.16	74.31	31.32
11	72.06	31.87	87.52	36.81	83.91	33.11
12	83.64	33.12	98.01	38.29	93.77	35.06
13	95.49	34.25	110.77	39.63	103.88	36.79
14	107.58	35.29	124.89	40.86	114.24	38.34
15	119.93	36.26	139.31	42.01	124.85	39.75
16	132.53	37.16	154.05	43.09	135.72	41.05
17	145.38	38.01	169.09	44.11	150.77	42.25
18	158.47	38.82	184.44	45.09	166.12	43.38
19	171.80	39.59	200.10	46.02	181.76	44.43
20	185.38	40.34	216.06	46.92	197.68	45.44
21	199.20	41.06	232.32	47.79	213.87	46.39
22	213.27	41.76	248.88	48.64	230.52	47.31
23	227.57	42.43	265.75	49.47	247.46	48.18
24	242.12	43.10	282.91	50.27	264.64	49.03
25	256.90	43.74	300.38	51.06	282.07	49.85
26	271.93	44.38	318.14	51.83	299.76	50.64
27	287.20	45.00	336.21	52.60	317.69	51.42
28	302.70	45.61	354.58	53.34	335.87	52.17
29	318.45	46.21	373.24	54.08	354.31	52.91
30	334.44	46.81	392.21	54.81	372.99	53.63
31	350.66	47.39	411.47	55.53	391.92	54.33
32	367.13	47.97	431.03	56.24	411.10	55.02
33	383.83	48.54	450.89	56.95	430.53	55.70
34	400.78	49.11	471.05	57.65	450.21	56.38
35	417.96	49.67	491.51	58.34	470.14	57.04
36	435.38	50.23	512.27	59.03	490.33	57.69
37	453.04	50.78	533.33	59.71	510.76	58.33
38	470.94	51.33	554.68	60.39	531.43	58.97
39	489.08	51.88	576.34	61.06	552.36	59.60
40	507.45	52.42	598.29	61.73	573.54	60.22

Tabla A.4.3.1b Momentos y Fuerzas de Corte de Patrones de Carga Ficticios

Luz (m)	HL93 + 10%HS20		HL93 + 25%		C5EF	
	M (tonf-m)	V (tonf)	M (tonf-m)	V (tonf)	M (tonf-m)	V (tonf)
41	526.07	52.96	620.54	62.40	594.97	60.84
42	544.92	53.49	643.08	63.06	616.64	61.45
43	564.01	54.03	665.93	63.72	638.57	62.05
44	583.34	54.56	689.07	64.38	660.75	62.65
45	602.91	55.08	712.52	65.03	683.18	63.25
46	622.72	55.61	736.26	65.68	705.85	63.84
47	642.77	56.13	760.29	66.33	728.77	64.43
48	663.05	56.65	784.63	66.98	751.95	65.02
49	683.58	57.17	809.26	67.62	775.37	65.60
50	704.34	57.69	834.20	68.27	799.04	66.18
51	725.34	58.21	859.43	68.91	822.96	66.75
52	746.57	58.72	884.95	69.54	847.14	67.32
53	768.05	59.24	910.78	70.18	871.56	67.89
54	789.77	59.75	936.90	70.82	896.23	68.46
55	811.72	60.26	963.33	71.45	921.15	69.02
56	833.91	60.77	990.04	72.09	946.32	69.58
57	856.34	61.28	1017.06	72.72	971.74	70.14
58	879.01	61.78	1044.38	73.35	997.41	70.70
59	901.92	62.29	1071.99	73.98	1023.32	71.26
60	925.06	62.80	1099.90	74.60	1049.49	71.81
61	948.44	63.30	1128.11	75.23	1075.91	72.36
62	972.06	63.80	1156.62	75.86	1102.57	72.92
63	995.92	64.30	1185.42	76.48	1129.49	73.46
64	1020.02	64.81	1214.52	77.11	1156.66	74.01
65	1044.36	65.31	1243.92	77.73	1184.07	74.56
66	1068.93	65.81	1273.62	78.35	1211.73	75.10
67	1093.74	66.31	1303.62	78.97	1239.65	75.65
68	1118.79	66.81	1333.91	79.59	1267.81	76.19
69	1144.08	67.30	1364.50	80.21	1296.23	76.73
70	1169.61	67.80	1395.39	80.83	1324.89	77.27

ANEXO 4.4 Razones de Momento y Corte entre VAPs y Patrones de Carga Ficticios**Tabla A.4.4.1a Razones de Momento y Corte entre TSR y Patrones de Carga Ficticios**

TSR (45 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	$M/M_{HL-93+10\%}$	$V/V_{HL-93+10\%}$	$M/M_{HL-93+25\%}$	$V/V_{HL-93+25\%}$	M/M_{C5EF}	V/V_{C5EF}
10	0.67	0.59	0.54	0.51	0.56	0.57
11	0.65	0.60	0.53	0.52	0.56	0.60
12	0.62	0.63	0.53	0.54	0.55	0.61
13	0.59	0.65	0.51	0.56	0.54	0.61
14	0.57	0.66	0.49	0.57	0.54	0.62
15	0.57	0.68	0.49	0.59	0.55	0.63
16	0.61	0.70	0.53	0.60	0.59	0.64
17	0.63	0.71	0.54	0.61	0.62	0.64
18	0.65	0.72	0.56	0.62	0.63	0.65
19	0.66	0.73	0.57	0.63	0.64	0.65
20	0.67	0.74	0.58	0.63	0.64	0.66
21	0.68	0.74	0.59	0.64	0.65	0.66
22	0.69	0.74	0.59	0.64	0.65	0.66
23	0.70	0.75	0.60	0.64	0.65	0.66
24	0.70	0.75	0.60	0.64	0.65	0.66
25	0.70	0.75	0.60	0.64	0.65	0.66
26	0.70	0.75	0.60	0.64	0.64	0.65
27	0.71	0.75	0.60	0.64	0.64	0.65
28	0.71	0.75	0.60	0.64	0.64	0.65
29	0.71	0.75	0.60	0.64	0.64	0.65
30	0.71	0.74	0.60	0.64	0.63	0.65
31	0.71	0.74	0.60	0.63	0.63	0.64
32	0.70	0.74	0.60	0.63	0.63	0.64
33	0.70	0.74	0.60	0.63	0.63	0.64
34	0.70	0.73	0.60	0.62	0.62	0.63
35	0.70	0.73	0.59	0.62	0.62	0.63
36	0.70	0.73	0.59	0.62	0.62	0.63
37	0.69	0.72	0.59	0.62	0.61	0.62
38	0.69	0.72	0.59	0.61	0.61	0.62
39	0.69	0.72	0.58	0.61	0.61	0.62
40	0.69	0.71	0.58	0.61	0.60	0.61

Tabla A.4.4.1b Razones de Momento y Corte entre TSR y Patrones de Carga Ficticios

TSR (45 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	0.68	0.71	0.58	0.60	0.60	0.61
42	0.68	0.71	0.58	0.60	0.60	0.61
43	0.68	0.70	0.57	0.59	0.59	0.60
44	0.67	0.70	0.57	0.59	0.59	0.60
45	0.67	0.69	0.57	0.59	0.59	0.60
46	0.67	0.69	0.56	0.58	0.58	0.59
47	0.66	0.69	0.56	0.58	0.58	0.59
48	0.66	0.68	0.56	0.58	0.58	0.59
49	0.66	0.68	0.55	0.57	0.57	0.58
50	0.65	0.67	0.55	0.57	0.57	0.58
51	0.65	0.67	0.55	0.57	0.57	0.58
52	0.65	0.67	0.55	0.56	0.56	0.57
53	0.64	0.66	0.54	0.56	0.56	0.57
54	0.64	0.66	0.54	0.56	0.56	0.57
55	0.64	0.65	0.54	0.55	0.55	0.56
56	0.63	0.65	0.53	0.55	0.55	0.56
57	0.63	0.65	0.53	0.55	0.55	0.56
58	0.63	0.64	0.53	0.54	0.54	0.55
59	0.62	0.64	0.52	0.54	0.54	0.55
60	0.62	0.64	0.52	0.53	0.54	0.55
61	0.62	0.63	0.52	0.53	0.53	0.54
62	0.61	0.63	0.51	0.53	0.53	0.54
63	0.61	0.62	0.51	0.52	0.53	0.54
64	0.61	0.62	0.51	0.52	0.52	0.53
65	0.60	0.62	0.51	0.52	0.52	0.53
66	0.60	0.61	0.50	0.52	0.52	0.53
67	0.60	0.61	0.50	0.51	0.52	0.52
68	0.59	0.61	0.50	0.51	0.51	0.52
69	0.59	0.60	0.49	0.51	0.51	0.52
70	0.59	0.60	0.49	0.50	0.51	0.52

Tabla A.4.4.2a Razones de Momento y Corte entre CR y Patrones de Carga Ficticios

CR (45 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.40	0.43	0.32	0.37	0.34	0.42
11	0.38	0.43	0.31	0.37	0.33	0.43
12	0.36	0.43	0.31	0.37	0.33	0.42
13	0.38	0.45	0.33	0.39	0.35	0.42
14	0.42	0.64	0.36	0.55	0.39	0.60
15	0.46	0.65	0.40	0.56	0.44	0.60
16	0.49	0.66	0.42	0.57	0.47	0.60
17	0.51	0.66	0.44	0.57	0.50	0.60
18	0.54	0.67	0.46	0.58	0.52	0.60
19	0.57	0.67	0.49	0.58	0.55	0.60
20	0.61	0.67	0.52	0.58	0.58	0.60
21	0.63	0.67	0.54	0.58	0.59	0.60
22	0.64	0.67	0.55	0.58	0.60	0.60
23	0.65	0.67	0.55	0.58	0.60	0.59
24	0.65	0.67	0.56	0.58	0.60	0.59
25	0.66	0.67	0.56	0.57	0.61	0.59
26	0.66	0.67	0.57	0.57	0.61	0.58
27	0.67	0.67	0.57	0.57	0.61	0.58
28	0.67	0.67	0.57	0.57	0.61	0.58
29	0.67	0.67	0.57	0.57	0.61	0.58
30	0.67	0.67	0.57	0.58	0.61	0.58
31	0.67	0.67	0.57	0.58	0.60	0.58
32	0.67	0.68	0.57	0.58	0.60	0.58
33	0.67	0.68	0.57	0.58	0.60	0.58
34	0.67	0.67	0.57	0.57	0.60	0.58
35	0.67	0.67	0.57	0.57	0.60	0.58
36	0.67	0.67	0.57	0.57	0.59	0.58
37	0.67	0.67	0.57	0.57	0.59	0.58
38	0.67	0.67	0.57	0.57	0.59	0.58
39	0.67	0.67	0.57	0.57	0.59	0.58
40	0.66	0.67	0.56	0.57	0.58	0.57

Tabla A.4.4.2b Razones de Momento y Corte entre CR y Patrones de Carga Ficticios

CR (45 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	$M/M_{HL-93+10\%}$	$V/V_{HL-93+10\%}$	$M/M_{HL-93+25\%}$	$V/V_{HL-93+25\%}$	M/M_{C5EF}	V/V_{C5EF}
41	0.66	0.66	0.56	0.56	0.58	0.57
42	0.66	0.66	0.56	0.56	0.58	0.57
43	0.66	0.66	0.56	0.56	0.58	0.57
44	0.65	0.66	0.55	0.56	0.57	0.56
45	0.65	0.65	0.55	0.55	0.57	0.56
46	0.65	0.65	0.55	0.55	0.57	0.56
47	0.65	0.65	0.55	0.55	0.56	0.56
48	0.64	0.65	0.54	0.55	0.56	0.55
49	0.64	0.64	0.54	0.54	0.56	0.55
50	0.64	0.64	0.54	0.54	0.56	0.55
51	0.63	0.64	0.54	0.54	0.55	0.55
52	0.63	0.64	0.53	0.54	0.55	0.55
53	0.63	0.63	0.53	0.53	0.55	0.54
54	0.63	0.63	0.53	0.53	0.54	0.54
55	0.62	0.63	0.52	0.53	0.54	0.54
56	0.62	0.62	0.52	0.53	0.54	0.54
57	0.62	0.62	0.52	0.52	0.54	0.53
58	0.61	0.62	0.52	0.52	0.53	0.53
59	0.61	0.61	0.51	0.52	0.53	0.53
60	0.61	0.61	0.51	0.51	0.53	0.52
61	0.60	0.61	0.51	0.51	0.52	0.52
62	0.60	0.60	0.50	0.51	0.52	0.52
63	0.60	0.60	0.50	0.51	0.52	0.52
64	0.59	0.60	0.50	0.50	0.52	0.51
65	0.59	0.59	0.50	0.50	0.51	0.51
66	0.59	0.59	0.49	0.50	0.51	0.51
67	0.59	0.59	0.49	0.49	0.51	0.51
68	0.58	0.58	0.49	0.49	0.50	0.50
69	0.58	0.58	0.49	0.49	0.50	0.50
70	0.58	0.58	0.48	0.49	0.50	0.50

Tabla A.4.4.3a Razones de Momento y Corte entre RT y Patrones de Carga Ficticios

RT (58.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.64	0.72	0.51	0.62	0.54	0.70
11	0.68	0.73	0.56	0.63	0.58	0.72
12	0.69	0.73	0.59	0.63	0.62	0.71
13	0.70	0.74	0.60	0.64	0.64	0.70
14	0.70	0.74	0.61	0.64	0.66	0.69
15	0.71	0.77	0.61	0.67	0.68	0.71
16	0.74	0.79	0.64	0.69	0.72	0.73
17	0.76	0.81	0.66	0.70	0.75	0.74
18	0.79	0.83	0.67	0.71	0.77	0.75
19	0.80	0.84	0.69	0.72	0.77	0.75
20	0.82	0.85	0.70	0.73	0.78	0.76
21	0.83	0.86	0.71	0.73	0.79	0.76
22	0.85	0.86	0.73	0.74	0.79	0.76
23	0.86	0.87	0.73	0.74	0.80	0.76
24	0.87	0.87	0.74	0.75	0.80	0.77
25	0.87	0.88	0.75	0.75	0.80	0.77
26	0.88	0.88	0.75	0.76	0.80	0.77
27	0.88	0.89	0.75	0.76	0.80	0.77
28	0.89	0.89	0.76	0.76	0.80	0.78
29	0.89	0.89	0.76	0.76	0.80	0.78
30	0.89	0.89	0.76	0.76	0.80	0.78
31	0.89	0.89	0.76	0.76	0.80	0.77
32	0.89	0.89	0.76	0.76	0.80	0.77
33	0.89	0.89	0.76	0.76	0.79	0.77
34	0.89	0.89	0.76	0.76	0.79	0.77
35	0.89	0.89	0.75	0.76	0.79	0.77
36	0.88	0.89	0.75	0.76	0.78	0.77
37	0.88	0.89	0.75	0.75	0.78	0.76
38	0.88	0.88	0.75	0.75	0.78	0.76
39	0.88	0.88	0.74	0.75	0.77	0.76
40	0.87	0.88	0.74	0.74	0.77	0.76

Tabla A.4.4.3b Razones de Momento y Corte entre RT y Patrones de Carga Ficticios

RT (58.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	0.87	0.87	0.74	0.74	0.77	0.75
42	0.87	0.87	0.74	0.74	0.76	0.75
43	0.86	0.87	0.73	0.74	0.76	0.75
44	0.86	0.86	0.73	0.73	0.75	0.74
45	0.86	0.86	0.73	0.73	0.75	0.74
46	0.85	0.86	0.72	0.73	0.75	0.74
47	0.85	0.85	0.72	0.72	0.74	0.73
48	0.85	0.85	0.71	0.72	0.74	0.73
49	0.84	0.84	0.71	0.71	0.73	0.73
50	0.84	0.84	0.71	0.71	0.73	0.72
51	0.83	0.84	0.70	0.71	0.73	0.72
52	0.83	0.83	0.70	0.70	0.72	0.71
53	0.83	0.83	0.70	0.70	0.72	0.71
54	0.82	0.82	0.69	0.70	0.71	0.71
55	0.82	0.82	0.69	0.69	0.71	0.70
56	0.81	0.82	0.68	0.69	0.71	0.70
57	0.81	0.81	0.68	0.68	0.70	0.70
58	0.80	0.81	0.68	0.68	0.70	0.69
59	0.80	0.80	0.67	0.68	0.69	0.69
60	0.80	0.80	0.67	0.67	0.69	0.69
61	0.79	0.79	0.67	0.67	0.69	0.68
62	0.79	0.79	0.66	0.66	0.68	0.68
63	0.78	0.79	0.66	0.66	0.68	0.68
64	0.78	0.78	0.65	0.66	0.68	0.67
65	0.77	0.78	0.65	0.65	0.67	0.67
66	0.77	0.77	0.65	0.65	0.67	0.67
67	0.77	0.77	0.64	0.65	0.66	0.66
68	0.76	0.77	0.64	0.64	0.66	0.66
69	0.76	0.76	0.64	0.64	0.66	0.65
70	0.75	0.76	0.63	0.64	0.65	0.65

Tabla A.4.4.4a Razones de Momento y Corte entre 7E1 y Patrones de Carga Ficticios

7E1 (63 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.99	0.85	0.79	0.73	0.82	0.82
11	0.95	0.82	0.78	0.71	0.82	0.81
12	0.91	0.80	0.78	0.69	0.81	0.77
13	0.87	0.80	0.75	0.69	0.80	0.75
14	0.85	0.80	0.73	0.69	0.80	0.75
15	0.82	0.82	0.71	0.71	0.79	0.76
16	0.80	0.85	0.69	0.73	0.78	0.77
17	0.78	0.87	0.67	0.75	0.77	0.79
18	0.76	0.89	0.66	0.76	0.74	0.80
19	0.75	0.90	0.64	0.78	0.72	0.81
20	0.73	0.92	0.63	0.79	0.70	0.82
21	0.73	0.93	0.62	0.80	0.69	0.83
22	0.75	0.94	0.64	0.81	0.70	0.83
23	0.77	0.95	0.66	0.82	0.71	0.84
24	0.78	0.96	0.67	0.82	0.73	0.84
25	0.80	0.97	0.68	0.83	0.74	0.85
26	0.81	0.97	0.69	0.83	0.74	0.85
27	0.82	0.97	0.70	0.83	0.75	0.85
28	0.83	0.98	0.71	0.83	0.75	0.85
29	0.84	0.98	0.72	0.83	0.76	0.85
30	0.84	0.98	0.72	0.83	0.76	0.85
31	0.85	0.98	0.72	0.83	0.76	0.85
32	0.85	0.98	0.73	0.83	0.76	0.84
33	0.86	0.97	0.73	0.83	0.76	0.84
34	0.86	0.97	0.73	0.83	0.76	0.84
35	0.86	0.97	0.73	0.83	0.76	0.84
36	0.86	0.97	0.73	0.82	0.76	0.83
37	0.86	0.96	0.73	0.82	0.76	0.83
38	0.86	0.96	0.73	0.82	0.76	0.83
39	0.86	0.96	0.73	0.81	0.76	0.82
40	0.86	0.95	0.73	0.81	0.76	0.82

Tabla A.4.4.4b Razones de Momento y Corte entre 7E1 y Patrones de Carga Ficticios

7E1 (63 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	0.86	0.95	0.73	0.81	0.76	0.82
42	0.86	0.95	0.73	0.80	0.75	0.81
43	0.86	0.94	0.73	0.80	0.75	0.81
44	0.86	0.94	0.73	0.80	0.75	0.81
45	0.86	0.93	0.72	0.79	0.75	0.80
46	0.85	0.93	0.72	0.79	0.75	0.80
47	0.85	0.93	0.72	0.78	0.74	0.80
48	0.85	0.92	0.72	0.78	0.74	0.79
49	0.85	0.92	0.71	0.78	0.74	0.79
50	0.84	0.91	0.71	0.77	0.73	0.78
51	0.84	0.91	0.71	0.77	0.73	0.78
52	0.84	0.90	0.71	0.76	0.73	0.78
53	0.83	0.90	0.70	0.76	0.73	0.77
54	0.83	0.89	0.70	0.75	0.72	0.77
55	0.83	0.89	0.70	0.75	0.72	0.76
56	0.82	0.88	0.69	0.75	0.72	0.76
57	0.82	0.88	0.69	0.74	0.71	0.76
58	0.82	0.87	0.69	0.74	0.71	0.75
59	0.81	0.87	0.69	0.73	0.71	0.75
60	0.81	0.87	0.68	0.73	0.70	0.74
61	0.81	0.86	0.68	0.72	0.70	0.74
62	0.80	0.86	0.68	0.72	0.70	0.74
63	0.80	0.85	0.67	0.72	0.69	0.73
64	0.80	0.85	0.67	0.71	0.69	0.73
65	0.79	0.84	0.67	0.71	0.69	0.72
66	0.79	0.84	0.66	0.70	0.69	0.72
67	0.79	0.83	0.66	0.70	0.68	0.72
68	0.78	0.83	0.66	0.70	0.68	0.71
69	0.78	0.82	0.65	0.69	0.68	0.71
70	0.78	0.82	0.65	0.69	0.67	0.71

Tabla A.4.4.5a Razones de Momento y Corte entre 7E2 y Patrones de Carga Ficticios

7E2 (67 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	1.07	0.91	0.86	0.79	0.89	0.89
11	1.03	0.89	0.85	0.77	0.89	0.87
12	0.98	0.86	0.84	0.75	0.88	0.83
13	0.94	0.85	0.81	0.73	0.87	0.80
14	0.91	0.85	0.79	0.73	0.86	0.79
15	0.88	0.87	0.76	0.75	0.85	0.80
16	0.86	0.89	0.74	0.77	0.84	0.81
17	0.84	0.91	0.72	0.79	0.83	0.83
18	0.82	0.93	0.71	0.80	0.80	0.84
19	0.80	0.94	0.69	0.81	0.77	0.84
20	0.79	0.95	0.68	0.82	0.75	0.85
21	0.77	0.97	0.66	0.83	0.73	0.86
22	0.78	0.98	0.66	0.84	0.73	0.87
23	0.79	0.99	0.68	0.85	0.73	0.87
24	0.80	1.00	0.69	0.86	0.74	0.88
25	0.81	1.01	0.69	0.86	0.75	0.88
26	0.82	1.01	0.70	0.87	0.75	0.89
27	0.83	1.02	0.71	0.87	0.75	0.89
28	0.84	1.02	0.71	0.87	0.76	0.89
29	0.85	1.02	0.72	0.87	0.76	0.89
30	0.86	1.02	0.73	0.87	0.77	0.89
31	0.86	1.02	0.74	0.87	0.77	0.89
32	0.87	1.02	0.74	0.87	0.78	0.89
33	0.87	1.02	0.74	0.87	0.78	0.88
34	0.88	1.02	0.75	0.87	0.78	0.88
35	0.88	1.02	0.75	0.87	0.78	0.88
36	0.88	1.02	0.75	0.87	0.78	0.88
37	0.89	1.01	0.75	0.86	0.78	0.87
38	0.89	1.01	0.75	0.86	0.78	0.87
39	0.89	1.01	0.75	0.86	0.78	0.87
40	0.89	1.01	0.75	0.85	0.78	0.87

Tabla A.4.4.5b Razones de Momento y Corte entre 7E2 y Patrones de Carga Ficticios

7E2 (67 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	0.89	1.00	0.75	0.85	0.78	0.86
42	0.89	1.00	0.75	0.85	0.78	0.86
43	0.89	0.99	0.75	0.84	0.78	0.85
44	0.89	0.99	0.75	0.84	0.78	0.85
45	0.89	0.99	0.75	0.83	0.77	0.85
46	0.88	0.98	0.75	0.83	0.77	0.84
47	0.88	0.98	0.75	0.83	0.77	0.84
48	0.88	0.97	0.74	0.82	0.77	0.84
49	0.88	0.97	0.74	0.82	0.77	0.83
50	0.88	0.96	0.74	0.81	0.76	0.83
51	0.87	0.96	0.74	0.81	0.76	0.82
52	0.87	0.95	0.74	0.81	0.76	0.82
53	0.87	0.95	0.73	0.80	0.76	0.81
54	0.87	0.94	0.73	0.80	0.75	0.81
55	0.86	0.94	0.73	0.79	0.75	0.81
56	0.86	0.93	0.72	0.79	0.75	0.80
57	0.86	0.93	0.72	0.78	0.74	0.80
58	0.85	0.92	0.72	0.78	0.74	0.79
59	0.85	0.92	0.72	0.77	0.74	0.79
60	0.85	0.92	0.71	0.77	0.74	0.79
61	0.84	0.91	0.71	0.77	0.73	0.78
62	0.84	0.91	0.71	0.76	0.73	0.78
63	0.84	0.90	0.70	0.76	0.73	0.77
64	0.83	0.90	0.70	0.75	0.72	0.77
65	0.83	0.89	0.70	0.75	0.72	0.77
66	0.83	0.89	0.69	0.74	0.72	0.76
67	0.82	0.88	0.69	0.74	0.71	0.76
68	0.82	0.88	0.69	0.74	0.71	0.75
69	0.82	0.87	0.68	0.73	0.71	0.75
70	0.81	0.87	0.68	0.73	0.70	0.75

Tabla A.4.4.6a Razones de Momento y Corte entre 7E3 y Patrones de Carga Ficticios

7E3 (73 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	1.20	1.03	0.96	0.89	1.00	1.00
11	1.16	1.00	0.95	0.87	0.99	0.99
12	1.11	0.98	0.94	0.85	0.99	0.94
13	1.07	0.98	0.92	0.85	0.98	0.93
14	1.03	0.99	0.89	0.85	0.97	0.92
15	1.00	1.00	0.86	0.86	0.96	0.92
16	0.98	1.03	0.84	0.89	0.95	0.94
17	0.95	1.05	0.82	0.90	0.94	0.95
18	0.93	1.07	0.80	0.92	0.91	0.96
19	0.92	1.08	0.79	0.93	0.88	0.97
20	0.90	1.09	0.77	0.94	0.86	0.97
21	0.90	1.11	0.77	0.95	0.85	0.98
22	0.91	1.12	0.78	0.96	0.86	0.99
23	0.93	1.13	0.79	0.97	0.86	0.99
24	0.94	1.14	0.80	0.97	0.87	1.00
25	0.95	1.14	0.81	0.98	0.87	1.00
26	0.96	1.14	0.82	0.98	0.87	1.00
27	0.96	1.15	0.82	0.98	0.88	1.00
28	0.97	1.15	0.83	0.98	0.88	1.00
29	0.97	1.15	0.83	0.98	0.88	1.00
30	0.98	1.15	0.83	0.98	0.88	1.00
31	0.98	1.15	0.84	0.98	0.88	0.99
32	0.99	1.15	0.84	0.98	0.88	0.99
33	0.99	1.14	0.84	0.97	0.88	0.99
34	0.99	1.14	0.85	0.97	0.88	0.99
35	1.00	1.14	0.85	0.97	0.88	0.98
36	1.00	1.13	0.85	0.96	0.88	0.98
37	1.00	1.13	0.85	0.96	0.88	0.97
38	1.00	1.13	0.85	0.96	0.88	0.97
39	1.00	1.12	0.85	0.95	0.88	0.97
40	1.00	1.12	0.85	0.95	0.88	0.96

Tabla A.4.4.6b Razones de Momento y Corte entre 7E3 y Patrones de Carga Ficticios

7E3 (73 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	1.00	1.11	0.84	0.94	0.88	0.96
42	1.00	1.11	0.84	0.94	0.87	0.95
43	0.99	1.10	0.84	0.93	0.87	0.95
44	0.99	1.10	0.84	0.93	0.87	0.94
45	0.99	1.09	0.84	0.93	0.86	0.94
46	0.99	1.09	0.83	0.92	0.86	0.93
47	0.98	1.08	0.83	0.92	0.86	0.93
48	0.98	1.08	0.83	0.91	0.86	0.92
49	0.98	1.07	0.83	0.91	0.85	0.92
50	0.97	1.07	0.82	0.90	0.85	0.91
51	0.97	1.06	0.82	0.90	0.85	0.91
52	0.97	1.05	0.82	0.89	0.84	0.91
53	0.96	1.05	0.81	0.88	0.84	0.90
54	0.96	1.04	0.81	0.88	0.84	0.90
55	0.96	1.04	0.81	0.87	0.83	0.89
56	0.95	1.03	0.80	0.87	0.83	0.89
57	0.95	1.03	0.80	0.86	0.82	0.88
58	0.95	1.02	0.80	0.86	0.82	0.88
59	0.94	1.01	0.79	0.85	0.82	0.87
60	0.94	1.01	0.79	0.85	0.81	0.87
61	0.93	1.00	0.79	0.84	0.81	0.86
62	0.93	1.00	0.78	0.84	0.81	0.86
63	0.93	0.99	0.78	0.83	0.80	0.85
64	0.92	0.99	0.77	0.83	0.80	0.85
65	0.92	0.98	0.77	0.82	0.80	0.84
66	0.91	0.98	0.77	0.82	0.79	0.84
67	0.91	0.97	0.76	0.82	0.79	0.83
68	0.91	0.97	0.76	0.81	0.78	0.83
69	0.90	0.96	0.76	0.81	0.78	0.83
70	0.90	0.95	0.75	0.80	0.78	0.82

Tabla A.4.4.7a Razones de Momento y Corte entre BT1 y Patrones de Carga Ficticios

BT1 (50 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.52	0.60	0.42	0.52	0.44	0.58
11	0.54	0.60	0.44	0.52	0.46	0.60
12	0.55	0.61	0.47	0.53	0.49	0.59
13	0.55	0.61	0.48	0.53	0.51	0.58
14	0.56	0.62	0.48	0.54	0.53	0.58
15	0.57	0.65	0.49	0.56	0.55	0.60
16	0.60	0.67	0.51	0.57	0.58	0.61
17	0.62	0.68	0.53	0.59	0.61	0.62
18	0.64	0.70	0.55	0.60	0.62	0.63
19	0.65	0.71	0.56	0.61	0.63	0.64
20	0.67	0.73	0.57	0.63	0.64	0.65
21	0.68	0.74	0.59	0.63	0.65	0.65
22	0.70	0.75	0.60	0.64	0.65	0.66
23	0.71	0.76	0.61	0.65	0.66	0.66
24	0.72	0.76	0.61	0.65	0.66	0.67
25	0.72	0.77	0.62	0.66	0.67	0.67
26	0.73	0.77	0.62	0.66	0.67	0.67
27	0.73	0.77	0.63	0.66	0.67	0.67
28	0.74	0.77	0.63	0.66	0.67	0.67
29	0.74	0.77	0.63	0.66	0.67	0.67
30	0.74	0.77	0.63	0.66	0.67	0.67
31	0.74	0.77	0.63	0.66	0.67	0.67
32	0.75	0.77	0.63	0.66	0.67	0.67
33	0.75	0.77	0.63	0.66	0.66	0.67
34	0.74	0.77	0.63	0.66	0.66	0.67
35	0.74	0.77	0.63	0.65	0.66	0.66
36	0.74	0.77	0.63	0.65	0.66	0.66
37	0.74	0.76	0.63	0.65	0.66	0.66
38	0.74	0.76	0.63	0.65	0.65	0.66
39	0.74	0.76	0.63	0.65	0.65	0.65
40	0.74	0.76	0.62	0.64	0.65	0.65

Tabla A.4.4.7b Razones de Momento y Corte entre BT1 y Patrones de Carga Ficticios

BT1 (50 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	0.73	0.75	0.62	0.64	0.64	0.65
42	0.73	0.75	0.62	0.64	0.64	0.65
43	0.73	0.75	0.62	0.63	0.64	0.64
44	0.73	0.74	0.61	0.63	0.64	0.64
45	0.72	0.74	0.61	0.63	0.63	0.64
46	0.72	0.74	0.61	0.62	0.63	0.63
47	0.72	0.73	0.61	0.62	0.63	0.63
48	0.71	0.73	0.60	0.62	0.62	0.63
49	0.71	0.73	0.60	0.61	0.62	0.62
50	0.71	0.72	0.60	0.61	0.62	0.62
51	0.70	0.72	0.59	0.61	0.61	0.62
52	0.70	0.72	0.59	0.60	0.61	0.62
53	0.70	0.71	0.59	0.60	0.61	0.61
54	0.69	0.71	0.59	0.60	0.60	0.61
55	0.69	0.71	0.58	0.59	0.60	0.61
56	0.69	0.70	0.58	0.59	0.60	0.60
57	0.68	0.70	0.58	0.59	0.59	0.60
58	0.68	0.69	0.57	0.58	0.59	0.60
59	0.68	0.69	0.57	0.58	0.59	0.59
60	0.67	0.69	0.57	0.58	0.59	0.59
61	0.67	0.68	0.56	0.57	0.58	0.59
62	0.67	0.68	0.56	0.57	0.58	0.58
63	0.66	0.68	0.56	0.57	0.58	0.58
64	0.66	0.67	0.55	0.56	0.57	0.58
65	0.66	0.67	0.55	0.56	0.57	0.57
66	0.65	0.66	0.55	0.56	0.57	0.57
67	0.65	0.66	0.55	0.56	0.56	0.57
68	0.65	0.66	0.54	0.55	0.56	0.57
69	0.64	0.65	0.54	0.55	0.56	0.56
70	0.64	0.65	0.54	0.55	0.55	0.56

Tabla A.4.4.8a Razones de Momento y Corte entre BT2 y Patrones de Carga Ficticios

BT2 (55.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.59	0.67	0.47	0.58	0.50	0.65
11	0.60	0.68	0.49	0.58	0.52	0.67
12	0.61	0.68	0.52	0.59	0.54	0.66
13	0.62	0.69	0.53	0.59	0.57	0.65
14	0.62	0.70	0.54	0.61	0.58	0.65
15	0.64	0.73	0.55	0.63	0.61	0.67
16	0.67	0.75	0.57	0.65	0.65	0.68
17	0.69	0.77	0.59	0.66	0.68	0.69
18	0.71	0.78	0.61	0.67	0.69	0.71
19	0.73	0.80	0.63	0.69	0.70	0.72
20	0.74	0.82	0.64	0.70	0.71	0.73
21	0.76	0.83	0.65	0.71	0.72	0.73
22	0.78	0.84	0.67	0.72	0.73	0.74
23	0.79	0.85	0.68	0.73	0.73	0.74
24	0.80	0.85	0.68	0.73	0.74	0.75
25	0.81	0.86	0.69	0.73	0.74	0.75
26	0.81	0.86	0.69	0.74	0.74	0.75
27	0.82	0.86	0.70	0.74	0.74	0.75
28	0.82	0.86	0.70	0.74	0.74	0.75
29	0.82	0.86	0.70	0.74	0.74	0.75
30	0.83	0.86	0.71	0.74	0.74	0.75
31	0.83	0.86	0.71	0.74	0.74	0.75
32	0.83	0.86	0.71	0.74	0.74	0.75
33	0.83	0.86	0.71	0.73	0.74	0.74
34	0.83	0.86	0.70	0.73	0.74	0.74
35	0.83	0.86	0.70	0.73	0.73	0.74
36	0.83	0.86	0.70	0.73	0.73	0.74
37	0.82	0.85	0.70	0.73	0.73	0.73
38	0.82	0.85	0.70	0.72	0.73	0.73
39	0.82	0.85	0.70	0.72	0.72	0.73
40	0.82	0.84	0.69	0.72	0.72	0.73

Tabla A.4.4.8b Razones de Momento y Corte entre BT2 y Patrones de Carga Ficticios

BT2 (55.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	$M/M_{HL-93+10\%}$	$V/V_{HL-93+10\%}$	$M/M_{HL-93+25\%}$	$V/V_{HL-93+25\%}$	M/M_{C5EF}	V/V_{C5EF}
41	0.82	0.84	0.69	0.71	0.72	0.72
42	0.81	0.84	0.69	0.71	0.71	0.72
43	0.81	0.83	0.69	0.71	0.71	0.72
44	0.81	0.83	0.68	0.70	0.71	0.71
45	0.80	0.83	0.68	0.70	0.70	0.71
46	0.80	0.82	0.68	0.70	0.70	0.71
47	0.80	0.82	0.67	0.69	0.70	0.70
48	0.79	0.81	0.67	0.69	0.69	0.70
49	0.79	0.81	0.67	0.68	0.69	0.70
50	0.79	0.81	0.66	0.68	0.69	0.69
51	0.78	0.80	0.66	0.68	0.68	0.69
52	0.78	0.80	0.66	0.67	0.68	0.68
53	0.78	0.79	0.65	0.67	0.67	0.68
54	0.77	0.79	0.65	0.67	0.67	0.68
55	0.77	0.78	0.65	0.66	0.67	0.67
56	0.76	0.78	0.64	0.66	0.66	0.67
57	0.76	0.78	0.64	0.65	0.66	0.67
58	0.76	0.77	0.64	0.65	0.66	0.66
59	0.75	0.77	0.63	0.65	0.65	0.66
60	0.75	0.76	0.63	0.64	0.65	0.66
61	0.75	0.76	0.63	0.64	0.65	0.65
62	0.74	0.76	0.62	0.64	0.64	0.65
63	0.74	0.75	0.62	0.63	0.64	0.65
64	0.73	0.75	0.62	0.63	0.64	0.64
65	0.73	0.74	0.61	0.62	0.63	0.64
66	0.73	0.74	0.61	0.62	0.63	0.64
67	0.72	0.74	0.61	0.62	0.63	0.63
68	0.72	0.73	0.60	0.61	0.62	0.63
69	0.71	0.73	0.60	0.61	0.62	0.63
70	0.71	0.72	0.60	0.61	0.62	0.62

Tabla A.4.4.9a Razones de Momento y Corte entre BT3 y Patrones de Carga Ficticios

BT3 (61 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.75	0.80	0.60	0.69	0.62	0.77
11	0.76	0.80	0.63	0.69	0.66	0.79
12	0.76	0.79	0.65	0.69	0.68	0.76
13	0.76	0.81	0.65	0.70	0.70	0.77
14	0.75	0.83	0.65	0.72	0.71	0.78
15	0.76	0.86	0.65	0.74	0.73	0.79
16	0.78	0.87	0.67	0.75	0.76	0.80
17	0.80	0.89	0.69	0.77	0.79	0.81
18	0.82	0.91	0.70	0.79	0.80	0.82
19	0.84	0.93	0.72	0.80	0.80	0.83
20	0.85	0.94	0.73	0.81	0.81	0.84
21	0.86	0.95	0.74	0.82	0.82	0.84
22	0.88	0.96	0.75	0.82	0.82	0.85
23	0.89	0.97	0.76	0.83	0.83	0.85
24	0.90	0.97	0.77	0.83	0.83	0.85
25	0.91	0.97	0.78	0.83	0.83	0.85
26	0.91	0.98	0.78	0.84	0.84	0.85
27	0.92	0.98	0.78	0.84	0.84	0.85
28	0.92	0.98	0.79	0.84	0.83	0.85
29	0.92	0.98	0.79	0.83	0.83	0.85
30	0.92	0.98	0.79	0.83	0.83	0.85
31	0.93	0.97	0.79	0.83	0.83	0.84
32	0.93	0.97	0.79	0.83	0.83	0.84
33	0.92	0.97	0.79	0.83	0.82	0.84
34	0.92	0.97	0.79	0.82	0.82	0.83
35	0.92	0.96	0.78	0.82	0.82	0.83
36	0.92	0.96	0.78	0.82	0.81	0.83
37	0.92	0.96	0.78	0.81	0.81	0.82
38	0.92	0.95	0.78	0.81	0.81	0.82
39	0.91	0.95	0.77	0.81	0.80	0.82
40	0.91	0.94	0.77	0.80	0.80	0.81

Tabla A.4.4.9b Razones de Momento y Corte entre BT3 y Patrones de Carga Ficticios

BT3 (61 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	0.91	0.94	0.77	0.80	0.80	0.81
42	0.90	0.94	0.77	0.79	0.79	0.80
43	0.90	0.93	0.76	0.79	0.79	0.80
44	0.90	0.93	0.76	0.79	0.78	0.80
45	0.89	0.92	0.75	0.78	0.78	0.79
46	0.89	0.92	0.75	0.78	0.78	0.79
47	0.88	0.91	0.75	0.77	0.77	0.78
48	0.88	0.91	0.74	0.77	0.77	0.78
49	0.88	0.90	0.74	0.76	0.76	0.78
50	0.87	0.90	0.74	0.76	0.76	0.77
51	0.87	0.89	0.73	0.75	0.76	0.77
52	0.86	0.89	0.73	0.75	0.75	0.76
53	0.86	0.88	0.72	0.75	0.75	0.76
54	0.85	0.88	0.72	0.74	0.74	0.75
55	0.85	0.87	0.72	0.74	0.74	0.75
56	0.85	0.87	0.71	0.73	0.74	0.75
57	0.84	0.86	0.71	0.73	0.73	0.74
58	0.84	0.86	0.70	0.72	0.73	0.74
59	0.83	0.85	0.70	0.72	0.72	0.73
60	0.83	0.85	0.70	0.71	0.72	0.73
61	0.82	0.84	0.69	0.71	0.72	0.73
62	0.82	0.84	0.69	0.71	0.71	0.72
63	0.82	0.84	0.69	0.70	0.71	0.72
64	0.81	0.83	0.68	0.70	0.70	0.71
65	0.81	0.83	0.68	0.69	0.70	0.71
66	0.80	0.82	0.67	0.69	0.70	0.71
67	0.80	0.82	0.67	0.69	0.69	0.70
68	0.79	0.81	0.67	0.68	0.69	0.70
69	0.79	0.81	0.66	0.68	0.68	0.69
70	0.79	0.80	0.66	0.67	0.68	0.69

Tabla A.4.4.10a Razones de Momento y Corte entre BT4 y Patrones de Carga Ficticios

BT4 (62.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.67	0.63	0.53	0.54	0.56	0.61
11	0.64	0.64	0.53	0.56	0.55	0.64
12	0.61	0.67	0.52	0.58	0.55	0.65
13	0.59	0.69	0.51	0.59	0.55	0.65
14	0.60	0.70	0.52	0.60	0.56	0.65
15	0.62	0.71	0.53	0.61	0.59	0.65
16	0.63	0.72	0.54	0.62	0.61	0.65
17	0.64	0.73	0.55	0.63	0.63	0.66
18	0.65	0.75	0.56	0.65	0.64	0.68
19	0.68	0.77	0.59	0.66	0.66	0.69
20	0.71	0.79	0.61	0.68	0.68	0.70
21	0.73	0.81	0.63	0.69	0.69	0.71
22	0.75	0.82	0.64	0.71	0.70	0.73
23	0.76	0.84	0.65	0.72	0.71	0.74
24	0.78	0.85	0.67	0.73	0.72	0.75
25	0.80	0.86	0.68	0.74	0.73	0.76
26	0.81	0.87	0.69	0.75	0.74	0.76
27	0.82	0.88	0.70	0.75	0.75	0.77
28	0.83	0.89	0.71	0.76	0.75	0.77
29	0.84	0.89	0.72	0.76	0.76	0.77
30	0.85	0.90	0.72	0.76	0.76	0.78
31	0.85	0.90	0.73	0.77	0.76	0.78
32	0.86	0.90	0.73	0.77	0.76	0.78
33	0.86	0.90	0.73	0.77	0.77	0.78
34	0.86	0.90	0.73	0.77	0.77	0.78
35	0.86	0.90	0.73	0.77	0.77	0.78
36	0.87	0.90	0.74	0.77	0.77	0.78
37	0.87	0.90	0.74	0.77	0.76	0.78
38	0.87	0.90	0.74	0.77	0.76	0.78
39	0.87	0.90	0.73	0.76	0.76	0.77
40	0.87	0.90	0.73	0.76	0.76	0.77

Tabla A.4.4.10b Razones de Momento y Corte entre BT4 y Patrones de Carga Ficticios

BT4 (62.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	$M/M_{HL-93+10\%}$	$V/V_{HL-93+10\%}$	$M/M_{HL-93+25\%}$	$V/V_{HL-93+25\%}$	M/M_{C5EF}	V/V_{C5EF}
41	0.86	0.90	0.73	0.76	0.76	0.77
42	0.86	0.89	0.73	0.76	0.76	0.77
43	0.86	0.89	0.73	0.76	0.76	0.77
44	0.86	0.89	0.73	0.75	0.75	0.76
45	0.86	0.89	0.73	0.75	0.75	0.76
46	0.86	0.88	0.72	0.75	0.75	0.76
47	0.85	0.88	0.72	0.74	0.75	0.76
48	0.85	0.88	0.72	0.74	0.74	0.75
49	0.85	0.87	0.72	0.74	0.74	0.75
50	0.85	0.87	0.71	0.73	0.74	0.75
51	0.84	0.87	0.71	0.73	0.73	0.74
52	0.84	0.86	0.71	0.73	0.73	0.74
53	0.84	0.86	0.71	0.72	0.73	0.74
54	0.83	0.85	0.70	0.72	0.72	0.73
55	0.83	0.85	0.70	0.72	0.72	0.73
56	0.83	0.85	0.70	0.71	0.72	0.73
57	0.82	0.84	0.69	0.71	0.71	0.72
58	0.82	0.84	0.69	0.71	0.71	0.72
59	0.82	0.84	0.69	0.70	0.71	0.72
60	0.81	0.83	0.68	0.70	0.71	0.71
61	0.81	0.83	0.68	0.70	0.70	0.71
62	0.81	0.82	0.68	0.69	0.70	0.71
63	0.80	0.82	0.67	0.69	0.70	0.70
64	0.80	0.82	0.67	0.69	0.69	0.70
65	0.79	0.81	0.67	0.68	0.69	0.70
66	0.79	0.81	0.66	0.68	0.69	0.69
67	0.79	0.80	0.66	0.67	0.68	0.69
68	0.78	0.80	0.66	0.67	0.68	0.69
69	0.78	0.80	0.65	0.67	0.68	0.68
70	0.78	0.79	0.65	0.66	0.67	0.68

Tabla A.4.4.11a Razones de Momento y Corte entre BT5 y Patrones de Carga Ficticios

BT5 (62.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
10	0.61	0.73	0.49	0.64	0.51	0.71
11	0.66	0.75	0.54	0.65	0.57	0.74
12	0.69	0.76	0.58	0.66	0.61	0.74
13	0.70	0.77	0.61	0.67	0.65	0.73
14	0.71	0.78	0.62	0.67	0.67	0.73
15	0.72	0.78	0.62	0.67	0.69	0.72
16	0.73	0.78	0.63	0.67	0.71	0.71
17	0.75	0.80	0.64	0.69	0.74	0.73
18	0.78	0.82	0.67	0.71	0.76	0.74
19	0.80	0.84	0.69	0.72	0.77	0.75
20	0.82	0.86	0.70	0.74	0.78	0.77
21	0.83	0.88	0.71	0.76	0.79	0.78
22	0.85	0.89	0.73	0.77	0.80	0.79
23	0.86	0.91	0.74	0.78	0.80	0.80
24	0.88	0.91	0.75	0.78	0.81	0.80
25	0.89	0.92	0.76	0.79	0.82	0.81
26	0.90	0.93	0.77	0.79	0.82	0.81
27	0.90	0.93	0.77	0.80	0.82	0.81
28	0.91	0.94	0.77	0.80	0.82	0.81
29	0.91	0.94	0.78	0.80	0.82	0.82
30	0.91	0.94	0.78	0.80	0.82	0.82
31	0.92	0.94	0.78	0.80	0.82	0.82
32	0.92	0.94	0.78	0.80	0.82	0.82
33	0.92	0.94	0.78	0.80	0.82	0.81
34	0.92	0.94	0.78	0.80	0.82	0.81
35	0.92	0.94	0.78	0.80	0.81	0.81
36	0.92	0.94	0.78	0.80	0.81	0.81
37	0.92	0.94	0.78	0.80	0.81	0.81
38	0.91	0.93	0.78	0.79	0.81	0.80
39	0.91	0.93	0.77	0.79	0.80	0.80
40	0.91	0.93	0.77	0.79	0.80	0.80

Tabla A.4.4.11b Razones de Momento y Corte entre BT5 y Patrones de Carga Ficticios

BT5 (62.5 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	0.91	0.92	0.77	0.78	0.80	0.80
42	0.90	0.92	0.77	0.78	0.79	0.79
43	0.90	0.92	0.76	0.78	0.79	0.79
44	0.90	0.91	0.76	0.78	0.79	0.79
45	0.90	0.91	0.76	0.77	0.78	0.78
46	0.89	0.91	0.75	0.77	0.78	0.78
47	0.89	0.90	0.75	0.76	0.78	0.78
48	0.88	0.90	0.75	0.76	0.77	0.77
49	0.88	0.90	0.74	0.76	0.77	0.77
50	0.88	0.89	0.74	0.75	0.76	0.77
51	0.87	0.89	0.74	0.75	0.76	0.76
52	0.87	0.88	0.73	0.75	0.76	0.76
53	0.87	0.88	0.73	0.74	0.75	0.75
54	0.86	0.87	0.73	0.74	0.75	0.75
55	0.86	0.87	0.72	0.73	0.75	0.75
56	0.85	0.87	0.72	0.73	0.74	0.74
57	0.85	0.86	0.72	0.73	0.74	0.74
58	0.85	0.86	0.71	0.72	0.73	0.74
59	0.84	0.85	0.71	0.72	0.73	0.73
60	0.84	0.85	0.70	0.71	0.73	0.73
61	0.83	0.84	0.70	0.71	0.72	0.72
62	0.83	0.84	0.70	0.71	0.72	0.72
63	0.82	0.83	0.69	0.70	0.72	0.72
64	0.82	0.83	0.69	0.70	0.71	0.71
65	0.82	0.83	0.69	0.69	0.71	0.71
66	0.81	0.82	0.68	0.69	0.70	0.71
67	0.81	0.82	0.68	0.69	0.70	0.70
68	0.80	0.81	0.67	0.68	0.70	0.70
69	0.80	0.81	0.67	0.68	0.69	0.70
70	0.80	0.80	0.67	0.68	0.69	0.69

Tabla A.4.4.12a Razones de Momento y Corte entre BT6 y Patrones de Carga Ficticios

BT6 (75 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	$M/M_{HL-93+10\%}$	$V/V_{HL-93+10\%}$	$M/M_{HL-93+25\%}$	$V/V_{HL-93+25\%}$	M/M_{C5EF}	V/V_{C5EF}
10	0.84	0.84	0.67	0.73	0.70	0.82
11	0.81	0.87	0.66	0.76	0.69	0.86
12	0.79	0.90	0.68	0.78	0.71	0.86
13	0.81	0.91	0.70	0.79	0.74	0.86
14	0.83	0.92	0.72	0.80	0.78	0.86
15	0.85	0.93	0.73	0.80	0.81	0.86
16	0.86	0.94	0.74	0.81	0.83	0.86
17	0.87	0.96	0.75	0.83	0.85	0.87
18	0.87	0.98	0.75	0.85	0.85	0.88
19	0.89	1.00	0.76	0.86	0.85	0.90
20	0.91	1.02	0.78	0.88	0.87	0.91
21	0.93	1.04	0.80	0.89	0.88	0.92
22	0.95	1.06	0.82	0.91	0.89	0.93
23	0.97	1.07	0.83	0.92	0.90	0.94
24	0.98	1.08	0.84	0.93	0.91	0.95
25	1.00	1.09	0.86	0.94	0.92	0.96
26	1.01	1.10	0.87	0.94	0.93	0.96
27	1.03	1.11	0.88	0.95	0.93	0.97
28	1.03	1.11	0.88	0.95	0.94	0.97
29	1.04	1.12	0.89	0.95	0.94	0.97
30	1.05	1.12	0.89	0.96	0.94	0.97
31	1.05	1.12	0.90	0.96	0.94	0.97
32	1.06	1.12	0.90	0.96	0.94	0.97
33	1.06	1.12	0.90	0.96	0.94	0.97
34	1.06	1.12	0.90	0.95	0.94	0.97
35	1.06	1.12	0.90	0.95	0.94	0.97
36	1.06	1.12	0.90	0.95	0.94	0.96
37	1.06	1.12	0.90	0.95	0.94	0.96
38	1.06	1.11	0.90	0.95	0.94	0.96
39	1.06	1.11	0.90	0.94	0.94	0.96
40	1.06	1.11	0.90	0.94	0.93	0.95

Tabla A.4.4.12b Razones de Momento y Corte entre BT6 y Patrones de Carga Ficticios

BT6 (75 ton)						
Luz (m)	Razones de Momento y Corte					
	M/M _{HL-93+10%}	V/V _{HL-93+10%}	M/M _{HL-93+25%}	V/V _{HL-93+25%}	M/M _{C5EF}	V/V _{C5EF}
41	1.06	1.10	0.90	0.94	0.93	0.95
42	1.06	1.10	0.90	0.93	0.93	0.95
43	1.05	1.10	0.89	0.93	0.92	0.94
44	1.05	1.09	0.89	0.93	0.92	0.94
45	1.05	1.09	0.89	0.92	0.92	0.93
46	1.04	1.08	0.88	0.92	0.91	0.93
47	1.04	1.08	0.88	0.91	0.91	0.93
48	1.04	1.07	0.88	0.91	0.91	0.92
49	1.03	1.07	0.87	0.90	0.90	0.92
50	1.03	1.06	0.87	0.90	0.90	0.91
51	1.03	1.06	0.87	0.90	0.89	0.91
52	1.02	1.06	0.86	0.89	0.89	0.91
53	1.02	1.05	0.86	0.89	0.89	0.90
54	1.01	1.05	0.85	0.88	0.88	0.90
55	1.01	1.04	0.85	0.88	0.88	0.89
56	1.00	1.03	0.85	0.87	0.87	0.89
57	1.00	1.03	0.84	0.87	0.87	0.88
58	1.00	1.02	0.84	0.86	0.87	0.88
59	0.99	1.02	0.83	0.86	0.86	0.88
60	0.99	1.01	0.83	0.85	0.86	0.87
61	0.98	1.01	0.83	0.85	0.85	0.87
62	0.98	1.00	0.82	0.84	0.85	0.86
63	0.97	1.00	0.82	0.84	0.84	0.86
64	0.97	0.99	0.81	0.84	0.84	0.85
65	0.96	0.99	0.81	0.83	0.84	0.85
66	0.96	0.98	0.81	0.83	0.83	0.85
67	0.95	0.98	0.80	0.82	0.83	0.84
68	0.95	0.97	0.80	0.82	0.82	0.84
69	0.95	0.97	0.79	0.81	0.82	0.83
70	0.94	0.96	0.79	0.81	0.82	0.83

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN – FACULTAD DE INGENIERÍA
RESUMEN DE MEMORIA DE TÍTULO

Departamento : Departamento de Ingeniería Civil
Carrera : Ingeniería Civil
Nombre del memorista : Fernando Omar Fuentes Reyes
Título de la memoria : Efectos de Vehículos de Alta Productividad en Puentes Simplemente Apoyados
Fecha de la presentación oral : **A b r i l , 2 0 2 5**

Profesor(es) Guía : Víctor Aguilar Vidal
Profesor(es) Revisor(es) : Tomás Echaveguren Navarro
Concepto :
Calificación :

Resumen

Una buena representación del tráfico mediante patrones de carga óptimos en el proceso de diseño de puentes es fundamental para la estabilidad de estos. Sin embargo, la industria de transporte terrestre está en constante actualización en donde surgen tecnologías como los Vehículos de Alta Productividad (VAPs). Este tipo de vehículos no están contemplados en los principales patrones de carga usados en la práctica chilena, lo que crea sospechas acerca de la seguridad asociada al tránsito de este tipo de vehículos. Este trabajo cuantifica las diferencias de efectos entre los patrones de carga actuales y VAPs de posible recorrido en el país con tal de averiguar si es segura su incorporación. Se obtuvo que en la gran mayoría de casos los VAPs producen mayores demandas de Momento y Corte que los patrones de carga. Se prueba que los actuales patrones de carga no sirven para representar las solicitudes producidas por los VAPs. Con esto, el tránsito de los VAPs sobre puentes chilenos no es seguro hasta al menos, realizar ciertas reformas a los patrones de carga usados actualmente en el diseño de puentes.