

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN  
SEMIRREMOLQUE PORTACONTENEDOR TIPO CAMA BAJA  
PARA EL AUMENTO DE CAPACIDAD DE CARGA DE 30 A 36  
TONELADAS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**WLADIMIR JAVIER YAYICO AYQUIPA**

Callao, 2019

**PERÚ**



## **DEDICATORIA**

A mis padres por su apoyo y cariño incondicional para poder lograr la gran meta de crecer profesionalmente y como persona.

## INDICE

DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática:.....	2
1.2. Formulación de problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problema específico.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Limitantes de la investigación.....	4
II. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Semirremolque portacontenedor.....	7
2.2.2. Semirremolque cama baja.....	7
2.2.3. Viga.....	8

2.2.4.	Eje .....	9
2.2.5.	Conjunto de ejes .....	9
2.2.6.	Suspensión .....	11
2.2.7.	King Pin.....	12
2.2.8.	Remolcador (Tracto-Camión).....	13
2.2.9.	Contenedores.....	14
2.2.10.	Isotanque .....	14
2.3.	Marco Conceptual .....	16
2.3.1.	Pesos y Medidas Máximas Permitidas.....	16
2.3.2.	Bonificación por suspensión neumática .....	17
2.3.3.	Límites Máximos de Bonificación.....	17
2.3.4.	Vigas isostáticas .....	18
2.3.5.	Vigas hiperestáticas .....	18
2.3.6.	Método de la doble integración .....	19
2.4.	Definición de términos básicos.....	21
III.	HIPOTESIS Y VARIABLES .....	26
3.1.	Hipótesis.....	26
3.1.1.	Hipótesis general .....	26
3.1.2.	Hipótesis específica .....	26
3.2.	Definición conceptual de variables .....	26
3.3.	Operacionalización de variable .....	27

IV. DISEÑO METODOLOGICO .....	28
4.1. Tipo de investigación.....	28
4.2. Diseño de investigación. ....	28
4.3. Población y muestra.....	28
4.4. Lugar de estudio.....	30
4.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	30
4.6. Análisis y procesamiento de datos .....	30
4.6.1. Deseos y exigencias.....	31
4.6.2. Matriz morfológica. ....	31
4.6.3. Procedimiento para la modificación estructural. ....	33
4.6.4. Soluciones y conceptos.....	33
4.6.4.1. Conceptos de solución.....	34
4.6.5. Evaluación y medidas del semirremolque. ....	36
Evaluación de semirremolque .....	36
Toma de medidas de semirremolque. ....	37
Bosquejo de unidad semirremolque .....	38
4.6.6. Cálculo de reacciones y fuerzas.....	39
Diagrama de cuerpo libre para viga modificada .....	39
Peso de chasis añadido.....	41
Cálculo de reacciones en apoyos de semirremolque .....	42
Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la viga.....	44

Módulo de sección transversal de la viga .....	52
Cálculo de material .....	54
Consideraciones de montaje – unión de vigas .....	56
4.6.7.    Selección de accesorios .....	57
Selección de Eje: .....	57
Selección de suspensión: .....	57
Selección de neumáticos: .....	58
4.6.8.    Análisis económico .....	59
V.    RESULTADOS .....	60
5.1.    Resultados descriptivos. ....	60
5.2.    Resultados inferenciales. ....	62
Comparativa de costos por fabricación y modificación estructural. ....	62
VI.    DISCUSION DE RESULTADOS .....	63
6.1.    Contrastación y demostración de la Hipótesis con los resultados .....	63
6.2.    Contrastación de la Hipótesis con otros estudios similares .....	64
6.3.    Responsabilidad ética. ....	65
CONCLUSIONES .....	66
RECOMENDACIONES .....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	67
ANEXOS .....	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Semirremolque Portacontenedor .....	7
Figura 2 Semirremolque cama baja .....	8
Figura 3 Esquema de viga con cargas distribuidas.....	9
Figura 4 Eje de Semirremolque.....	9
Figura 5 Pesos Máximos por Ejes o Conjuntos de Ejes.....	10
Figura 6 Suspensión mecánica de semirremolque .....	11
Figura 7 Suspensión Neumática de Semirremolque .....	12
Figura 8 King pin soldable.....	13
Figura 9 Remolcador – Marca Frieightliner, modelo m2 112 .....	13
Figura 10 Tipos de contenedores.....	14
Figura 11 Isotank -longitud 20 pies .....	15
Figura 12 Pesos y Medidas Máximas .....	16
Figura 13 Esquema deformacion de viga.....	20
Figura 14 Placa de transporte, semirremolque portacontenedor tipo cama cama baja. ....	29
Figura 15 Plaqueta de fabricante .....	29
Figura 16 Matriz morfológica.....	32
Figura 17 Esquema solución 1.....	34
Figura 18 Esquema solución 2.....	34
Figura 19 Dimensiones de chasis semirremolque.....	38
Figura 20 Perfil de viga, unidades en milímetros .....	38
Figura 21 Modelado de chasis con toma de datos.....	39

Figura 22 Diagrama de cuerpo libre.....	40
Figura 23 Propiedades mecánicas de Vigas H .....	41
Figura 24 Diagrama de cuerpo libre semirremolque .....	42
Figura 25 Viga seccionada.....	44
Figura 26 Viga sección I.....	45
Figura 27 Viga sección II.....	46
Figura 28 Viga sección III.....	47
Figura 29 Viga sección IV .....	48
Figura 30 Viga sección V .....	49
Figura 31 Diagrama de fuerza cortante.....	50
Figura 32 Diagrama de momento flector.....	51
Figura 33 Perfil de viga principal.....	53
Figura 34 Esfuerzos de deformación .....	54
Figura 35 Aplicación de cargas en modelo semirremolque modificado .....	55
Figura 36 Simulación de carga estática semirremolque portacontenedor modelo modificado.....	55
Figura 37 Detalle de unión viga añadida.....	56
Figura 38 Catálogo Eje .....	57
Figura 39 Placa de suspensión neumática de semirremolque.....	58
Figura 40 Neumático Goodride EZ334.....	59
Figura 41 Configuración vehicular del nuevo conjunto rodante .....	62

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	27
Tabla 2 Evaluación de valores técnicos .....	35
Tabla 3 Evaluación de valores económicos .....	35
Tabla 4 Evaluación de semirremolque .....	36
Tabla 5 Toma de medidas de semirremolque .....	37
Tabla 6 Toma de medidas perfil de viga .....	37
Tabla 7 Reacciones en apoyos de semirremolque .....	44
Tabla 8 Reacción sobre viga.....	51
Tabla 9 Presupuesto proyecto de modificacion.....	60
Tabla 10 Distribucion de pesos semirremolque modificado .....	61
Tabla 11 Pesos máximos permitidos con bonificación .....	61
Tabla 12 Cargas totales en unidad original .....	61
Tabla 13 Medidas finales de semirremolque modificado .....	62
Tabla 14 Presupuesto fabricacion.....	63
Tabla 15 Contrastación de resultados -Hipótesis .....	64
Tabla 16 Contrastacion hipotesis estudios simialres.....	65
Tabla 17 Matriz de consistencia.....	68

## **RESUMEN**

El presente proyecto se desarrolló para aumentar la capacidad de carga de un semirremolque porta contenedor tipo cama baja, de 30 a 36 toneladas.

El tipo de investigación desarrollado fue tecnológica aplicada, con el cual se resolvió el requerimiento de aumentar la capacidad de carga de un semirremolque porta contenedor cama baja a fin poder transportar isotanques, los cuales tienen una carga bruta máxima de 36 toneladas.

Para lo cual se realizó la toma de medidas longitudinales de la unidad semirremolque original, se calculó la nueva configuración vehicular, además del cálculo de viga necesario para alargar el chasis del semirremolque.

La configuración vehicular T3S3, con bonificación del 10 % por suspensión neumática y neumáticos extra anchos hace posible satisfacer el requerimiento de carga útil de 36 toneladas.

***Palabras Clave:*** *Semirremolque, Modificación, Isotanque.*

## **ABSTRACT**

This project was developed to increase the load capacity of a low bed container semi-trailer, from 30 to 36 tons.

The type of research developed was applied technology, which resolved the requirement to increase the load capacity of a low bed container semi-trailer in order to transport isotanks, which have a maximum gross load of 36 tons.

For which the longitudinal measurements of the original semi-trailer unit were made, the new vehicle configuration was calculated, in addition to the calculation of the beam necessary to lengthen the chassis of the semi-trailer.

The T3S3 vehicle configuration, with a 10% bonus for pneumatic suspension and extra wide tires, makes it possible to meet the 36-ton payload requirement.

**Keywords:** *Semitrailer, Modification, Isotank.*

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la demanda por transporte de maquinaria y productos hacia distintas localidades del país ha ido en crecimiento, debido a ello las empresas de transporte necesitan contar con unidades que sean capaces de transportar mayor volumen y masa de carga.

Para ello se cuentan mayormente con unidades de transporte tipo semirremolque, existiendo una gran clasificación de los mismos, los cuales son diseñados para distintos tipos de carga.

Así mismo en las empresas de transporte se suelen presentar requerimientos distintos para las unidades semirremolques ya fabricadas, debido al cambio de material a transportar, ya sea un requerimiento de carga refrigerada, carga por pallets en dos niveles, carga de maquinaria, etc.

Para estos nuevos requerimientos el equipo de ingeniería de las empresas de transportes debe de realizar un diseño a fin de poder configurar las unidades existentes para cumplir con los nuevos requerimientos presentados en la empresa de transportes, lo cual conlleva a una modificación de las unidades semirremolques.

Estos diseños y modificaciones suelen realizarse bajo el reglamento establecido por el ministerio de transporte, considerando los cálculos y procesos necesarios para contar con un certificado a fin de renovar la placa de transporte de la unidad.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática:**

Actualmente en el rubro de transportes terrestre, se cuentan con unidades semirremolques, los cuales son capaces de transportar contenedores, equipos de grupo electrógeno, maquinaria, etc; las cuales suelen requerir unidades semirremolques con mayor capacidad de carga debido a la gran demanda existente de transporte, sin embargo, no todas las empresas de transporte cuentan con el poder económico suficiente para obtener una flota de unidades con capacidades de carga mayor a las 30 toneladas.

Los semirremolques con capacidades menores a 30 toneladas tienden a ser usados para el transporte regional, debido al límite en la carga útil.

El presente proyecto busca resolver la problemática presentada en la empresa de TLI TRANSPORTES S.A.C., la cual cuenta con unidades semirremolques porta contenedores tipo cama baja con capacidad de 30 toneladas como carga útil, las cuales no tienen mucho movimiento debido al poco tonelaje de carga, comparados con las unidades mayores. Por dicha razón estas unidades no son usadas en su mayoría, representan una pérdida por bajar productividad operacional. Siendo este el problema, se requiere poner en operaciones dichas unidades modificando estructuralmente los modelos con el fin de obtener una mayor capacidad de carga.

La determinación del problema consiste en aumentar la capacidad de carga de estos vehículos de 30 a 36 toneladas.

## **1.2. Formulación de problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera se puede modificar estructuralmente la unidad semirremolque portacontenedor tipo cama baja para aumentar su capacidad de carga de 30 a 36 toneladas?

### **1.2.2. Problema específico**

- a) ¿Cuál es la configuración vehicular del conjunto rodante para soportar la nueva capacidad de carga?
- b) ¿Cómo modificar el sistema rodante para una mejor distribución de la carga requerida?
- c) ¿Cómo verificar que la estructura modificada tenga un comportamiento óptimo para la capacidad deseada?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Modificar estructuralmente el chasis del semirremolque portacontenedor tipo cama baja para aumentar su capacidad de carga de 30 a 36 toneladas.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la configuración vehicular del sistema rodante para la nueva distribución de carga requerida.
- b) Ubicar los componentes del sistema rodante según la nueva distribución de carga requerida.
- c) Verificar que la estructura modificada cumpla de forma óptima el requerimiento de carga.

### 1.4. Limitantes de la investigación.

- **Teórica:** Poca información sobre el diseño original del semirremolque, el cual nos determina las características estructurales a las cuales debemos adecuarnos, lo cual se considera una limitación.
- **Temporal:** El tiempo necesario para desarrollar el proyecto es de 4 meses.
- **Espacial:** El proyecto se desarrolla en un almacén de la región callao, zona en la cual no se cuenta con máquinas especializadas para el correcto desarrollo.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes

#### Antecedentes Nacionales

- “Diseño de un semirremolque furgón de Transporte de bebidas para alcanzar una carga útil mayor a 30Tn Aje – Lima” cuyo autor: Vargas Chavez, Víctor Johnceff, quien presenta y sustenta para obtener el título profesional de ingeniero mecánico en el año 2018 – Universidad Nacional del Centro del Perú. Localidad Huancayo, de cuyo trabajo de investigación se deduce la siguiente conclusión final:  
“Es posible obtener una mayor capacidad de carga mejorando los materiales de fabricación para el chasis y estructuras del semirremolque”.
- “Mejora del diseño de un semirremolque volquete encapsulado para incrementar la carga útil en el transporte de mineral a granel”, cuyo autor: Vargas Chavez, Hugo Stewarth, quien presenta y sustenta para obtener el título profesional de ingeniero mecánico en el año 2018– Universidad Nacional del Centro del Perú. Localidad: Huancayo, de cuyo trabajo de investigación se deduce la siguiente conclusión final: “Es posible aumentar la carga útil, disminuyendo las cargas secas de una unidad semirremolque”
- “Reglamento nacional de vehículos: DECRETO SUPREMO N° 058-2003-

MTC”, publicada en el año 2003, de la cual se puede obtener la siguiente conclusión: “Usando un sistema rodante con suspensión neumática y llantas extra anchas podremos obtener una bonificación en la carga útil”.

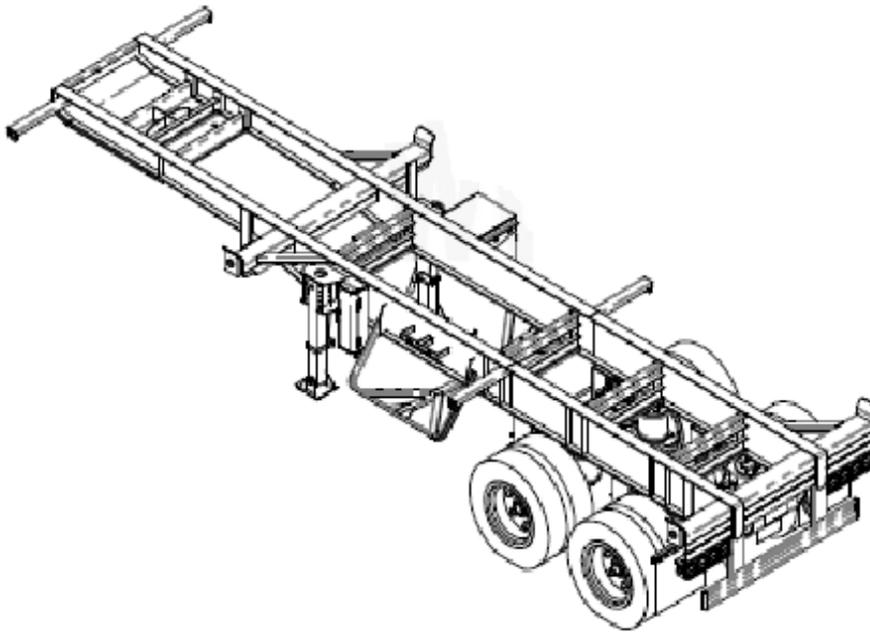
### **Antecedentes Internacionales.**

- “Diseño asistido por Computadora de una Plataforma Cama Baja de Cuello Desmontable con Capacidad de 45 Toneladas Usando los Programas SAP2000 y ANSYS”, cuyos autores son: Gonzalo Xavier Sotomayor Venegas, Manuel Alejandro Padilla Nieto, quienes presentan y sustentan para otorgar el título profesional de Ingenieros Mecánicos en el año 2013 en la escuela superior politécnica del litoral Escuela superior politécnica del litoral – Guayaquil, Ecuador, de cuyo trabajo de investigación se obtiene la siguiente conclusión: “Es posible usar programas como herramientas de diseño, con métodos de elementos finitos, con los cuales se pueden determinar deformaciones y esfuerzos en componentes de una estructura semirremolque”. (Sotomayor Venegas & Padilla Nieto)
- “Diseño de un Semi-Remolque de dos Niveles para la Transportación de Pallets”, cuyo autor es: Alex Eduardo Rodriguez Herrera, quien presenta y sustenta para otorgar el título profesional de Ingeniero mecánico en el año 2010, Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil-Ecuador, de cuyo trabajo de investigación se obtiene la siguiente conclusión: “Es posible optimizar el diseño de un semirremolque con la ayuda de software como Solidworks”. (Rodriguez Herrera)

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Semirremolque portacontenedor

Vehículo diseñado exclusivamente para el transporte de contenedores cuenta con pines y seguros para fijación de los mismos. Generalmente no tiene piso, es solamente la estructura flotante. (Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares, 2006)



*Figura 1 Semirremolque Portacontenedor*

*Fuente: Imagen Propia*

### 2.2.2. Semirremolque cama baja

Vehículo diseñado para el transporte de mercancías pesadas e indivisibles. Puede tener mayor cantidad de ejes o neumáticos en cada eje que los

semirremolques convencionales. La altura máxima de la plataforma de carga es de 1.1 m. (Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares, 2006)



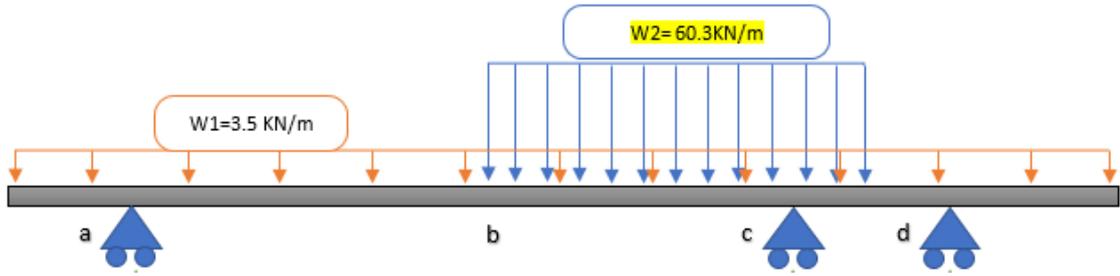
*Figura 2 Semirremolque cama baja*

*Fuente: Semirremolques Kaufmann*

### **2.2.3. Viga**

Es un miembro que soporta cargas transversales, es decir perpendiculares a su eje largo. (Mott, 2009)

Estas suelen usarse para la fabricación de puentes y estructuras que cuenten con cargas a lo largo de su longitud.



*Figura 3 Esquema de viga con cargas distribuidas*

*Fuente: Elaboración propia*

#### **2.2.4. Eje**

Elemento mecánico que sirve del soporte del vehículo, aloja las ruedas y permite la movilidad del mismo. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)



*Figura 4 Eje de Semirremolque*

*Fuente: <http://carlosboero.com.ar/ejes/>*

#### **2.2.5. Conjunto de ejes**

Se clasifican dependiendo de la cantidad de neumáticos que cuentan, además de la cantidad de ejes (Simples o dobles).

Así también su capacidad se describe dependiendo del conjunto de ejes elegido.

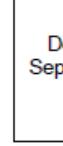
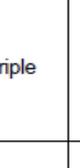
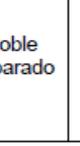
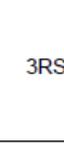
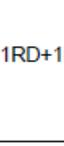
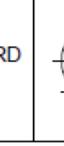
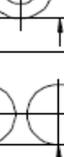
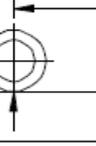
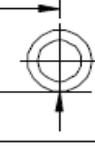
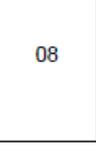
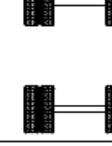
Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	Nº de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	1RS+1RD		06		16
Doble	2RS		04		12
Doble	2RD		08		18
Triple	3RS		06		16
Triple	1RS+2RD		10		23
Triple	3RD		12		25
Doble Separado	1RD+1RD		08		11+11

Figura 5 Pesos Máximos por Ejes o Conjuntos de Ejes

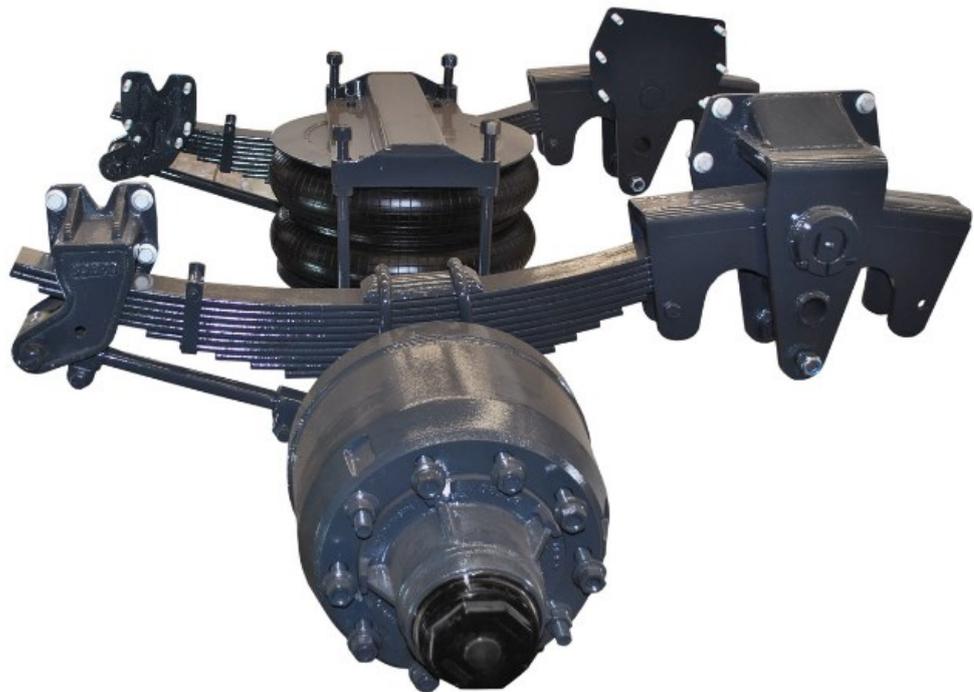
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículo

### 2.2.6. Suspensión

Mecanismo diseñado para disminuir las vibraciones en los vehículos.

Clasificación de suspensiones:

- Suspensión mecánica: Se trata de la suspensión con mecanismos netamente mecánicos, los cuales cuentan con un conjunto de resortes tipo ballesta que amortiguan los movimientos verticales.



*Figura 6 Suspensión mecánica de semirremolque*

*Fuente: Suspensión mecánica Carlos boero*

- Suspensión neumática: Es aquella suspensión que se apoya sobre bolsas de aire mejorando la eficiencia de amortiguación a comparación de la suspensión mecánica, así mismo cuenta con pistones de amortiguación.



*Figura 7 Suspensión Neumática de Semirremolque*

Fuente: Suspensión neumática Carlos Boero

### **2.2.7. King Pin**

Se le conoce también como perno rey, es el perno que permite el acople del semirremolque con el tracto, está diseñado con material de alta resistencia para permitir el arrastre con grandes cargas.

Su ensamble se realiza de dos maneras distintas, soldado hacia el plato de arrastre o empernado dependiendo del diseño.



*Figura 8 King pin soldable*

*Fuente: Technical specifications-Jost International*

### **2.2.8. Remolcador (Tracto-Camión)**

Vehículo automotor diseñado para halar semirremolques y soportar la carga que le transmiten estos a través de quinta rueda. (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003).



*Figura 9 Remolcador – Marca Freightliner, modelo m2 112*

*Fuente: Transportes y camiones-Freightliner*

### 2.2.9. Contenedores

Son recipientes de estructuras rígidas capaces de almacenar grandes volúmenes de carga sólida, están diseñados bajo normas internacionales estandarizando sus dimensiones y capacidades.

Su capacidad de almacenaje y peso bruto total varían dependiendo de las dimensiones del contenedor.

<p><b>20'</b></p> <p><b>Interior Specifications</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Length: 19' 5"</li> <li>- Width: 7' 8 3/8"</li> <li>- Height: 7' 9 5/8"</li> </ul>	<p><b>Dry Freight Container</b></p> <p><b>Payload</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 38,600 lbs.</li> <li>- 17,508 kgs.</li> </ul>	<p><b>Cubic Capacity</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1,164 cu.ft.</li> <li>- 32.96 cbm.</li> </ul>	<p><b>40'</b></p> <p><b>Interior Specifications</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Length: 39' 3/8"</li> <li>- Width: 7' 8 3/8"</li> <li>- Height: 8' 8"</li> </ul>	<p><b>High Cube Container</b></p> <p><b>Payload</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 45,200 lbs.</li> <li>- 20,502 kgs.</li> </ul>	<p><b>Cubic Capacity</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2,700 cu.ft.</li> <li>- 76.46 cbm.</li> </ul>
					
<p><b>20'</b></p> <p><b>Interior Specifications</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Length: 19' 5"</li> <li>- Width: 7' 8 1/8"</li> <li>- Height: 7' 9 5/8"</li> </ul>	<p><b>Open Top Container</b></p> <p><b>Payload</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 38,100 lbs.</li> <li>- 17,282 kgs.</li> </ul>	<p><b>Cubic Capacity</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1,126 cu.ft.</li> <li>- 31.88 cbm.</li> </ul>	<p><b>40'</b></p> <p><b>Interior Specifications</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Length: 39' 6 1/8"</li> <li>- Width: 7' 8 3/4"</li> <li>- Height: 7' 5 7/16"</li> </ul>	<p><b>Open Top Container</b></p> <p><b>Payload</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 45,250 lbs.</li> <li>- 20,525 kgs.</li> </ul>	<p><b>Cubic Capacity</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2,295 cu.ft.</li> <li>- 64.99 cbm.</li> </ul>
					

Figura 10 Tipos de contenedores

Fuente: Integralshipping-Contenedores

### 2.2.10. Isotánque

Son estructuras diseñadas para el transporte de líquidos, fabricados y diseñados bajo la norma ISO, cuentan con características similares a los contenedores

tanto en dimensiones como en zonas de sujeción.



*Figura 11 Isotank -longitud 20 pies*

*fuelle: Technogroupusa -Isotankes*

## 2.3. Marco Conceptual

### 2.3.1. Pesos y Medidas Máximas Permitidas

Se basa tomando en cuenta la configuración vehicular, siendo ésta la cantidad de ejes y tipo de ejes que se genera al unir en conjunto el remolcador y semirremolque.

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )					Peso bruto máx. ( t )
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
T2S3		20,50	7	11	25	---	---	43
T2Se3		20,50	7	11	11 <sup>(4)</sup>	18	---	47
T3S3		20,50	7	18	25	---	---	48 <sup>(2)</sup>
T3Se3		20,50	7	18	11 <sup>(4)</sup>	18	---	48 <sup>(2)</sup>

Figura 12 Pesos y Medidas Máximas

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos

### **2.3.2. Bonificación por suspensión neumática**

En los vehículos con suspensión neumática y/o neumáticos extra anchos se permitirá una bonificación adicional respecto de los pesos máximos por eje establecidos en el presente Reglamento. Las características técnicas de los neumáticos, la suspensión y los ejes serán proporcionados por el fabricante de los mismos y los requerimientos específicos para los permisos correspondientes serán regulados de acuerdo al procedimiento que para dicho efecto establezca el Ministerio. (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003)

### **2.3.3. Límites Máximos de Bonificación.**

Los vehículos equipados con suspensión neumática, incluyendo las combinaciones vehiculares (camión más remolque y/o tracto más semirremolques), tendrán una bonificación de hasta el 10% sobre los pesos máximos por eje o conjunto de ejes establecidos en el Reglamento Nacional de Vehículos, así como una bonificación de hasta el 5% sobre el peso bruto vehicular máximo permitido, siempre que la suspensión de todos sus ejes o conjuntos de ejes sea neumática, con excepción del eje o conjunto de ejes delantero para el caso de vehículos de transporte de mercancías, en cuyo caso la bonificación sobre el peso por eje o conjunto de ejes únicamente se otorgará respecto a los que cuentan con dicha suspensión, manteniéndose el derecho a gozar de bonificación sobre el peso bruto vehicular. (RESOLUCION DIRECTORAL N° 3336-2006-MTC-15, 2006)

#### 2.3.4. Vigas isostáticas

Las estructuras isostáticas son aquellas que sus reacciones pueden ser calculadas con las ecuaciones de la estática:

$$\sum \text{incognitas} - \sum \text{ecuaciones} = 0 \quad (2.1)$$

De una forma un poco más técnica podemos decir que una estructura isostática posee igual número de ecuaciones que de incógnitas, por lo cual, se puede resolver mediante un simple sistema de ecuaciones lineales o por los métodos básicos ya conocidos. (TAREAS-ARQUITECTURA, 2017)

#### 2.3.5. Vigas hiperestáticas

Se conoce como estructura hiperestática, a aquella estructura que en estática se encuentra en equilibrio, destacando que las ecuaciones que expone la estática no son suficientes para saber las fuerzas externas y reacciones que posee. (TAREAS-ARQUITECTURA, 2017)

$$\sum \text{incognitas} - \sum \text{ecuaciones} \neq 0 \quad (2.2)$$

### 2.3.6. Método de la doble integración

Este método nos permite calcular las pendientes y deflexiones de la viga en cualquier punto. La dificultad radica en despejar las constantes de integración. Eso se logra analizando las condiciones de apoyo y la deformación de la viga. (Veronica & Jing, 2000)

#### Ecuación diferencial de la elástica de una viga

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \quad (2.3)$$

#### Ecuación general de la pendiente

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \int M dx + C_1 \quad (2.4)$$

#### Ecuación general de la flecha

$$y = \frac{1}{EI} \iint M dx + C_1 + C_2 \quad (2.5)$$

Este método nos permite calcular las pendientes y deflexiones de la viga en cualquier punto. La dificultad radica en despejar las constantes de integración.

Esto se logra analizando las condiciones de apoyo y la deformación de la viga.  
 (Veronica & Jing, 2000)

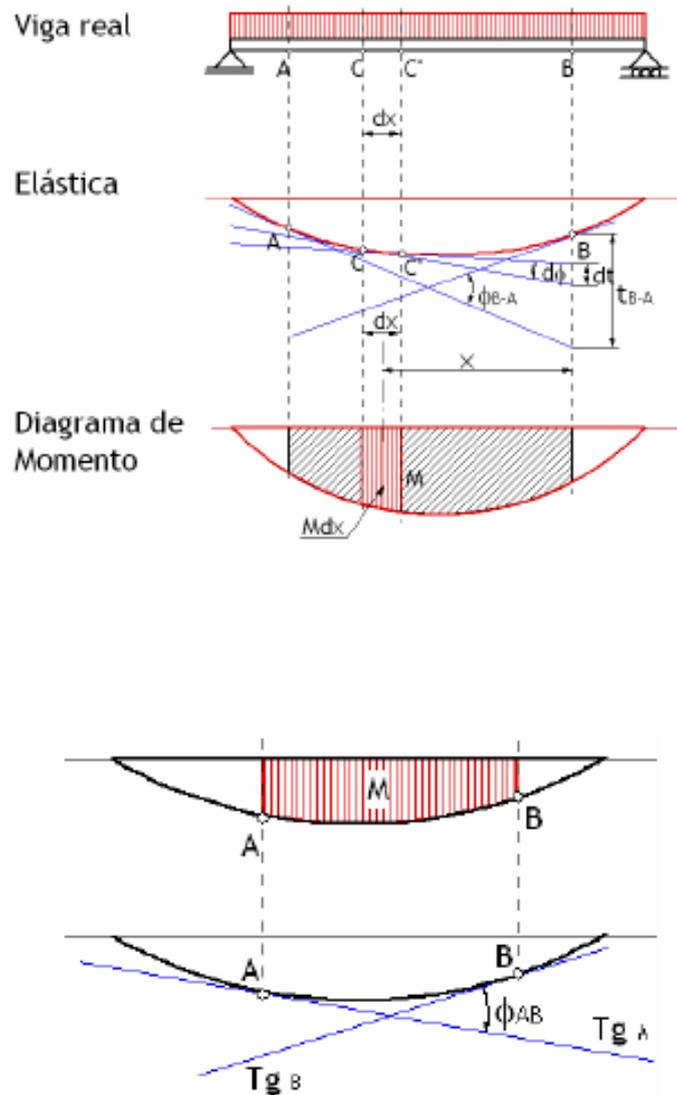


Figura 13 Esquema deformacion de viga

Fuente: DEFORMACIONES EN VIGA Veronica & Jing

## **2.4. Definición de términos básicos**

- **Capacidad de carga**

Carga máxima permitida por el presente Reglamento que puede transportar un vehículo sin que exceda el Peso Bruto Vehicular simple o combinado. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Eje**

Elemento mecánico que sirve de soporte del vehículo, aloja a las ruedas y permite la movilidad del mismo. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Eje direccional**

Eje a través del cual se aplica los controles de dirección al vehículo. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Eje doble**

Conjunto de dos (2) ejes motrices o no, separados a una distancia entre centros de ruedas superior a 1,20 m e inferior a 2,40 m. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Eje triple**

Conjunto de tres (3) ejes motrices o no, separados a una distancia entre

centro de ruedas externas superior a 2,40m e inferior a 3,60m.  
(Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Frenos**

Conjunto de elementos del vehículo que permite reducir la velocidad, detener o asegurar la parada del mismo. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **King pin**

Perno rey o pin, que permite el enganche del semirremolque con el tracto remolcador a través de la quinta rueda

- **Modificación Estructural**

Son los cambios realizados en una estructura que permiten transformar su configuración.

- **Peso bruto vehicular (PBV)**

Peso bruto vehicular de la combinación camión más remolque(s) o tracto-camión más semirremolque(s). (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Peso del vehículo carrozado en seco**

Es el peso del vehículo carrozado con todos los equipos y accesorios necesarios para el funcionamiento de este vehículo. (Norma Técnica Peruana NTP 383.021, 1980)

- **Peso del vehículo con chasis y con cabina separada de la carrocería**

Es el peso del chasis con cabina en seco más todo el equipo de serie que forma parte de la carrocería y los elementos siguientes: (Norma Técnica Peruana NTP 383.021, 1980)

- Dispositivos de acoplamiento
- Arco y toldo
- Rejilla o barandas fijas o removibles
- Compuerta trasera
- Equipos fijos funcionales
- Dispositivo mecánico e hidráulico de elevación completo con líquido y volquete.

- **Peso máximo por eje**

Peso Legal, es la carga máxima por eje o conjunto de ejes permitido por el Reglamento nacional de vehículos. (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003)

- **Peso neto**

Peso del vehículo en orden de marcha, sin incluir la carga o pasajeros (incluye el peso del combustible con los tanques llenos, herramientas y rueda(s) de repuesto). (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003)

- **Quinta rueda**

Elemento mecánico ubicado en la unidad tractora que se emplea para el acople del semirremolque. (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003)

- **Remolcador (Tracto-Camión)**

Vehículo automotor diseñado para halar semirremolques y soportar la carga que le transmiten estos a través de quinta rueda. (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003)

- **Rueda**

Dispositivo circular montado en los extremos de los ejes de un vehículo que permite su desplazamiento, está conformado por el aro y su neumático correspondiente. (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003)

- **Semirremolque**

Vehículo no motorizado con uno o más ejes, que se apoya en otro vehículo acoplándose a este y transmitiéndole parte de su peso mediante la quinta rueda. (Reglamento Nacional de Vehículos N° 058, 2003)

- **Suspensión de aire o neumática**

Suspensión que utiliza cojines o bolsas de aire como elemento portante de la carga. Se caracteriza por un mayor control de la suspensión, mejor distribución de la carga, así como menor vibración transmitida a la carga y la vía. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Trocha**

Distancia entre centros de las ruedas o conjunto de ruedas externas en un eje. (Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)

- **Viga**

Es un miembro que soporta cargas transversales, es decir perpendiculares a su eje largo. (Mott, 2009)

### **III. HIPOTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

Si se modifica la estructura del chasis semirremolque cama baja entonces será posible aumentar la capacidad de carga de 30 a 36 toneladas.

##### **3.1.2. Hipótesis específica**

- Si se determina la configuración vehicular del conjunto rodante entonces será posible soportar la nueva capacidad de carga requerida.
- Si se realiza el cálculo de distribución de cargas, podrá ser posible seleccionar correctamente los componentes y accesorios para satisfacer la carga requerida.
- Al realizar el modelado y estudio de la modificación estructural mediante software será posible verificar el cumplimiento del requerimiento de carga.

#### **3.2. Definición conceptual de variables**

- **Variable dependiente:**

**“Capacidad de Carga”:** Es el peso máximo que puede transportar un

semirremolque.

- **Variable independiente:**

**“Modificación estructural del chasis del semirremolque portacontenedor”:**

Son los cambios realizados en la estructura que alteran o transforman su configuración.

### 3.3. Operacionalización de variable

*Tabla 1 Operacionalización de variables*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable independiente:</b> Modificación estructural del chasis del semirremolque porta contenedor	Estructura de vigas injertadas	Resistencia de materiales y dimensiones de perfiles.
	Sistema Rodante	Selección de Neumáticos y suspensión.
<b>Variable dependiente:</b> Capacidad de carga	Carga útil, capacidad máxima	Tonelaje

*Fuente: Elaboración propia*

## **IV. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1. Tipo de investigación.**

- Investigación tecnológica aplicada, se busca resolver un problema aplicando conocimiento científico.

### **4.2. Diseño de investigación.**

Tipo de diseño experimental.

Nivel de investigación aplicada, debido a que buscamos aplicar resultados de investigación experimental para diseñar tecnología de aplicación inmediata. <sup>1</sup>

### **4.3. Población y muestra**

- Población: Flota de semirremolques portacontenedor tipo cama baja perteneciente a la empresa TLI Transportes.
- Muestra: Unidad semirremolque portacontenedor tipo cama baja, con placa de identificación F8I-974

---

<sup>1</sup> (Montes, 2010)



Figura 14 Placa de transporte, semirremolque portacontenedor tipo cama cama baja.

Fuente: Imagen propia



Figura 15 Plaqueta de fabricante

Fuente: Imagen Propia

#### **4.4. Lugar de estudio.**

Almacén de unidades semirremolque de la empresa TLI TRANSPORTES S.A.C.

#### **4.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos.**

Técnica de recolección de datos: Empírica y documental

- Observación: Se realizaron durante la visita a las instalaciones de la empresa TLI TRANSPORTES S.A.C.
- Entrevista: Se dan a conocer sus necesidades y requerimientos
- Cuestionario: Se realizan una serie de preguntas a fin de obtener mayor información sobre el diseño original del semirremolque.
- Metrado: Se tomaron medidas, ingeniería inversa

#### **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

Los datos se tomarán en base a medidas del modelo semirremolque porta contenedor, teniendo en cuenta longitudes principales, medidas de King pin hacia el centro de conjunto de ejes, altura de semirremolque, longitud de carga.

Para el cálculo se utilizarán las ecuaciones de esfuerzos en vigas por cargas distribuidas, además del análisis estático por software a fin de obtener los parámetros necesarios según la nueva capacidad requerida.

#### **4.6.1. Deseos y exigencias.**

Se enlistan los deseos y exigencias considerados según solicitud del cliente TLI transportes.

- Exigencia: Contar con capacidad de carga igual a 36 toneladas.
- Exigencia: Utilizar en un mínimo del 80% de la estructura del chasis semirremolque porta contenedor tipo cama baja.
- Deseo: Simplificar el proceso de desmontaje y montaje de piezas estructurales a fin de disminuir los gastos en insumos.
- Deseo: Simplificar la cantidad de accesorios adicionales.

#### **4.6.2. Matriz morfológica.**

Se exponen las posibles soluciones a fin de determinar las características adecuadas correspondiente al proyecto de modificación estructural de semirremolque porta contenedor tipo cama baja (Fig. 16).

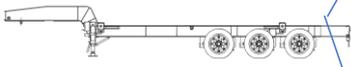
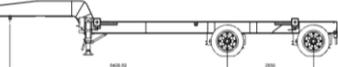
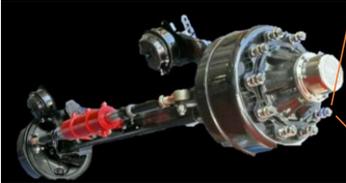
FUNCION	MODELO 1	MODELO 2
REMOLCADOR	 TRACTO 1 EJE POSTERIOR	 TRACTO 2 EJES POSTERIORES
CONFIGURACION VEHICULAR	 CONJUNTO DE TRES EJES	 CONJUNTO DE DOS EJES SEPARADOS A MAS DE 2.4 metros
SUSPENSION	 SUSPENSION MECANICA	 SUSPENSION NEUMATICA
LLANTAS	 LLANTA SUPER SINGLE	 LLANTA DUAL
EJE	 EJE DIRECCIONAL	 EJE AMERICANO
TANQUE DE AIRE	 TANQUE DE AIRE 46 LITROS	 TANQUE DE AIRE 78 LITROS
	S1	S2

Figura 16 Matriz morfológica

Fuente: Elaboración propia.

### **4.6.3. Procedimiento para la modificación estructural.**

Se realizarán los siguientes pasos a fin de cumplir con el requerimiento de forma eficaz:

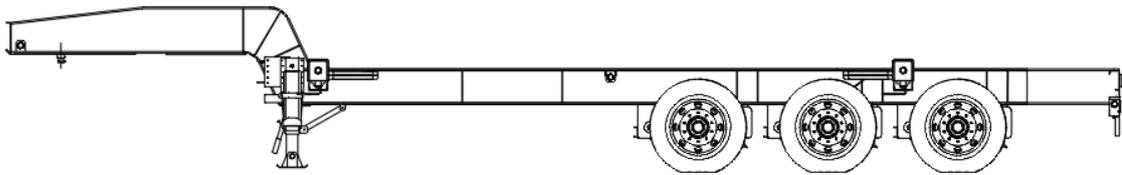
- Evaluación completa del semirremolque porta contenedor tipo cama baja.
- Toma de medidas y bosquejo de unidad.
- Reubicación y selección del sistema rodante.
- Cálculo de distribución de pesos.
- Cálculo de factor de seguridad.
- Selección de accesorios y material.
- Plasmado de plano correspondiente al modelo modificado.

### **4.6.4. Soluciones y conceptos**

- Solución 1 (S1):

Configuración que cuenta con un sistema de eje triple con suspensión neumática y llantas super single, cuenta con tanque de aire de 46L, adicional a ello cuenta con ejes americanos de trocha 77.5, tiene el chasis alargado para aumentar lo longitud desde el centro de ejes hacia el King pin.

Así mismo el plato de arrastre se apoyó sobre un remolcador con 2 ejes posteriores.

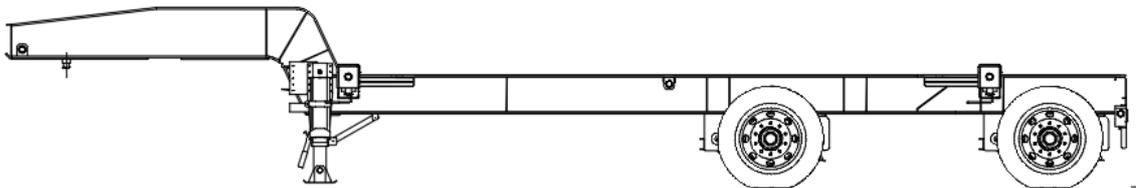


*Figura 17 Esquema solución 1*

*Fuente: Elaboración propia.*

- Solución 2 (S2):

Configuración que cuenta con un sistema de dos ejes separados (distancia entre ejes  $>2.4$  m), siendo el primer eje direccional, cuenta con llantas duales, suspensión mecánica, tanque de aire de 76 litros.



*Figura 18 Esquema solución 2*

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.6.4.1. Conceptos de solución.**

Para desarrollar la siguiente etapa, primero se evaluarán los criterios técnicos y económicos relacionadas a las soluciones expuestas.

Tabla 2 Evaluación de valores técnicos

Valor tecnico (xi)								
PROYECTO: MODIFICACION ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN SEMIRREMOLQUE PORTACONTENEDOR TIPO CAMA BAJA PARA EL AUMENTO DE CAPACIDAD DE CARGA								
P: puntaje de 0-4 (escala de valores según VDI 2225)								
0= No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4= Muy bien								
g=Peso ponderado que se da en funcion a la importancia de los criterios de evaluacion								
Variantes de Concepto-Proyecto			Solucion 1		Solucion 2		Solucion Ideal	
			S1		S2		S ideal	
Nº	Criterio para la evaluacion	g	p	gp	p	gp	p	gp
1	Capacidad	23	3	69	2	46	4	92
2	Materia prima	13	4	52	2	26	4	52
3	Complejidad	19	3	57	1	19	4	76
4	Seguridad	19	3	57	3	57	4	76
5	Facil montaje	14	3	42	2	28	4	56
6	Facil mantenimiento	12	4	48	4	48	4	48
Zumatoria, puntaje maximo		100	325		224		400	
Valor tecnico (xi)			0.81		0.56		1.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 Evaluación de valores económicos

Valor economico (yi)								
PROYECTO: MODIFICACION ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN SEMIRREMOLQUE								
P: puntaje de 0-4 (escala de valores según VDI 2225)								
0= No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4= Muy bien								
g=Peso ponderado que se da en funcion a la importancia de los criterios de evaluacion								
Variantes de Concepto-Proyecto			Solucion 1		Solucion 2		Solucion Ideal	
			S1		S2		S ideal	
Nº	Criterio para la evaluacion	g	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de accesorios	19	3	57	2	38	4	76
2	Costo de insumos	12	2	24	2	24	4	48
3	Costo de mano de obra	14	2	28	2	28	4	56
4	Facil adquisicion de materiales	18	4	72	4	72	4	72
5	Facil adquisicion de accesorios	18	4	72	2	36	4	72
6	Tiempo de proceso	19	3	57	2	38	4	76
Zumatoria, puntaje maximo		100	310		236		400	
Valor economico (yi)			0.78		0.59		1.00	

Fuente: Elaboración propia.

De las evaluaciones correspondientes a las tablas 2 y 3, podemos deducir que la solución óptima corresponde al primer modelo (S1).

- Valor técnico (xi) = 0.81
- Valor económico (yi) = 0.78

S1 {0.81; 0.78}

#### 4.6.5. Evaluación y medidas del semirremolque.

##### Evaluación de semirremolque

Se procederá a evaluar el estado de operatividad del semirremolque porta contenedor, verificando integralmente sus sistemas compuestos (tabla 2).

*Tabla 4 Evaluación de semirremolque*

DESCRIPCION	METODO	PROCESO	ESTADO /OBSERVACION
Evaluación en sistema neumático	Pruebas neumáticas/ Visual	Se realizará la evaluación de fugas e inspección del tanque de aire, inspección de accesorios neumáticos	Operativo / Se recomienda aumentar un tanque de aire para mejorar la eficiencia en la distribución de presión de aire
Evaluación en sistema de frenos	Pruebas de freno / Visual	Se realizará las pruebas de frenado, regulaciones de freno, evaluación del estado de bloques de freno, tambor de frenos y resortes, estado de grasa de rodajes	Requiere mantenimiento simple
Evaluación de planicidad en puntos de apoyo	Visual	Se realizará toma de medidas entre seguros twistlocks, se evalúa la planicidad en parte superior de vigas.	Operativo

Evaluación en sistema de suspensión	Visual	Se evaluarán las articulaciones correspondientes al sistema de suspensión, se realizó la toma de medidas correspondiente a la altura de manejo	Operativo
-------------------------------------	--------	--	-----------

*Fuente: Elaboración propia*

### **Toma de medidas de semirremolque.**

Para proceder a realizar el modelado se realizaron tomas de medidas en el semirremolque y en el perfil de la viga a fin de poder realizar un bosquejo y modelado de la estructura.

*Tabla 5 Toma de medidas de semirremolque*

TOMA DE MEDIDAS SEMIRREMOLQUE	
DESCRIPCION	LONGITUD (mm)
Longitud Total	9020.000
Frontal a King pin	500.000
King pin a primer eje	6278.620
Frontal a centro de carga	6002.500
Frontal a centro de piña (brazo frontal)	3075
Frontal a centro de piña (brazo posterior)	8930

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 6 Toma de medidas perfil de viga*

TOMA DE MEDIDAS PERFIL DE VIGA	
DESCRIPCION	LONGITUD (mm)
Altura total	355.6
Alma	322
Ala inferior	203.2
Ala superior	203.2
Espesor de ala inferior	16.8
Espesor de ala superior	16.8
Espesor de alma	9.4

*Fuente: Elaboración propia*

## Bosquejo de unidad semirremolque

Así mismo realizamos el bosquejo del semirremolque, según toma de medidas.

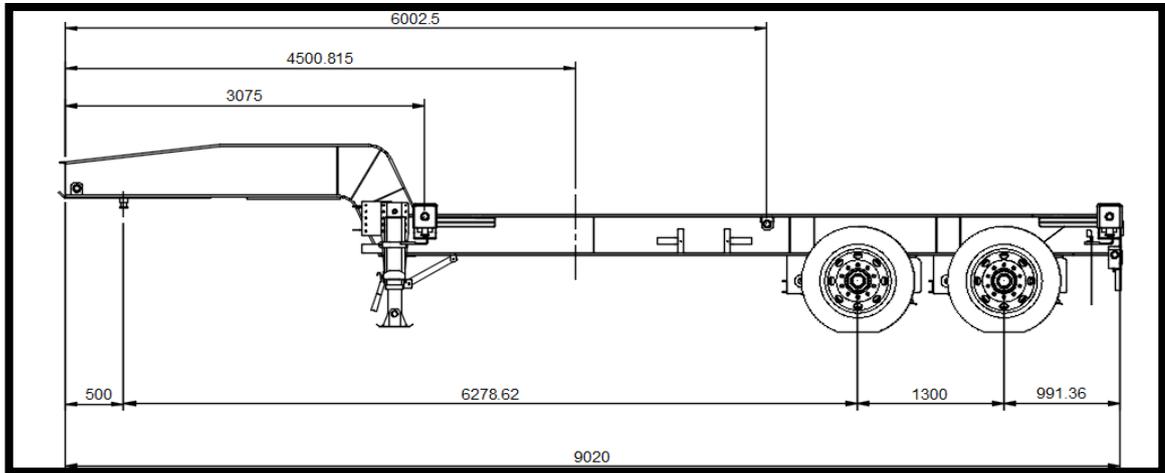


Figura 19 Dimensiones de chasis semirremolque

Fuente: Elaboración propia

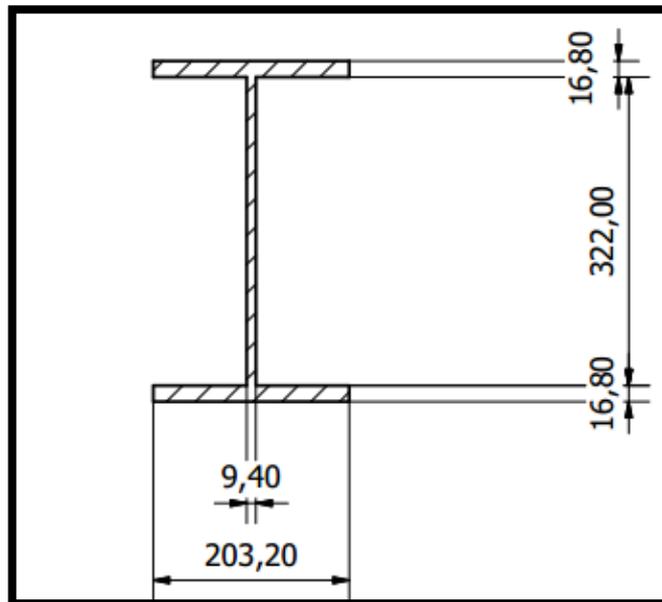


Figura 20 Perfil de viga, unidades en milímetros

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.6. Cálculo de reacciones y fuerzas.

Datos correspondientes a la unidad semirremolque portacontenedor tipo cama baja:

- Peso bruto = 34250 kg
- Peso seco = 4250 kg
- Carga útil= 30000 kg
- Peso por suspensión neumática= 165 kg
- Peso por eje =350 kg

Por lo tanto, el peso del chasis se calcula de la siguiente forma:

$$\text{peso de chasis original} = 4250 - 2 * (350 + 165)$$

$$\text{peso de chasis original} = 3220 \text{ kg}$$

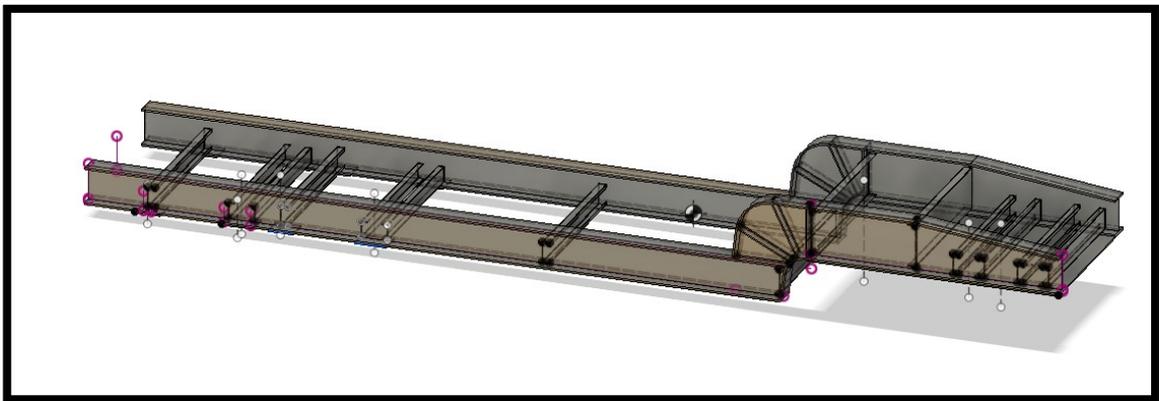


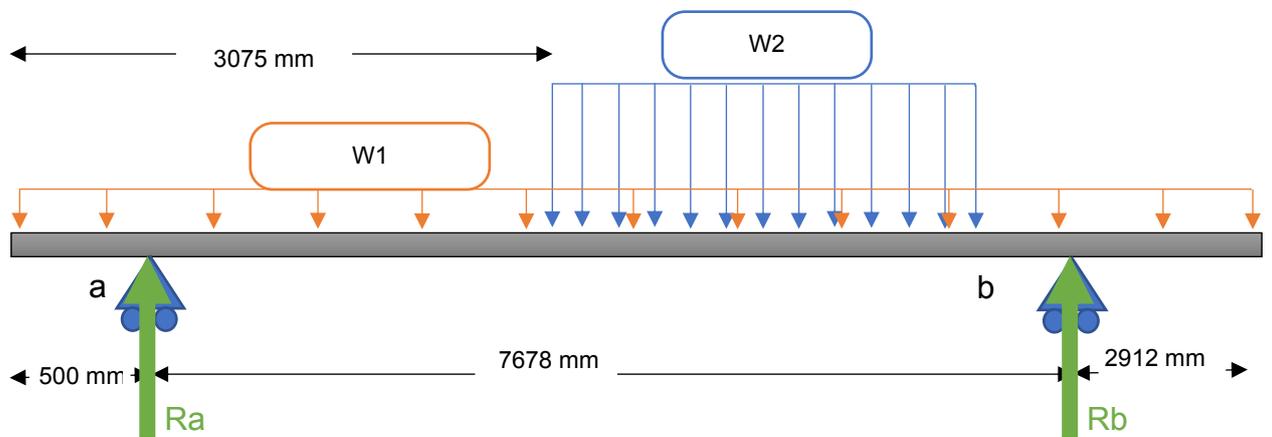
Figura 21 Modelado de chasis con toma de datos

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama de cuerpo libre para viga modificada

Procedemos a plasmar el diagrama de cuerpo libre correspondiente, para ello consideramos lo siguiente:

- Longitud del centro de ejes a King pin = 7678 mm
- Longitud del centro de ejes a viga posterior= 2912mm
- Longitud total de chasis = 11090mm
- Longitud de carga viva hacia frontal = 3075 mm (longitud original)
- Longitud de King pin hacia frontal= 500 mm (longitud original)



*Figura 22 Diagrama de cuerpo libre*

*Fuente: Elaboración propia.*

Donde:

- King pin
- Conjunto de ejes

**Longitud total de chasis nueva:**

De la fig. 25, obtenemos la nueva longitud del chasis total = 11090 mm

Por lo que la longitud agregada de viga es igual a:

$$\text{Longitud de viga agregada} = 11091 - 9020 = 2070 \text{ mm} = 2.07\text{m}$$

### Peso de chasis añadido

Para obtener el peso adicional del chasis, calculamos el peso total de las vigas agregadas tomando en cuenta su peso teórico correspondiente a su perfil (Fig. 26).

$$\text{Peso de viga adicional} = 2.07 \text{ m} * 79.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso de viga adicional} = 163.61\text{kg}$$

$$\text{Peso de chasis añadido} = 163.61 * 2 = 327.22\text{kg}$$

Dimensiones (pulg)		Peso Teórico		Espesor (mm)		Dimensiones mm		
Alma	Ala	libras/pie	Kg/m	Alma (ta)	Ala (tb)	Alma (A)	Ala (B)	
14"	8"	43.0	64.13	7.75	13.46	348	203	
		48.0	71.58	8.64	15.11	350	204	
							354	205
	10"	61.0	90.97	9.53	16.38	353	254	
		68.0	101.41	10.54	18.29	357	255	
	14 1/2"	90.0	134.22	11.18	18.03	356	369	
120.0		178.95	15.00	23.90	368	373		

Figura 23 Propiedades mecánicas de Vigas H

Fuente: Vigas H, características

Por lo tanto, el peso total del chasis será:

$$\text{Peso de chasis modificado} = \text{Peso de chasis original} + \text{Peso de chasis añadido}$$

$$\text{Peso de chasis modificado} = 3220 + 327.22$$

$$\text{Peso de chasis modificado} = 3547.22 \text{ kg}$$

## Cálculo de reacciones en apoyos de semirremolque

Para ello expresamos el peso del chasis y el peso de la carga viva como cargas distribuidas, siendo:

W1: Peso del chasis (3547.22 kg)

W2: Peso de carga viva (36000 kg).

$$W1 = \frac{3547.22kg}{11.090m} * 9.81 \frac{m}{s^2} \quad (4.1)$$

$$W1 = \frac{3.14KN}{m}$$

$$W2 = \frac{36000kg}{5.855m} * 9.81 \frac{m}{s^2} \quad (4.2)$$

$$W2 = \frac{60.317KN}{m}$$

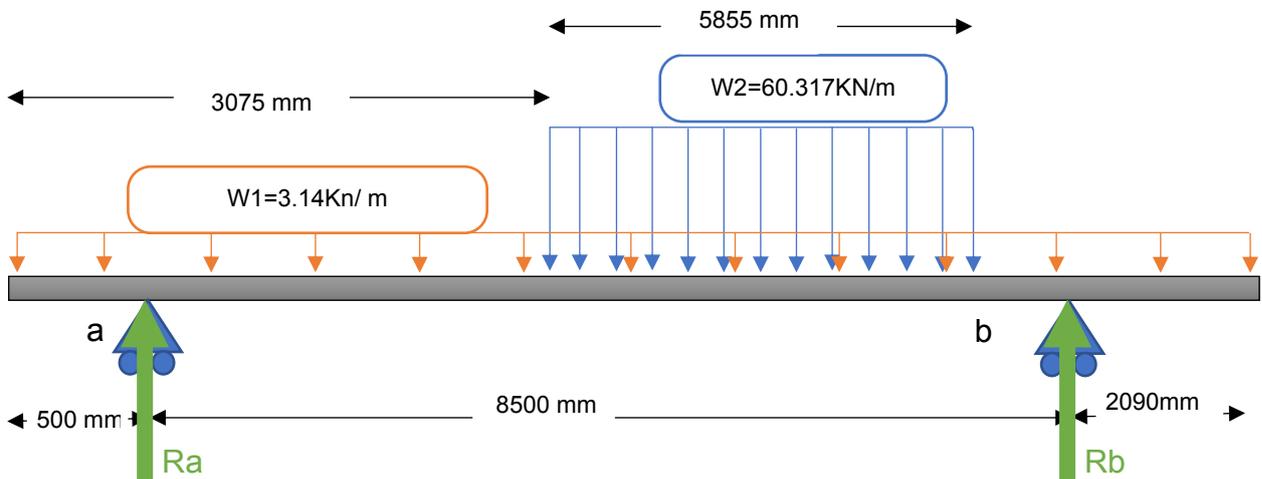


Figura 24 Diagrama de cuerpo libre semirremolque

Fuente: Elaboración propia

Utilizamos las fórmulas de la estática para poder hallar las reacciones Ra y Rb.

Tomamos sumatoria de momentos en el punto a:

$$\sum Ma = 0 \quad (4.3)$$

$$\sum Ma = -3.14 * \frac{11.09 * (11.09 - 0.5)}{2} - 60.317 * 5.855 * \left( \frac{5.855}{2} + (3.075 - 0.5) \right) + Rb * 8.5 = 0$$

Resolviendo la ecuación de momentos obtenemos:

$$Rb = 249.285 \text{ KN}$$

$$Rb = 25.411 \text{ Ton}$$

Realizamos sumatoria de fuerzas verticales para obtener la reacción en a:

$$\sum Fy = 0 \quad (4.4)$$

$$\sum Fy = Ra + Rb = 3.14 * 11.09 + 60.317 * 5.855 = 387.97 \text{ KN}$$

$$Ra = 138.694 \text{ KN}$$

$$Ra = 14.138 \text{ Ton}$$

En la tabla 7 podemos apreciar las reacciones correspondientes a los puntos de apoyo del semirremolque, las cuales se deben al conjunto entre las cargas vivas y cargas muertas.

Tabla 7 Reacciones en apoyos de semirremolque

REACCION EN LOS APOYOS				
UNIDAD	KING PIN (a)	CONJUNTO DE EJE TRIPLE (b)		
		EJE 1	EJE 2	EJE 3
KN	138.69	83.0967	83.0967	83.0967
Kg	14137.61	8470.61	8470.61	8470.61

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la viga

Para calcular los diagramas de fuerza cortante y momento flector, procedemos a realizar los cálculos de fuerza cortante y momento flector a lo largo de la viga. Por lo tanto, tomaremos en cuenta que las cargas sobre cada viga principal serán iguales a la mitad del peso entre carga viva y carga muerta.

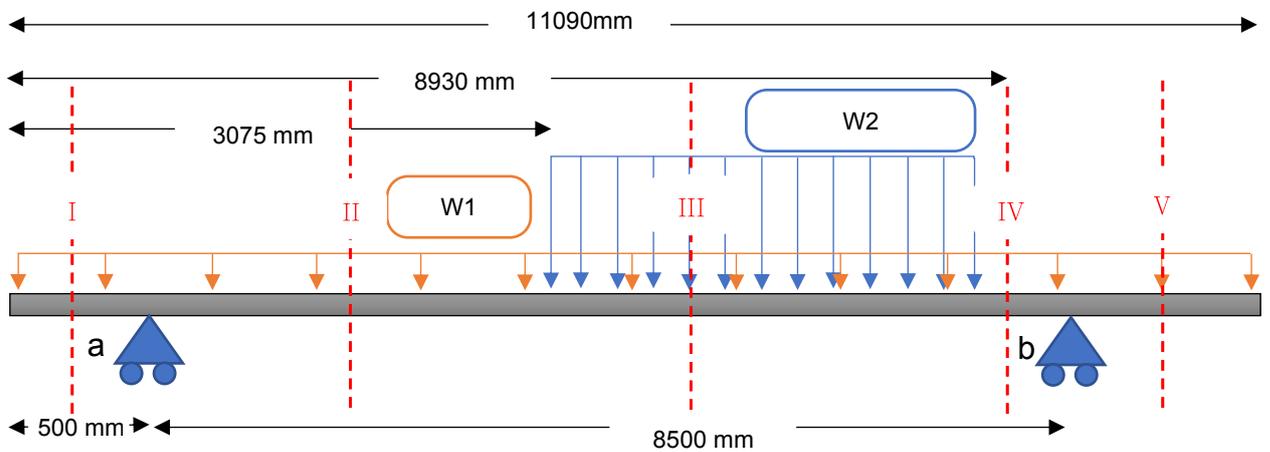


Figura 25 Viga seccionada

Fuente: Elaboración propia

Aplicando las ecuaciones:

$$\sum M_a = 0 ; \sum F_y = 0$$

Obtenemos los apoyos en cada viga:

$$R_a = 69.35 \text{ KN}$$

$$R_b = 124.64 \text{ KN}$$

- Sección I ( $0 < x < 0.5\text{m}$ )

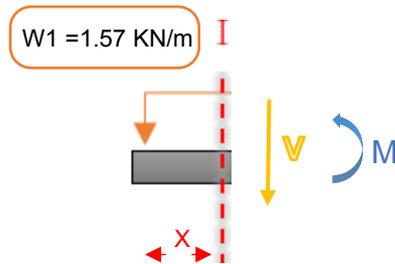


Figura 26 Viga sección I

Fuente: Elaboración propia.

$$V = -1.57 * x \text{ (KN)} \quad (4.5)$$

$$M = -1.57 * \frac{x^2}{2} \quad (4.6)$$

- Sección II ( $0 < x < 3.075\text{m}$ )

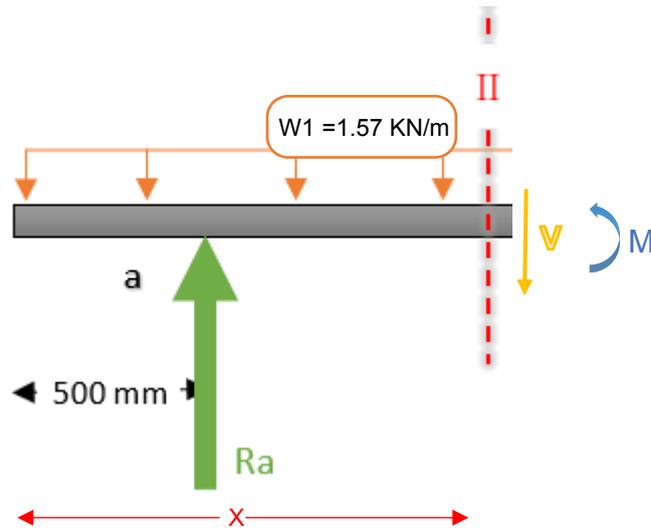


Figura 27 Viga sección II

Fuente: Elaboración propia.

$$V = -1.57 * x + Ra \text{ (KN)} \quad (4.7)$$

$$M = -1.57 * \frac{x^2}{2} + Ra * (x - 0.5) \quad (4.8)$$

- Sección III ( $0 < x < 8.93$ )

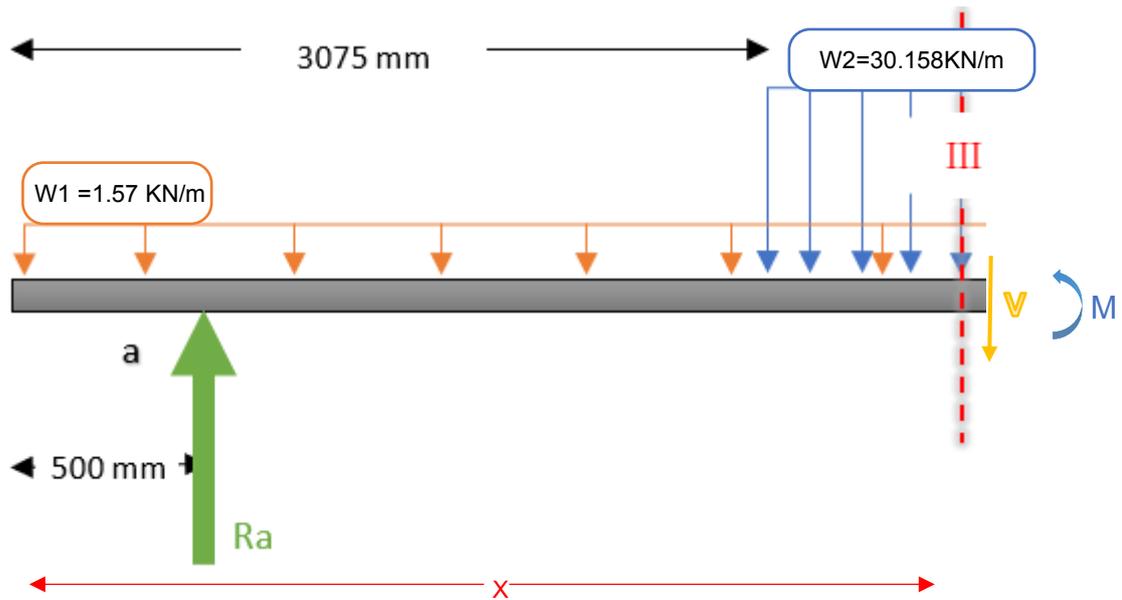


Figura 28 Viga sección III

Fuente: Elaboración propia

$$V = -1.57 * x - 30.158(x - 3.075) + Ra \text{ (KN)} \quad (4.9)$$

$$M = -1.57 * \frac{x^2}{2} + Ra * (x - 0.5) - 30.158 * \frac{(x - 3.075)^2}{2} \quad (4.10)$$

- Sección IV ( $0 < x < 9\text{m}$ )

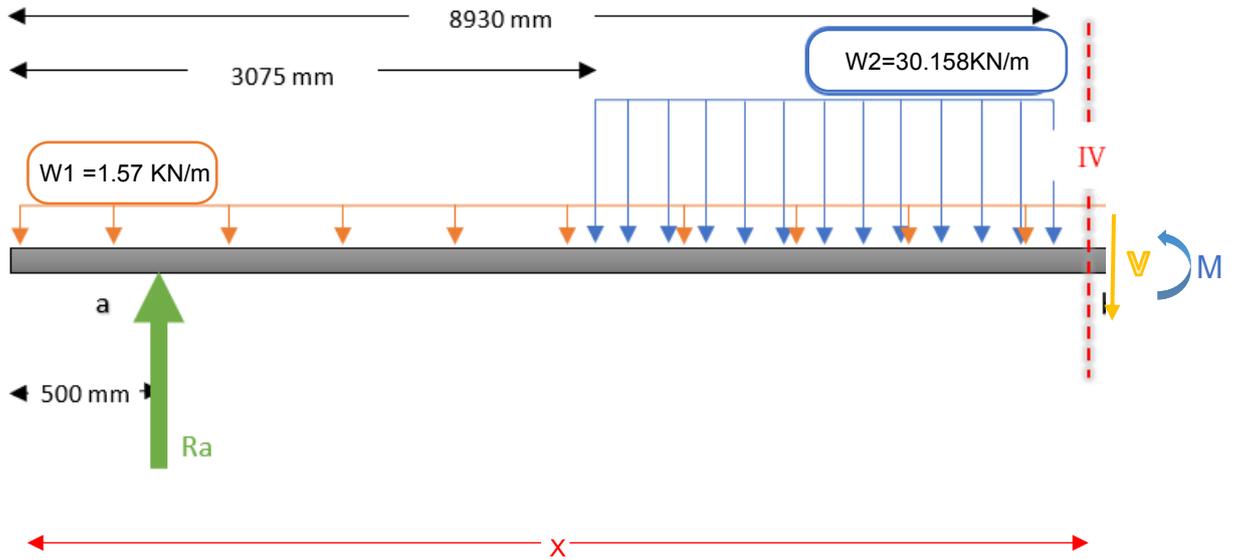


Figura 29 Viga sección IV

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

$$V = -1.57 * x - 30.158(5.855) + Ra \text{ (KN)} \quad (4.11)$$

$$V = -1.57 * x - 176.575 + Ra \text{ (KN)} \quad (4.12)$$

$$M = -1.57 * \frac{x^2}{2} + Ra * (x - 0.5) - 30.158 * 5.855 \left( x - \left( \frac{5.855}{2} + 3.075 \right) \right)$$

$$M = -1.57 * \frac{x^2}{2} + Ra * (x - 0.5) - 176.575 * (x - 6) \quad (4.131)$$

- Sección V ( $0 < x < 11.09\text{m}$ )

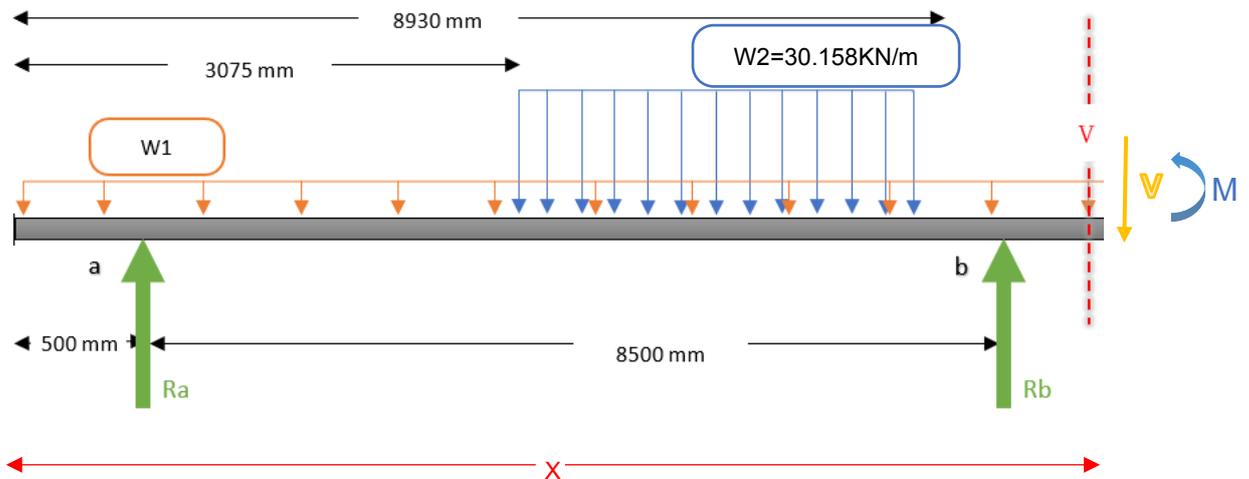


Figura 30 Viga sección V

Fuente: Elaboración propia

$$V = -1.57 * x - 30.158(5.855) + Ra + Rb \text{ (KN)} \quad (4.142)$$

$$V = -1.57 * x - 176.575 + Ra + Rb \text{ (KN)} \quad (4.15)$$

$$M = -3.14 * \frac{x^2}{2} + Ra * (x - 0.5) - 60.317 * 5.855 \left( x - \left( \frac{5.855}{2} + 3.075 \right) \right) + Rb * (x - 9)$$

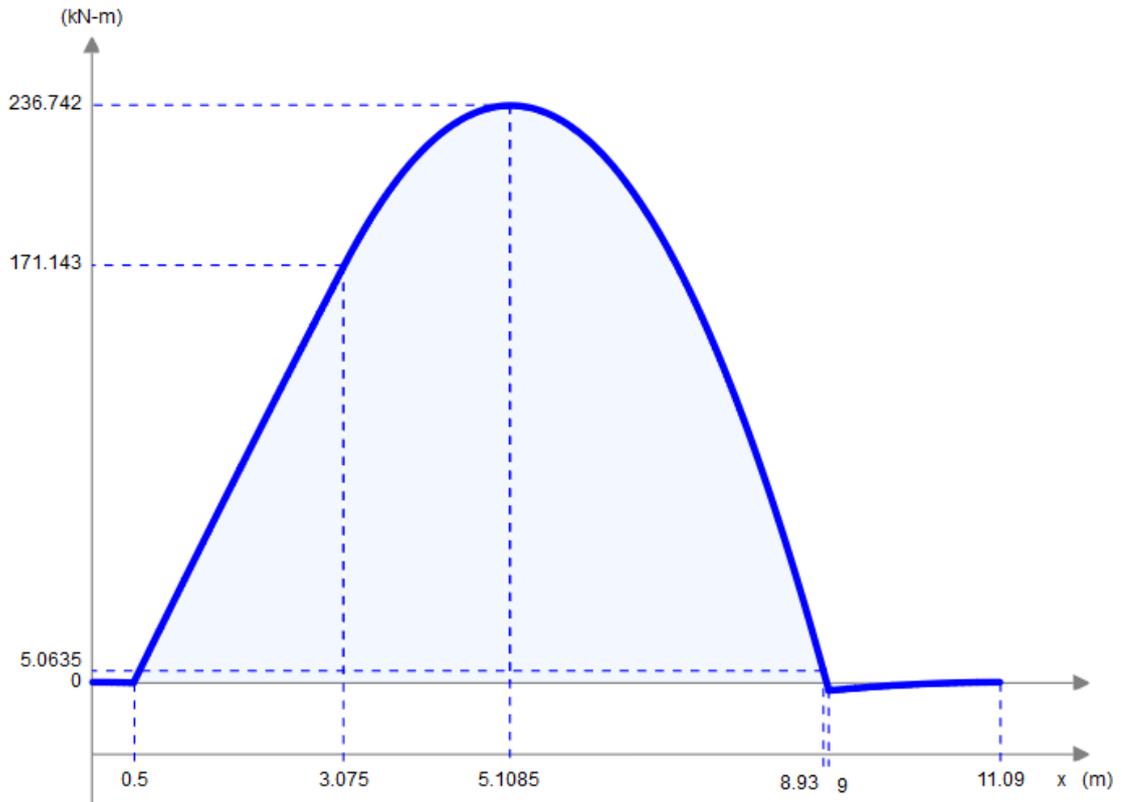
$$M = -1.57 * \frac{x^2}{2} + Ra * (x - 0.5) - 176.575 * (x - 6) + Rb * (x - 9) \quad (4.16)$$

Con los resultados obtenidos, realizamos el trazo del diagrama de fuerzas cortantes y momento flector.



*Figura 31 Diagrama de fuerza cortante*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 32 Diagrama de momento flector*

*Fuente: Elaboración propia*

De la figura 32, podemos obtener el momento flector máximo=236.742 KN-m, el cual se aplica a una distancia de 5.1085 m del frontal en la viga, además se presenta en la tabla 8 las reacciones que se aplican en cada viga principal.

*Tabla 8 Reacción sobre viga*

REACCION EN CADA VIGA				
UNIDAD	KING PIN (a)	CONJUNTO DE EJE TRIPLE (b)		
		EJE 1	EJE 2	EJE 3
KN	69.345	41.548	41.548	41.548
Kg	7068.81	4235.30	4235.30	4235.30

*Fuente: Elaboración propia*

## Módulo de sección transversal de la viga

Utilizamos la siguiente fórmula para hallar el módulo en la sección crítica ( $x=5.1085$ ).

$$S = \frac{I_x}{C} \quad (4.173)$$

Donde:

S: Modulo elástico en sección transversal de la viga <sup>2</sup>

I<sub>x</sub>: Momento de inercia

C: Distancia del eje neutro hacia arista más alejada

De la figura 33 obtenemos C y I<sub>x</sub>, con las siguientes formulas.

$$C = \frac{16.8 * 2 + 322}{2}$$

$$C = 177.8 \text{ mm}$$

$$I_x = (b_1 * \frac{h_1^3}{12} + d_1^2 * b_1 * h_1) + b_2 * \frac{h_2^3}{12} \quad (4.18)$$

$$I_x = 242150441.54 \text{ mm}^4$$

---

<sup>2</sup> ANSI/AISC 360-10

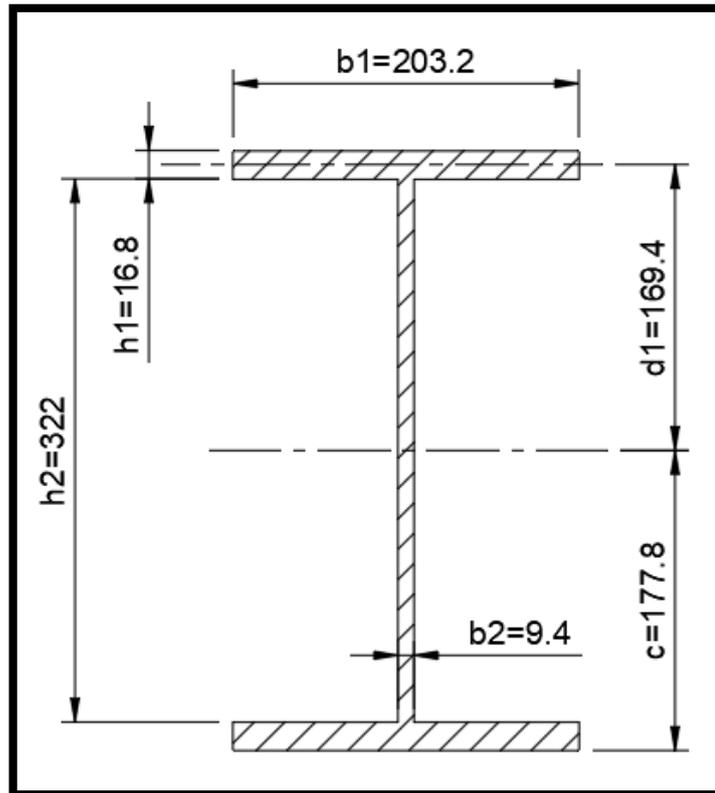


Figura 33 Perfil de viga principal

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$S = \frac{242150441.54 \text{ mm}^4}{177.8 \text{ mm}}$$

$$S = 1,361,925.99 \text{ mm}^3$$

Calculamos el esfuerzo máximo ubicado en  $x = 5.1085 \text{ m}$ .

$$F_{max} = \frac{M_{max}}{S} \tag{4.19}$$

$$F_{max} = \frac{236.742 \text{ KN m}}{1361925.99 \frac{\text{m}^3}{10^9}}$$

$$F_{max} = 173.83 \text{ Mpa}$$

$$F_{max} = 25.21 \text{ KSI}$$

### Cálculo de material

Para el perfil indicado, requerimos un material que cumpla con la siguiente condición:

$$F_{max} < 0.6 * F_y \quad (4.20)$$

Seleccionamos el material ASTM A-572 de la figura 34, el cual cuenta con

$F_y = 50 \text{ KSI}$ , por lo tanto:

$$0.6 * F_y = 30 \text{ KSI}$$

$$25.21 < 30 \text{ (cumple)}$$

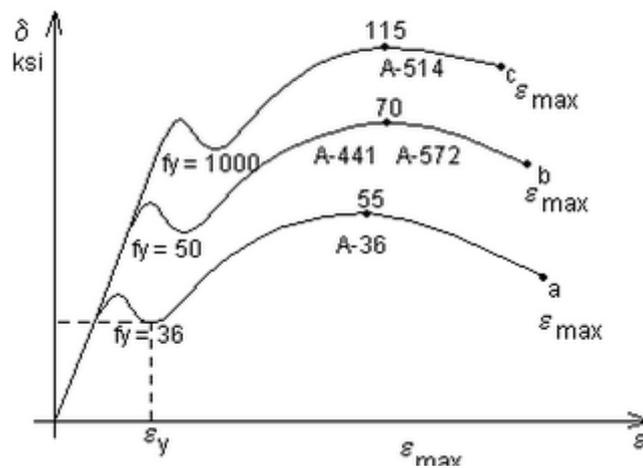


Figura 34 Esfuerzos de deformación

Fuente: Relación de esfuerzos y deformación del acero

Procedemos a realizar la simulación por medio de software FUSION 360, aplicando una carga de 36 toneladas sobre los puntos de apoyo, obtenemos un factor de seguridad mínimo de 2.543, el cual cumple para nuestro requerimiento

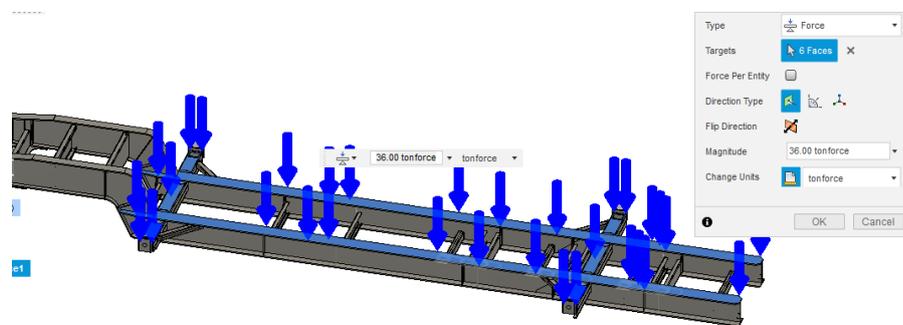


Figura 35 Aplicación de cargas en modelo semirremolque modificado

Fuente: Elaboración propia

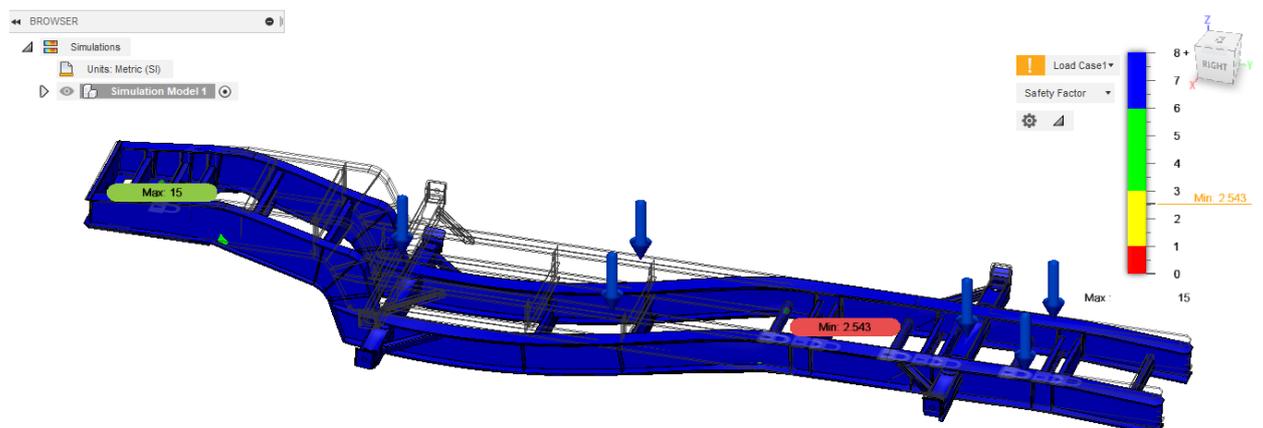


Figura 36 Simulación de carga estática semirremolque portacontenedor modelo

*modificado*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Consideraciones de montaje – unión de vigas**

Para la unión de las vigas en la zona posterior, se procederá a realizar un destaje con forma de Z (figura 35), realizando de esta forma un empalme que permitirá distribuir correctamente los esfuerzos sobre la unión.

Así mismo se procederá a utilizar soldadura por arco eléctrico N°6011 de forma continua para el relleno, posterior a ello se realizará el acabado con soldadura 7018 para fijar la unión.



*Figura 37 Detalle de unión viga añadida*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.6.7. Selección de accesorios

##### Selección de Eje:

Según la distribución de cargas obtenida, la capacidad sobre el tercer eje requerido será de 8470.61 Kg, además la trocha de los ejes delanteros es igual a 77.5", con estos datos en la figura 35, seleccionaremos el eje que cumpla el requerimiento.



Medida	Capacidad	Modelo	Para Aro
66	10,000 Lbs 18,000 Lbs	Fuso 6 huecos	16 / 17.5
71.5	25,000 Lbs 30,000 Lbs	Americano, Europeo, Japonés Americano, Europeo	19.5 / 20 / 22.5
77.5	25,000 Lbs 30,000 Lbs	Americano/Europeo Americano/Europeo/Camabaja	15 / 17.5 / 20 / 22.5
83	30,000 Lbs	Americano/Europeo/Camabaja	15 / 17.5 / 20 / 22.5
93	30,000 Lbs	Americano/Europeo/Camabaja	15 / 17.5 / 20 / 22.5

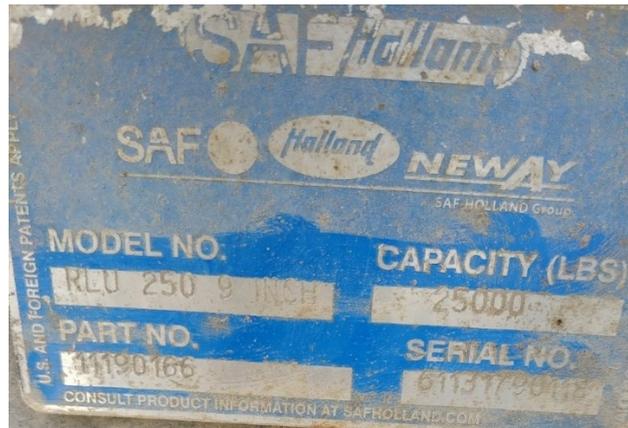
Figura 38 Catalogo Eje

Fuente: Autopartes Ferroso

##### Selección de suspensión:

Debido a que la reacción en el eje añadido es igual a 8470.61 Kg, requerimos seleccionar un eje y suspensión que satisfagan esta capacidad de carga.

El semirremolque actualmente cuenta con suspensión neumática de la marca Holland, modelo RLU 250 9 INCH. (figura 35), el cual cuenta con una capacidad de 25000 Lb, equivalente a 11363.63 kg, satisfaciendo la capacidad requerida por eje.



*Figura 39 Placa de suspensión neumática de semirremolque*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Selección de neumáticos:**

Debido a que la carga en cada eje es de 8470.61Kg, obtenemos la carga en cada rueda, la cual es igual a:

$$\text{Carga por rueda} = 8470.61/2 = 4235.3 \text{ Kg}$$

Además de ello para poder obtener la bonificación del 10% sobre el sistema rodante, es necesario que la rueda seleccionada sea una llanta super single.

Para ello seleccionamos la rueda de la marca Goodride, la cual cuenta con una capacidad de 5150 kg como llanta super single.

EZ334



MEDIDA	LR/PR	ÍNDICE DE SERVICIO	PROFUNDIDAD DE LA BANDA (mm)	ESTÁNDAR	DIÁMETRO TOTAL (mm)	ANCHO DE SECCIÓN (mm)	MÁXIMA CAPACIDAD DE CARGA EN LA PRESIÓN DE INFLADO EN FRÍO			
							SINGLE		DUAL	
							(kg)	(kPa)	(kg)	(kPa)
425/65R22.5	L/20	165K	18	13	1124	430	5150	830	-	-

*Figura 40 Neumático Goodride EZ334*

Fuente: Autopartes Ferroso

#### 4.6.8. Análisis económico

Realizamos los cálculos correspondientes al presupuesto para el proyecto de modificación considerando los repuestos, insumos y consumibles, mano de obra del personal y costos fijos obteniendo un presupuesto final de 18092.72 soles el cual equivale a 5,352.87 dólares (tipo de cambio referencial =3.38).

Tabla 9 Presupuesto proyecto de modificación

PRESUPUESTO MODIFICACION ESTRUCTURAL EN SEMIRREMOLQUE PORTA CONTENEDOR TIPO CAMA BAJA					
ITEM	DESCRIPCION DE TRABAJOS	PERSONAL	UND	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	SERVICIO DESMONTAJE Y MONTAJE DE REPUESTOS	2	UND	S/. 1,000.00	S/. 2,000.00
ITEM	DESCRIPCION DE REPUESTOS	CANTIDAD	UND	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	SUSPENSION NEUMATICA HOLLAND	1.0	UND	S/. 4,563.00	S/. 4,563.00
2	EJE TROCHA 77.5	1.0	UND	S/. 2,636.40	S/. 2,636.40
3	LLANTA SUPER SINGLE	6.0	UND	S/. 596.30	S/. 3,577.80
4	VIGA H 14x53 ( 6 metros)	1.0	UND	S/. 1,014.00	S/. 1,014.00
5	KIT CANAL DE SUSPENSION	1.0	UND	S/. 300.00	S/. 300.00
ITEM	INSUMOS	CANTIDAD	UND	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	ROLLO DE ALAMBRE	3.00	UND.	S/. 120.00	S/. 360.00
2	BALON DE MEZCLA	1.00	UND.	S/. 271.00	S/. 271.00
3	BALON DE ACETILENO	1.00	UND.	S/. 743.00	S/. 743.00
4	BALON DE OXIGENO	2.00	UND.	S/. 100.00	S/. 200.00
5	KG SOLDADURA 7018	10.00	KG	S/. 14.00	S/. 140.00
6	KG SOLDADURA 6011	10.00	KG	S/. 13.00	S/. 130.00
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	5.00	UND.	S/. 14.00	S/. 70.00
8	DISCO DE DESBASTE DE 4"	5.00	UND.	S/. 5.00	S/. 25.00
9	PINTURA GLOSS	3.00	UND.	S/. 55.00	S/. 165.00
10	BASE AL ACEITE GRIS	3.00	UND.	S/. 40.00	S/. 120.00
11	BOTE DE MACILLA 4Kg	2.00	UND.	S/. 65.00	S/. 130.00
				TOTAL	S/. 16,445.20
				COSTOS FIJOS 10%	S/. 1,644.52
				FINAL	S/. 18,089.72

Fuente: Elaboración propia

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos.

Se detalla a continuación los resultados de la investigación, teniendo en cuenta los cálculos y selección de componentes, pesos y medidas correspondiente a la unidad modificada.

Tabla 10 Distribucion de pesos semirremolque modificado

DESCRIPCION DE CARGAS TOTALES EN UNIDAD MODIFICADA			
	KING PIN (Kg)	EJE TRIPLE (Kg)	CARGA BRUTA TOTAL (Kg)
POR DISTRIBUCION	14138	25411	
PESO DE EJES	-	1050	
PESO DE SUSPENSIONES	-	495	
SUMATORIA	14138	26956	41094

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 11 Pesos máximos permitidos con bonificación

DESCRIPCION DE CARGAS PERMITIDAS SEGÚN REGLAMENTO NACIONAL DE VEHICULOS CON BONIFICACION DEL 10%		
KING PIN (Kg)	EJE TRIPLE (Kg)	CARGA TOTAL (Kg)
19800	27500	47300

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 12 Cargas totales en unidad original

DESCRIPCION DE CARGAS TOTALES EN UNIDAD ORIGINAL			
	KING PIN (Kg)	EJE DOBLE (Kg)	CARGA BRUTA TOTAL (Kg)
POR DISTRIBUCION	9802	23418	
PESO DE EJES	-	700	
PESO DE SUSPENSIONES	-	330	
SUMATORIA	9802	24448	34250

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 13 Medidas finales de semirremolque modificado

MEDIDAS FINALES DE SEMIRREMOLQUE	
DESCRIPCION	LONGITUD (mm)
Longitud Total	11090.00
Frontal a King pin	500.00
Frontal a Eje triple	9000.00
Frontal a centro de carga	6002.50
Frontal a centro de piña (brazo frontal)	3075.00
Frontal a centro de piña (brazo posterior)	8930.00

Fuente: Elaboración propia

Se determino el nuevo conjunto rodante con la configuración vehicular: T3S3.

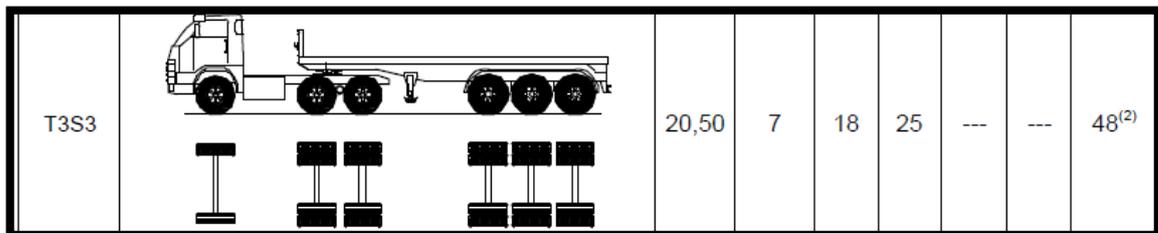


Figura 41 Configuración vehicular del nuevo conjunto rodante

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Resultados inferenciales.

### Comparativa de costos por fabricación y modificación estructural.

La fabricación de un semirremolque con las características indicadas, de acuerdo a los precios actuales del mercado, tres ejes, suspensión neumática aros y llantas super single se dan de acuerdo a la siguiente tabla:

*Tabla 14 Presupuesto fabricacion*

PRESUPUESTO EN DOLARES POR FABRICACION DE PORTA CONTENEDOR			
	SEMIRREMOLQUE ESTRUCTURA, ACCESORIOS Y SUSPENSION	LLANTAS SUPERSINGLE (6 UND)	MONTO TOTAL
MONTO EN DOLARES	USD 17,000.00	USD 1,060.00	<b>USD 18,060.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- Presupuesto proyecto de modificación: 18,089.72 soles.
- Tipo de cambio (diciembre de 2019) :3.355
- Presupuesto proyecto de modificación: **5,351.98 dólares.**

Por lo tanto, la modificación estructural es equivalente al 29 % del presupuesto de fabricación.

## **VI. DISCUSION DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación y demostración de la Hipótesis con los resultados**

De los resultados descritos, observamos que la unidad modificada es capaz de transportar un isotanque con peso máximo de 36 toneladas, debido a que, según la tabla de pesos máximos permitidos, la carga en el conjunto de ejes se encuentra dentro del rango de cargas máximas.

**Tabla 15 Contrastación de resultados -Hipótesis**

HIPOTESIS	RESULTADO
Si se modifica la estructura del chasis semirremolque cama baja entonces será posible aumentar la capacidad de carga de 30 a 36 toneladas.	La capacidad de carga del semirremolque porta contenedor aumento su carga en un 20 % obteniendo una carga útil final de 36 toneladas, esto debido a la modificación estructural del chasis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se determina la configuración vehicular del conjunto rodante entonces será posible soportar la nueva capacidad de carga requerida.</li> </ul>	Se determino la configuración vehicular T3S3 con bonificación del 10%, con la cual es posible soportar las cargas en los apoyos de la unidad semirremolque modificada, la cual tiene una capacidad de 36 toneladas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se realiza el cálculo de distribución de cargas, podrá ser posible seleccionar correctamente los componentes y accesorios para satisfacer la carga requerida.</li> </ul>	La nueva distribución de cargas nos indica la capacidad que requiere cada eje para el requerimiento de carga deseada, con ello es posible realizar la selección de componentes y accesorios (ejes, suspensión, neumático)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al realizar el modelado y estudio de la modificación estructural mediante software será posible verificar el cumplimiento del requerimiento de carga.</li> </ul>	Se obtuvo un factor de seguridad mayor a 2.5, el cual fue posible gracias al modelado y simulación por métodos numéricos bajo el programa de diseños FUSION 360.

*Fuente: Elaboración propia*

## **6.2. Contrastación de la Hipótesis con otros estudios similares.**

Se realiza la comparativa de las hipótesis planteadas relacionando las conclusiones de estudios similares:

Tabla 16 Contrastacion hipotesis estudios simialres

<b>HIPOTESIS</b>	<b>ESTUDIO</b>	
	<b>TITULO</b>	<b>CONCLUSION</b>
<i>Si se modifica la estructura del chasis semirremolque cama baja entonces será posible aumentar la capacidad de carga de 30 a 36 toneladas.</i>	“Diseño de un semirremolque furgón de Transporte de bebidas para alcanzar una carga útil mayor a 30Tn Aje – Lima” Autor: Vargas Chavez, Víctor Johnceff	Es posible obtener una mayor capacidad de carga mejorando los materiales de fabricación para el chasis y estructuras del semirremolque
<b>HIPOTESIS</b>	<b>ESTUDIO</b>	
	<b>TITULO</b>	<b>CONCLUSION</b>
<i>Si se realiza el cálculo de distribución de cargas, podrá ser posible seleccionar los componentes y accesorios para satisfacer la carga requerida.</i>	“Diseño asistido por Computadora de una Plataforma Cama Baja de Cuello Desmontable con Capacidad de 45 Toneladas Usando los Programas SAP2000 y ANSYS”, Autores: Gonzalo Xavier Sotomayor Venegas, Manuel Alejandro Padilla Nieto	Es posible usar programas como herramientas de diseño, con métodos de elementos finitos, con los cuales se pueden determinar deformaciones y esfuerzos en componentes de una estructura semirremolque

*Fuente: Elaboración propia*

### **6.3. Responsabilidad ética.**

El presente documento ha sido desarrollado bajo las conductas idóneas y respetuosas correspondientes a fin de cumplir con el código de ética profesional.

## **CONCLUSIONES**

- Se obtuvo el aumento de capacidad requerida de 36 toneladas, debido a la modificación estructural del chasis.
- Las características del sistema rodante se definieron con la configuración vehicular T3S3.
- Para poder obtener la capacidad requerida se requirió del aumento de un eje en la zona posterior, además de cambiar los neumáticos por neumáticos extra anchos.
- Se verificó el factor de seguridad de la nueva configuración gracias a los cálculos por elementos finitos bajo el software FUSION 360.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar los ensayos no destructivos posterior al desarrollo de la modificación estructural, a fin de obtener certificación del proceso realizado.
- Se recomienda el mantenimiento periódico de los puntos de giro en suspensión neumática.
- Se recomienda realizar los trabajos descritos bajo las normas de seguridad.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**(Sotomayor Venegas & Padilla Nieto)** Diseño asistido por Computadora de una Plataforma Cama Baja de Cuello Desmontable con Capacidad de 45 Toneladas Usando los Programas SAP2000 y ANSYS. Escuela superior politécnica del litoral – Guayaquil, Ecuador,

**(Rodriguez Herrera)** Diseño de un Semi-Remolque de dos Niveles para la Transportación de Pallets. Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil-Ecuador.

**(Reglamento Nacional de Vehiculos N° 058, 2003)** Reglamento nacional de vehículos. Ds N° 058-2003-mtc. Lima.

**(Specification for structural steel buildings, 2010)** 360-10 ANSI-AISC, 2010

**(Mott, 2009)** Diseños de elementos de máquina, Robert Mott, 2009

**(Norma Tecnica Peruana NTP 383.021, 1980)** Norma técnica peruana NTP 383.021, 1980.

**(Veronica & Jing, 2000)** Deformaciones en vigas, Verónica Veas B.; Jing Chang Lou, 2000.

**(Semirremolques Kaufmann) [línea]**

<https://www.kaufmann.cl/rodados/tremac/sr-cama-baja-50-toneladas-cargofast/>

**(Carlos Boero) [línea]**

<http://carlosboero.com.ar/suspensiones>

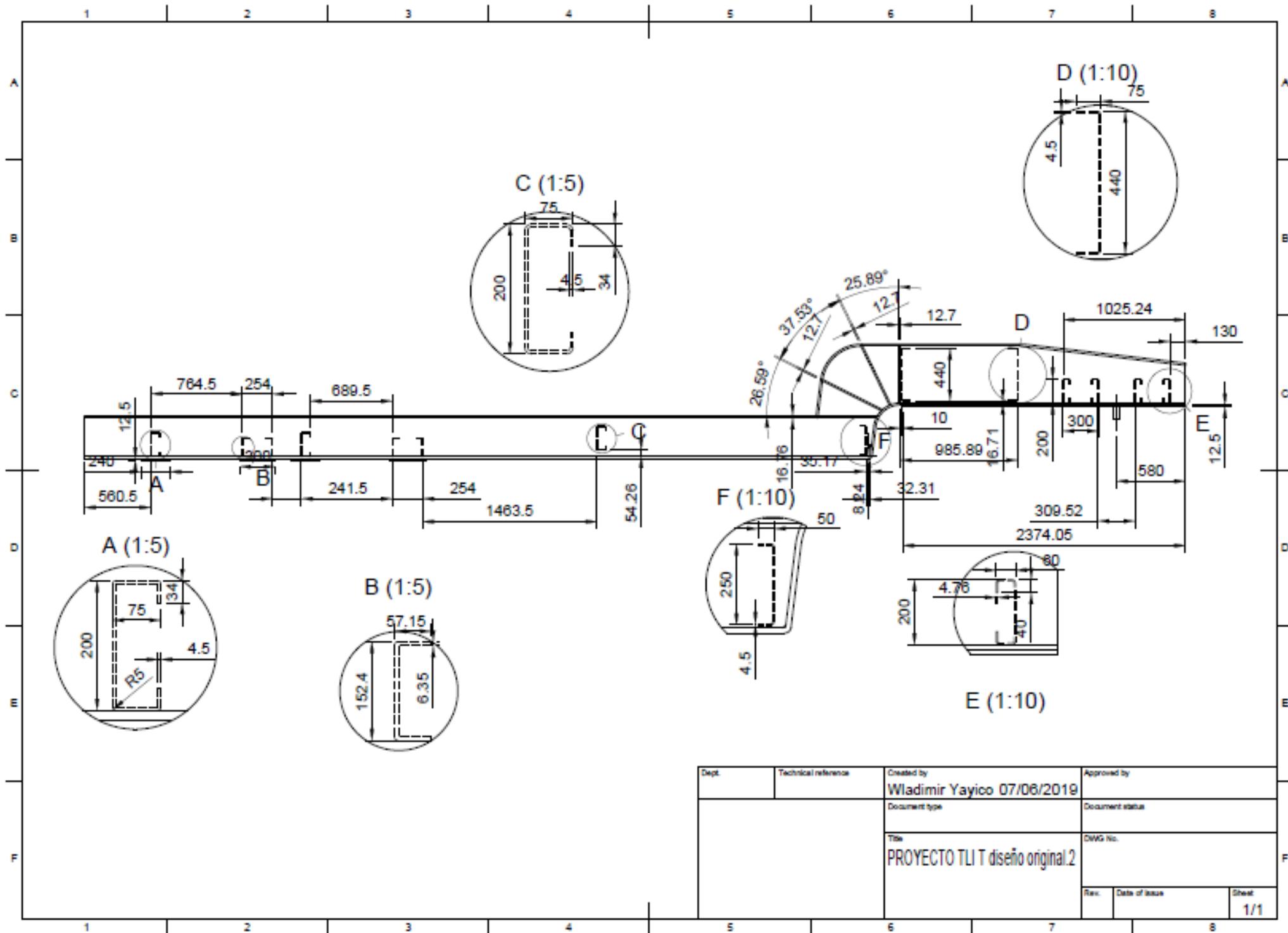
**(Transportes y camiones-Freightliner) [línea]**

[www.transportecarretero.com.uy/camiones/freightliner-m2-112-tractor-410-hp.html](http://www.transportecarretero.com.uy/camiones/freightliner-m2-112-tractor-410-hp.html)

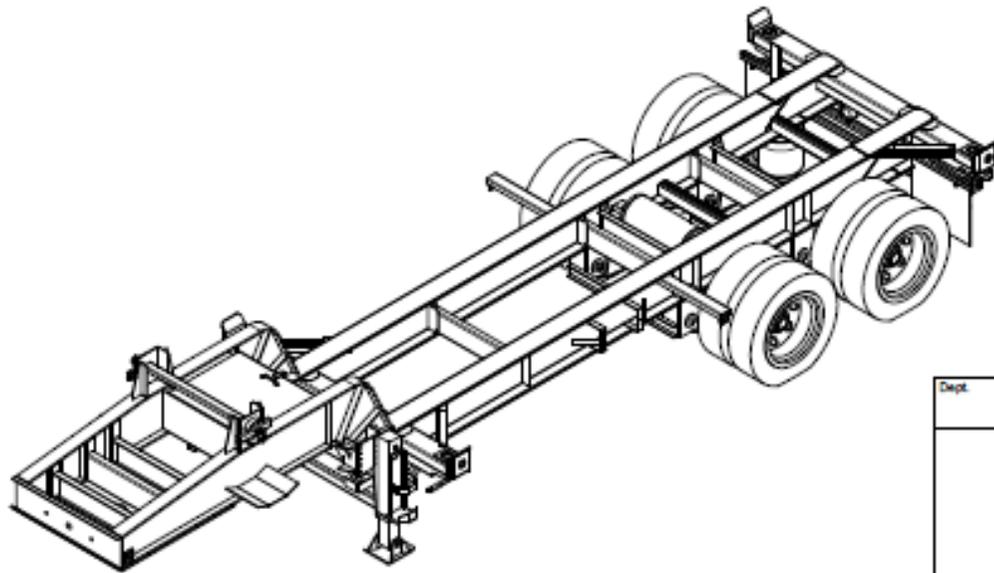
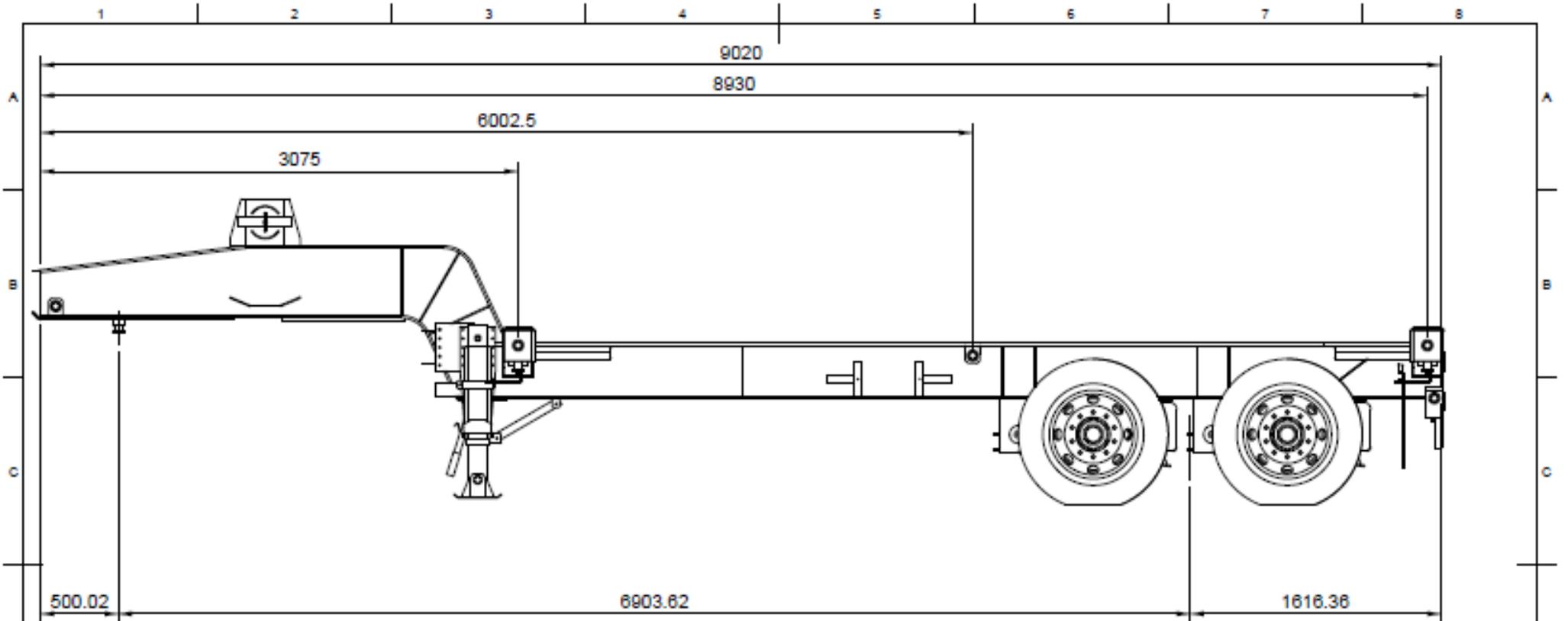
## ANEXOS

1. FORMULACION	2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	4. VARIABLES E INDICADORES	5. DISEÑO Y TIPO INVESTIGACION
<b><u>PROBLEMA GENERAL</u></b>	<b><u>OBJETIVO GENERAL</u></b>	<b><u>FORMULACION DE LA HIPOSTESIS</u></b>	<b><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></b>	<b>Tipo de Investigación:</b> Investigacion tecnologica
¿Cómo modificar estructuralmente la unidad semirremolque portacontenedor tipo cama baja para aumentar su capacidad de carga de 30 a 36 toneladas?	Modificar estructuralmente el chasis del semirremolque portacontenedor tipo cama baja para aumentar su capacidad de carga de 30 a 36 toneladas.	<b><u>HIPOTESIS GENERAL:</u></b> Si se modifica la estructura del chasis semirremolque cama baja entonces será posible aumentar la capacidad de carga de 30 a 36 toneladas.	Capacidad de carga  <b><u>INDICADORES</u></b> Toneladas, carga util	
<b><u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u></b>	<b><u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u></b>	<b><u>HIPOTESIS ESPECIFICA:</u></b>	<b><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></b>	
a) ¿Cuál es la configuración vehicular del conjunto rodante para soportar la nueva capacidad de carga?	a) Determinar la configuración vehicular del sistema rodante para la nueva distribución de carga requerida.	a) Si se determina la configuración vehicular del conjunto rodante entonces será posible soportar la nueva capacidad de carga requerida.	Modificación estructural de chasis	<b>Diseño de investigación:</b> Experimental
b) ¿Cómo modificar el sistema rodante para una mejor distribución de la carga requerida?	b) Ubicar los componentes del sistema rodante según la nueva distribución de carga requerida.	b) Si se realiza el cálculo de distribución de cargas, podrá ser posible seleccionar correctamente los componentes y accesorios para satisfacer la carga requerida.	<b><u>INDICADORES</u></b>	
c) ¿Cómo verificar que la estructura modificada tenga un comportamiento óptimo para la capacidad deseada?	c) Verificar que la estructura modificada cumpla de forma óptima el requerimiento de carga.	c) Al realizar el modelado y estudio de la modificación estructural mediante software será posible verificar el cumplimiento del requerimiento de carga.	Resistencia de materiales y espesores Característica de Componentes: Neumaticos, suspension, eje.	

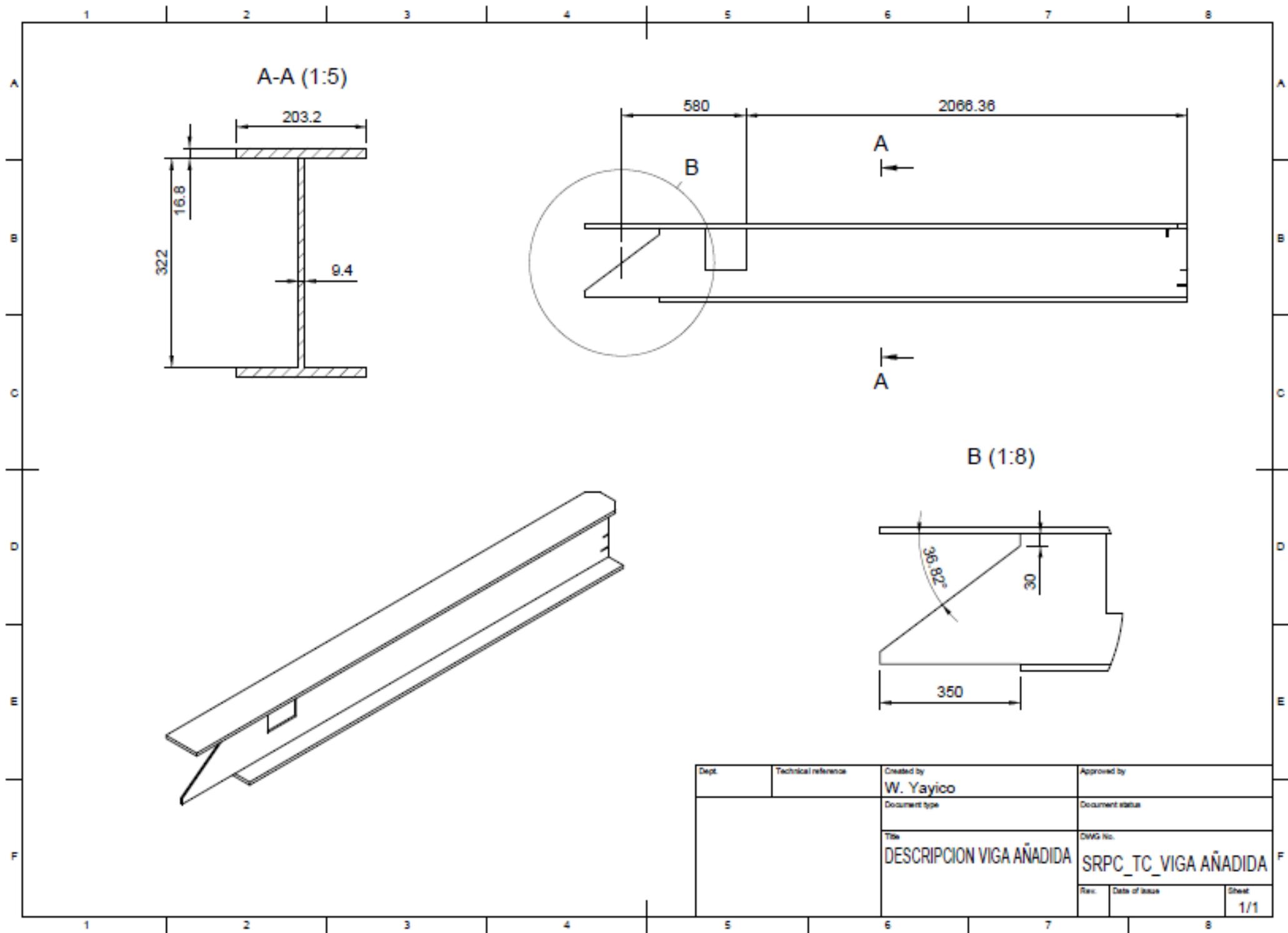
Tabla 17 Matriz de consistencia



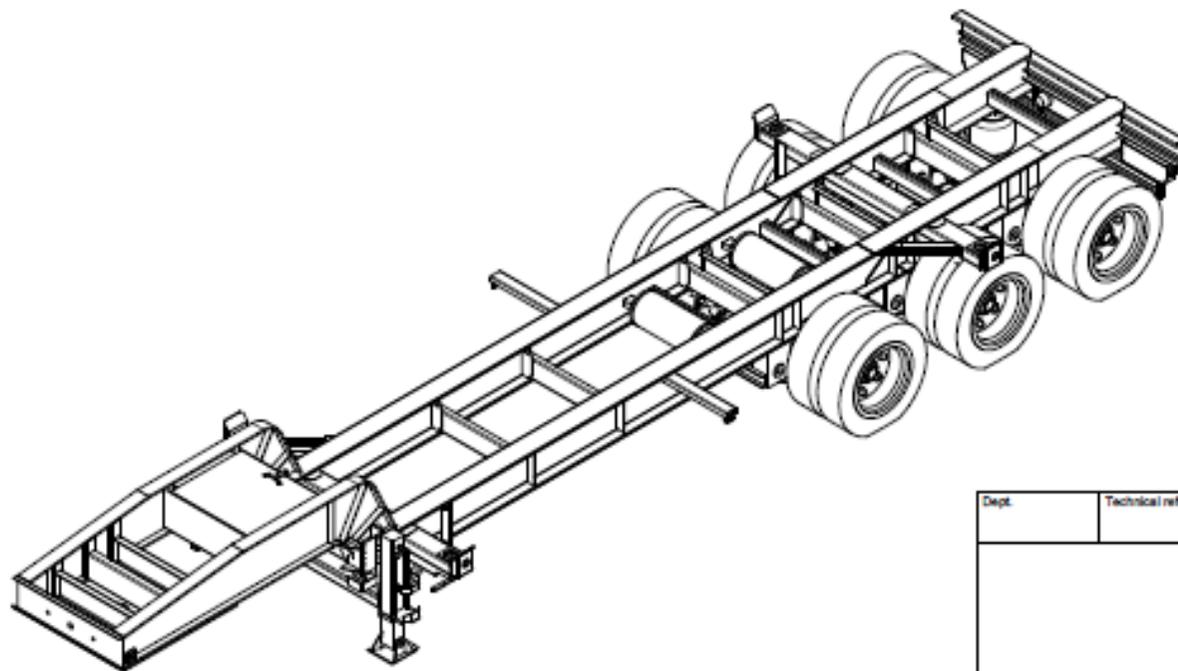
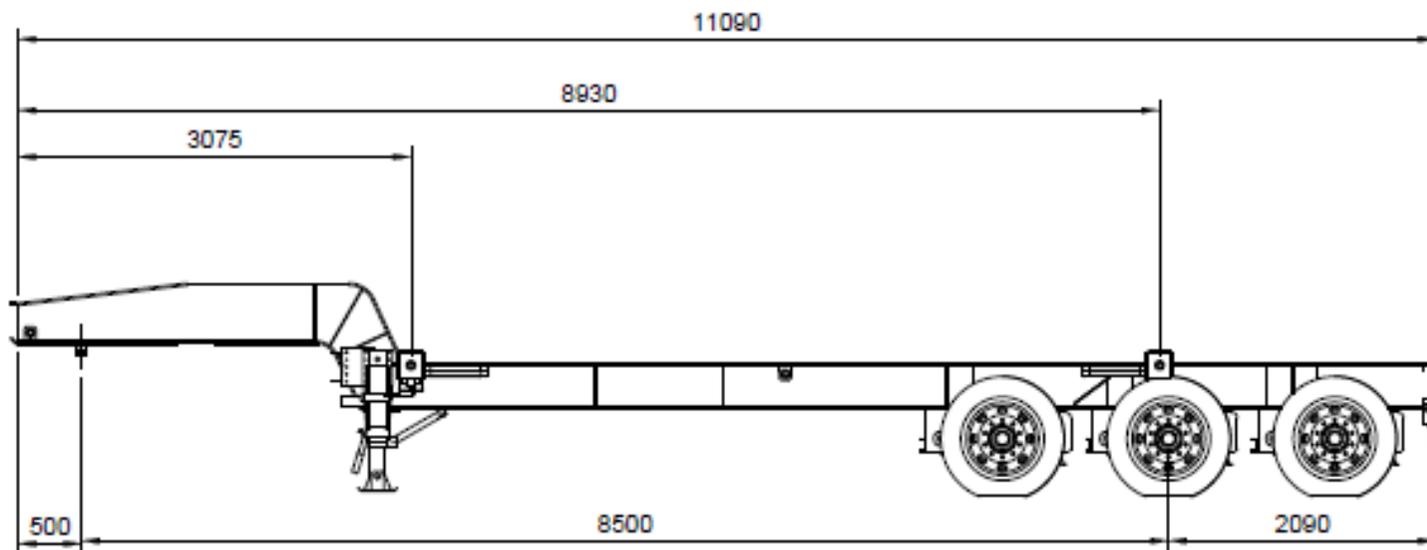
Dept.	Technical reference	Created by Wladimir Yayico 07/06/2019	Approved by
		Document type	Document status
		Title PROYECTO TLI T diseño original.2	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet 1/1



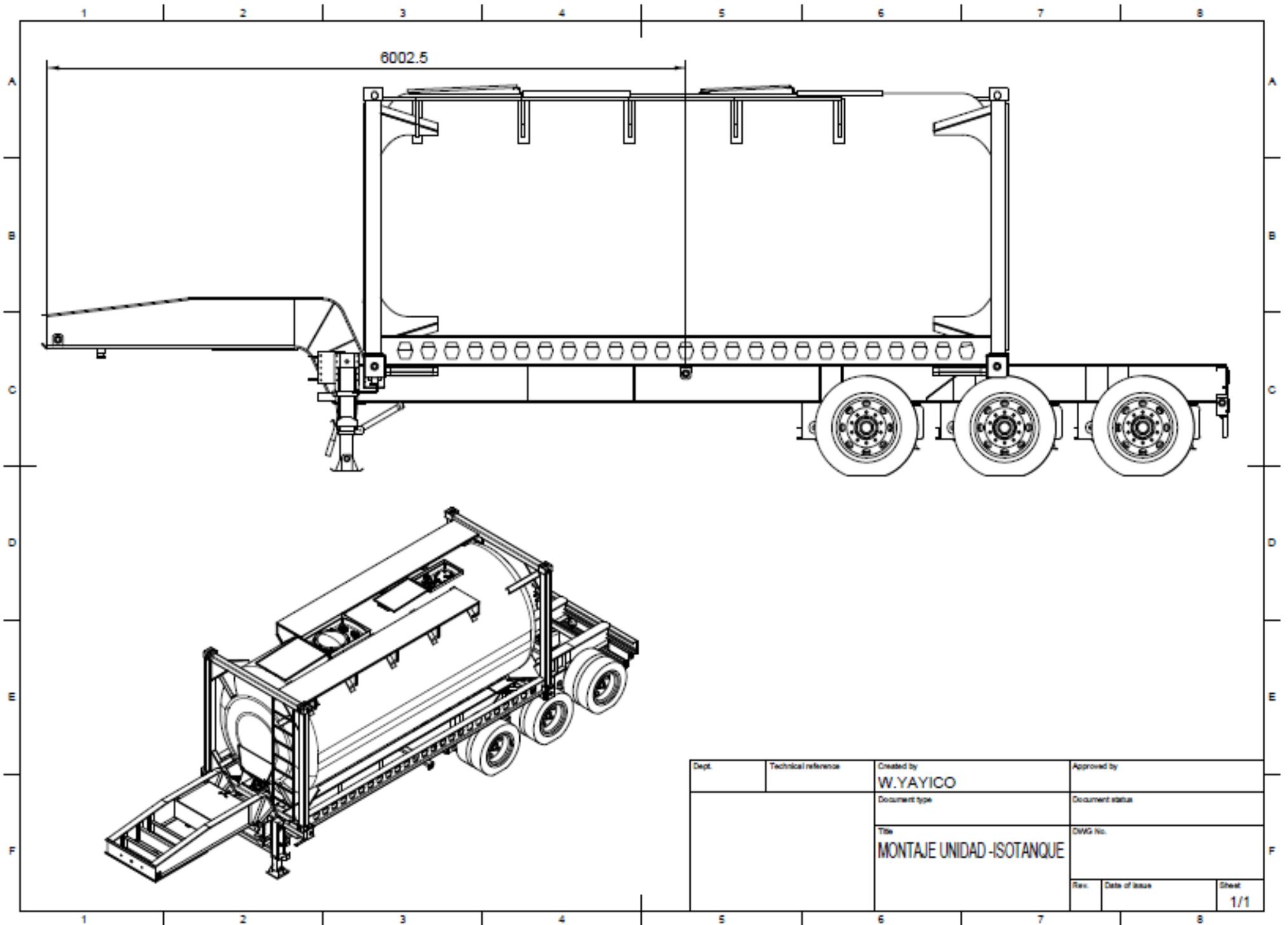
Dept.	Technical reference	Created by <b>W. YAYICO</b>	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>MEDIDAS ORIGINALES</b>	DWG No. <b>SRPC_TC_001</b>
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



Dept.	Technical reference	Created by <b>W. Yayico</b>	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>DESCRIPCION VIGA AÑADIDA</b>	DWG No. <b>SRPC_TC_VIGA AÑADIDA</b>
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



Dept.	Technical reference	Created by <b>W.Yayico</b>	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>SEMIRREMOLQUE MODIFICADO</b>	DWG No. <b>SMRP_TP_MOD</b>
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



Dept.	Technical reference	Created by <b>W.YAYICO</b>	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>MONTAJE UNIDAD -ISOTANQUE</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>