

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CUELLO DESMONTABLE DE UN
SEMIREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE
CAPACIDAD**

PRESENTADO POR:

Bach. RODY BERTY CUYO LIPA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO**

ASESOR:

Mgt. Ing. ARTURO MACEDO SILVA

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada:.....

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CUELLO DESMONTABLE DE UN
SEMIRREMOQUE TIPO CAMA UNA DE 45 TONELADAS DE
CAPACIDAD

presentado por: CUYO LIPA, RODY BERTY con DNI Nro.: 77130514 presentado
por: con DNI Nro.: para optar el
título profesional/grado académico de INGENIERO MECÁNICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la**
UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o
título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 29 de Octubre de 2024



Firma

Post firma ARTURO MACEDO SILVA

Nro. de DNI 23821894

ORCID del Asesor 0000-0002-2794-949X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:399871674 ✓

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CUELLO D
ESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE
TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS D
E CA

AUTOR

RODY BERTY CUYO LIPA

RECuento DE PALABRAS

39949 Words

RECuento DE CARACTERES

203936 Characters

RECuento DE PÁGINAS

228 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

15.3MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 29, 2024 5:07 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 29, 2024 5:09 PM GMT-5

● 5% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados
- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente



PRESENTACIÓN

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO.

En cumplimiento con las disposiciones del reglamento de grados y títulos vigente regidas en
nuestra casa de estudios, doy a conocer el trabajo de investigación intitulado: “DISEÑO
ESTRUCTURAL DE UN CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO
CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD” para optar el título profesional de
Ingeniero Mecánico.

Bach. Rody Berty Cuyo Lipa

DEDICATORIA.

A mi padre Aurelio Cuyo M. (Q.E.P.D.) y a mi madre Aurelia Lipa M. por su constante apoyo, comprensión paciencia en el desarrollo de mi formación profesional y ser la razón mas importante para continuar con mi superación personal y profesional.

A mis hermanas Ruth Maritza y Keyko Sofia quienes compartimos alegrías y apoyo en los retos que emprendemos cada uno mostrando unidad y cariño.

A mis docentes, familiares y amigos, quienes compartieron su conocimiento y sus palabras de aliento sin esperar nada a cambio.

AGRADECIMIENTO.

Siempre agradecido primero a Dios por brindarme vivir este momento, a mi madre, a mis hermanas, amigos por brindarme su apoyo incondicional. Especial agradecimiento a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, por ser parte de mi formación profesional y en particular a mi asesor Ingeniero Arturo Macedo Silva por el apoyo y orientación que me brindo en el desarrollo de la presente tesis.

RODY BERTY CUYO LIPA

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad el estudio del comportamiento mecánico de una estructura sometida a cargas externas, para lo cual se considero conveniente seleccionar al estudio de la teoría de falla y al método de elementos finitos como medios mas adecuados para abordar este fenómeno. Durante el estudio se determino las deformaciones y esfuerzos los cuales definen el comportamiento de las cargas presentes en la estructura de un cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna.

Es posible distinguir que el trabajo contiene dos partes muy bien definidas. La primera parte consiste en el análisis estático de la estructura, considerando la geometría, cargas existentes, material aplicado para la fabricación, los componentes de la estructura y la soldadura a aplicar. La segunda parte consiste en un análisis dinámico partiendo en la modelación de la estructura buscando conocer las deformaciones, Esfuerzos y modos de vibración que definir su comportamiento basado en un factor de seguridad. Los resultados obtenidos muestran que el comportamiento del cuello desmontable se encuentra en zona elástica sin llegar a tener frecuencia de vibración que produzcan resonancia.

PALABRAS CLAVE: SEMIRREMOLQUE, RESONANCIA, TENSIONES, DEFORMACIONES.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the mechanical behavior of a structure subjected to external loads. To achieve this, it was deemed appropriate to focus on the study of failure theory and the finite element method as the most suitable approaches to address this phenomenon. During the study, deformations and stresses were determined, which define the behavior of the loads present in the structure.

It is possible to distinguish that the work consists of two well-defined parts. The first part involves the static analysis of the structure, considering the geometry, existing loads, material used for manufacturing, the components of the structure, and the welding to be applied. The second part involves a dynamic analysis, starting with the modeling of the structure to understand the deformations, stresses, and vibration modes that define its behavior based on a safety factor. The results obtained show that the behavior of the detachable neck remains in the elastic zone, without reaching vibration frequencies that would cause resonance.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
--------------------	----

CAPITULO I: GENERALIDADES

1. ÁREA PROBLEMÁTICA	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	24
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS	24
1.3. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS	25
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	25
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.4. JUSTIFICACIÓN	26
1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	32
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	32
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	32
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES	33
1.7. ANTECEDENTES	33
1.7.1. ANTECEDENTES NACIONALES	34
1.7.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	35
1.8. METODOLOGÍA	36
1.9. VARIABLES	38

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2. CONCEPTO DE VEHÍCULOS DE ALTO TONELAJE	39
2.1. SEMIRREMOLQUE	39
2.2. TIPOS DE SEMIRREMOLQUE	39

2.3. ELEMENTOS DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	42
2.3.1. CUELLO DESMONTABLE	42
2.3.2. MESA DE CARGA	45
2.4. EL ACERO	47
2.4.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO	48
2.4.2. CLASIFICACIÓN DE ACEROS AL CARBONO	50
2.4.2.1. NORMA ASTM	50
2.4.2.2. ACERO DE ALTA RESISTENCIA	52
2.5. SOLDADURA	54
2.5.1. TIPOS DE SOLDADURA	55
2.5.2. APORTACIÓN DE ENERGÍA EN LA SOLDADURA	56
2.6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	57
2.6.1. TEORÍA DE FALLA	59
2.6.2. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	62

CAPITULO III: PARÁMETROS DE DISEÑO DEL CUELLO DESMONTABLE

DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA

3. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL CUELLO DESMONTABLE	63
3.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SEMIRREMOLQUE	
TIPO CAMA CUNA	63
3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CUELLO DESMONTABLE	
DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	65
3.2.1. SELECCIÓN DE MODELO DEL CUELLO DESMONTABLE DEL	
SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	65
3.2.2. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MODELOS DEL CUELLO	
DESMONTABLE	68

3.3. SELECCIÓN DE MATERIAL A UTILIZAR EN EL CUELLO	
DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	70

CAPITULO IV: DISEÑO ESTÁTICO DEL CUELLO DESMONTABLE EN UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD

4. DISEÑO ESTÁTICO DEL CUELLO DESMONTABLE EN UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	74
4.1. DISPOSICIONES DE DISEÑO	74
4.1.1. CARGAS Y COMBINACIÓN DE CARGAS	74
4.1.2. APLICACIÓN DE CARGAS	75
4.2. DISEÑO ESTÁTICO DEL CUELLO DESMONTABLE	76
4.2.1. GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA	76
4.2.2. DETERMINACIÓN DE CARGAS	78
4.2.3. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE ESTRUCTURA	79
4.2.3.1. CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ESTRUCTURA	79
4.2.3.2. REACCIONES POR CARGA MUERTA EN LA ESTRUCTURA ...	84
4.2.3.3. REACCIONES POR CARGA VIVA EN LA ESTRUCTURA	87
4.2.3.4. DISEÑO DE LOS LARGUEROS PRINCIPALES	89
4.2.3.5. DISEÑO DE LOS PUENTES TRANSVERSALES	98
4.2.3.6. DISEÑO DE LA PLANCHA DE ARRASTRE	104
4.2.3.7. DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL DE BASCULACIÓN	107
4.2.3.8. CALCULO DE SOLDADURA	112
4.2.3.9. APORTE DE CALOR EN LA SOLDADURA	117

CAPITULO V: MODELADO ESTRUCTURAL DEL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD.

5. MODELADO DE LA ESTRUCTURA DEL CUELLO DESMONTABLE	120
5.1. CONDICIONES DE BORDE	121

5.2. MODELADO DE LA ESTRUCTURA	121
5.2.1. CONDICIONES INICIALES DEL MODELADO	125
5.3. DISCRETIZACIÓN	127
5.3.1. SIMULACIÓN ESTÁTICA DEL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	128
5.3.1.1. TENSIONES EN EL CUELLO DESMONTABLE	128
5.3.1.2. DEFORMACIONES EN EL CUELLO DESMONTABLE	129
5.3.1.3. FACTOR DE SEGURIDAD	130
5.3.2. SIMULACIÓN ESTÁTICA DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	131
5.3.2.1. TENSIONES EN EL SEMIRREMOLQUE	131
5.3.2.2. DEFORMACIONES EN EL SEMIRREMOLQUE	132

CAPITULO VI: ANÁLISIS DINÁMICO DEL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD

6. ANÁLISIS DINÁMICO DEL CUELLO DESMONTABLE	133
6.1. CALCULO DE FRECUENCIAS NATURALES DE VIBRACIÓN EN EL CUELLO DESMONTABLE	133
6.2. CALCULO DE FRECUENCIAS NATURALES DE VIBRACIÓN EN EL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	140
6.3. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA	148
6.3.1. CURVA DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL NEUMÁTICO DELANTERO DEL TRACTO REMOLCADOR – TIEMPO	154
6.3.2. CURVA DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL NEUMÁTICOS POSTERIORES DEL SEMIRREMOLQUE - TIEMPO	155
6.3.3. CURVA DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LA MASA DEL SEMIRREMOLQUE -TIEMPO	155

6.3.4. CURVA VELOCIDAD VERTICAL DE LA MASA DEL SEMIRREMOLQUE – TIEMPO	156
--	-----

6.3.5. CURVA DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LA MASA DEL SEMIRREMOLQUE – FRECUENCIA DE EXCITACIÓN	157
---	-----

CAPITULO VII: ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD.

7. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE FABRICACIÓN DEL CUELLO DESMONTABLE	166
7.1. COSTOS DE MATERIA PRIMA	166
7.2. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA	167
7.3. COSTOS DE FABRICACIÓN	168
7.4. COSTOS DE CONSUMIBLES	168
7.5. COSTOS TOTAL	169

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1. CONCLUSIONES	170
8.2. RECOMENDACIONES	174

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1	Propiedades del acero A-36.....	50.
Tabla 2.2	Composición química del acero A-36	51
Tabla 2.3	Propiedades del acero A-572 GRADO 50.....	51
Tabla 2.4	Composición química del acero A-572 GRADO 50.....	51.
Tabla 2.5	Propiedades mecánicas del acero STRENGTH 700.....	53.
Tabla 2.6	Propiedades mecánicas del acero STRENGTH 900.....	53.
Tabla 2.7	Composición química del acero STRENGTH	53
Tabla 2.8	Propiedades mecánicas del acero HARDOX 500.....	54
Tabla 2.9	Composición química de acero HARDOX 500	54
Tabla 3.1	Pesos de equipos de maquinaria pesada	63
Tabla 3.2	Criterio de selección del cuello desmontable	69
Tabla 3.3	Evaluación de criterios de selección del cuello desmontable	70
Tabla 3.4	Criterio para la selección de material a utilizar	72
Tabla 3.5	Selección de material a utilizar en la fabricación del cuello desmontable ...	73
Tabla 4.1	Representación de los pesos de la estructura cuello desmontable	78
Tabla 4.2	Ubicación del centro de gravedad de los elementos del cuello desmontable	80
Tabla 4.3	Centro de gravedad de la platina en el cuello desmontable	81
Tabla 4.4	Ubicación de los centros de gravedad de la caja de soporte en el cuello desmontable	82
Tabla 4.5	Centro de gravedad de los componentes adicionales en el cuello desmontable	83
Tabla 4.6	Centros de gravedad de las platinas en el cuello desmontable	83
Tabla 4.7	Reacciones de la carga muerta y carga viva en el cuello desmontable	88
Tabla 4.8	Reacciones que actúan en el larguero principal del cuello desmontable	89
Tabla 4.9	Secciones en el cuello desmontable frente a los fuerzas cortantes y momentos flectores	94
Tabla 4.10	Valores de la fuerza cortante y momento flector en el puente transversal .	102

Tabla 4.11 Valores máximos de cortante y momento flector en el eje de basculación del cuello desmontable	110
Tabla 7.1 Descripción de costos de la materia prima a utilizar en la fabricación del cuello desmontable	170
Tabla 7.2 Programa de producción para la fabricación del cuello desmontable	171
Tabla 7.3 Costos de mano de obra para la fabricación del cuello desmontable	172
Tabla 7.4 Costes de consumibles para la fabricación del cuello desmontable	172
Tabla 7.5 Costo total en la fabricación del cuello desmontable del semirremolque tipo cama cuna	13

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1 Semirremolque tipo cama cuna de 04 ejes.....	18
Figura 1.2 Semirremolque desacoplado de la mesa de carga.....	19
Figura 1.3 Cuello desmontable semirremolque cama.....	20.
Figura 1.4 Mesa de carga en un semirremolque tipo cama cuna.....	20
Figura 1.5 Semirremolque tipo cama cuna.....	21
Figura 1.6 cuello desmontable desacoplado de la mesa de carga en un semirremolque cama cuna	21
Figura 1.7 Acceso de carga en la estructura de un semirremolque cama cuna	22.
Figura 1.8 Acople del cuello desmontable con la mesa de carga es un Semirremolque Cama cuna	22
Figura 1.9 Posición de trabajo de un semirremolque cama cuna	22
Figura 1.10. Fractura del cuello desmontable en un semirremolque cama cuna	27
Figura 1.11. Falla por sobre carga en elementos del cuello desmontable en un Semirremolque cama cuna	27
Figura 1.12. Separación de partes del cuello desmontable debido a la vibración en un semirremolque cama cuna	28
Figura 1.13. Desgaste por fricción en la parte inferior del cuello desmontable en un semirremolque cama cuna	28
Figura 1.14. Fisura critica por el cordón de soldadura en el soporte del cuello desmontable en un semirremolque cama cuna	29
Figura 1.15. Deformación de la zona de articulación entre el cuello desmontable y la mesa de carga en un semirremolque	29
Figura 1.16. Desalineamiento de los ejes de basculación del cuello desmontable producido por grandes cargas existentes de trabajo en un semirremolque cama cuna	30
Figura 1.17. Deformación permanente en zonas de un cuello desmontable en un semirremolque cama cuna	30
Figura 2.1. Unidad tipo semirremolque acoplado a un tracto remolcador	39

Figura 2.2. Semirremolque tipo plataforma	40
Figura 2.3. Semirremolque tipo cisterna	40
Figura 2.4. Semirremolque tipo cama baja	41
Figura 2.5 Semirremolque tipo cama cuna	41
Figura 2.6 Componentes de un cuello desmontable	42
Figura 2.7 Plancha de frotamiento de un cuello desmontable	43
Figura 2.8 Largueros principales de un cuello desmontable	44
Figura 2.9 Eje de basculación de un cuello desmontable	44
Figura 2.10 Caja de soporte posterior de un cuello desmontable	45
Figura 2.11 Suspensión mecánica de un semirremolque tipo cama cuna	46
Figura 2.12 Suspensión neumática de un semirremolque tipo cama cuna	47
Figura 2.13 Diagrama esfuerzo deformación del acero	49
Figura 2.14 SSAB una empresa siderúrgica	52
Figura 2.15 Factores de diseño para el diseño estructural	59
Figura 3.1 Vista lateral dimensiones de la mesa de carga en un semirremolque tipo cama cuna	64
Figura 3.2 Vista de planta dimensiones de la mesa de carga en un semirremolque tipo cama cuna	64
Figura 3.3 Modelo de cuello desmontable tipo acople directo PIN-OREJA	66
Figura 3.4 Modelo de cuello desmontable tipo acople PIN-OREJA con una caja de soporte posterior	67
Figura 3.5 Modelos de cuello desmontable con acople rápido tipo unas	68
Figura 4.1 Representación de carga muerta de un semirremolque tipo cama cuna	75
Figura 4.2 Representación de la carga viva en un semirremolque tipo cama cuna	75
Figura 4.3 Geometría del cuello desmontable para el análisis	76
Figura 4.5 Vista frontal del cuello desmontable	77
Figura 4.6 Vista lateral del cuello desmontable	77
Figura 4.7 Vista de planta del cuello desmontable	77
Figura 4.8 Representación de la carga muerta en el cuello desmontable	78
Figura 4.9 Geométrica simétrica en la estructura del cuello desmontable	79

Figura 4.10 Seccionamiento del cuello desmontable	80
Figura 4.11 Vista en corte del cuello desmontable marcando la ubicación de la caja de soporte posterior	81
Figura 4.12 Dimensiones de la caja de soporte posterior del cuello desmontable	82
Figura 4.13 Sección de la caja de soporte posterior	82
Figura 4.14 Centro de gravedad del cuello desmontable	84
Figura 4.15 Reacciones de la carga muerta en el semirremolque tipo cama cuna	85
Figura 4.16 Reacciones de la carga muerta en el cuello desmontable	86
Figura 4.17 Reacciones de la carga viva en el semirremolque tipo cama cuna	87
Figura 4.18 Reacciones de la carga viva en el cuello desmontable	88
Figura 4.19 Secciones en el cuello desmontable frente a las fuerzas cortantes y momentos flectores	90
Figura 4.20 Diagrama de fuerza cortante para el cuello desmontable en carga muerta	93
Figura 4.21 Diagrama de momentos flectores para el cuello desmontable en carga muerta	93
Figura 4.22 Diagrama de fuerza cortante para el cuello desmontable en carga viva	93
Figura 4.23 Diagrama de momento flector para el cuello desmontable en carga viva	94
Figura 4.24 Localización de la zona del larguero de menor dimencion en el cuello desmontable	96
Figura 4.25 Dimensiones de la viga “H” en la zona de menor dimencion en el cuello desmontable	96
Figura 4.26 Comportamiento interno de la viga frente a carga mecánica	96
Figura 4.27 Ubicación de los puentes transversales en el cuello desmontable	99
Figura 4.28 Puente transversal tipo C ubicado en el cuello desmontable	99
Figura 4.29 Diagrama de fuerza cortante en el puente transversal del cuello desmontable en carga muerta	100

Figura 4.30 Diagrama de momento flector en el puente transversal para el cuello desmontable en carga muerta	100
Figura 4.31 Diagrama de fuerza cortante en el puente transversal del cuello desmontable en carga viva	100
Figura 4.32 Diagrama de momento flector en el puente transversal para el cuello desmontable en carga viva	100
Figura 4.33 Plancha de frotamiento donde esta ubicado el King-pin de nuestro cuello desmontable	104
Figura 4.34 Valor del factor de superficie	106
Figura 4.35 Dimensiones del eje basculante en el cuello desmontable	108
Figura 4.36 Fuerzas debido a la carga viva y carga muerta aplicada en el eje de basculación del cuello desmontable	108
Figura 4.37 Diagrama de fuerza cortante en el eje de basculación	110
Figura 4.38 Diagrama de momento flector en el eje de basculación	110
Figura 4.39 Valores de momento de área para la soldadura según geometría	113
Figura 4.40 Tamaño mínimo de soldadura	114
Figura 4.41 Valores de momento de área para la soldadura según geometría	115
Figura 4.42 Valores de la eficiencia térmica en soldadura	118
Figura 4.43 Valores de los parámetros de soldadura para un proceso M.A.G.	118
Figura 4.44 Relación entre el calor a aportado en soldadura para diferentes espesores de material base	119
Figura 5.1 Modelo computacional del cuello desmontable en el programa computacional SOLIDWORKS	121
Figura 5.2 Propiedades del acero STRENGTH 700 ingresado en el programa computacional SOLIDWORKS	122
Figura 5.3 Modelado de los largueros principales del cuello desmontable	122
Figura 5.4 Modelado del eje de basculación del cuello desmontable	123
Figura 5.5 Modelado de la caja de soporte posterior del cuello desmontable	123
Figura 5.6 Modelado de los puentes transversales ubicado en el cuello desmontable	123

Figura 5.7 Modelado de los ganchos de soporte de carga en el cuello desmontable	124
Figura 5.8 Modelado de la plancha de frotamiento en la parte frontal del cuello desmontable	124
Figura 5.9 Modelo de los refuerzos longitudinales en el larguero principal del cuello desmontable	124
Figura 5.10 Condición fija aplicada en la plancha de frotamiento del cuello desmontable	125
Figura 5.11 Punto de transferencia de carga de las orejas de soporte de carga del cuello desmontable	125
Figura 5.12 Ubicación del conector pasador pasante como eje de basculación del cuello desmontable	126
Figura 5.13 Aplicación de carga en la oreja de soporte del cuello desmontable	126
Figura 5.14 Aplicación del tipo de malla de geometría parabólica para el análisis del cuello desmontable	127
Figura 5.15 Distribución de tensiones en la estructura del cuello desmontable	128
Figura 5.16 Deformaciones de la estructura frente a las cargas aplicadas en el cuello desmontable	129
Figura 5.17 Factor de seguridad en el cuello desmontable	131
Figura 5.18 Tensiones en el semirremolque tipo cama cuna	132
Figura 5.19 Deformaciones en el semirremolque tipo cama cuan	132
Figura 6.1 Primer modo de vibración en el cuello desmontable.....	134
Figura 6.2 Vista de planta del primer modo de vibración del cuello desmontable	135
Figura 6.3 Segundo modo de vibración en el cuello desmontable	135
Figura 6.4 Vista lateral del segundo modo de vibración del cuello desmontable	136
Figura 6.5 Tercer modo de vibración en el cuello desmontable	136
Figura 6.6 Cuarto modo de vibración en el cuello desmontable	137
Figura 6.7 Vista de planta del cuarto modo de vibración del cuello desmontable	137
Figura 6.8 Quinto modo de vibración en el cuello desmontable	138

Figura 6.9 Vista lateral del quinto modo de vibración del cuello desmontable	138
Figura 6.10 Valores de las frecuencias naturales según el modo de vibración del cuello desmontable	139
Figura 6.11 Tracto remolcador VOLVO FH 6X2 Evolution plus 540CV	140
Figura 6.12 Centro de gravedad del tracto remolcador VOLVO FH 6X2	141
Figura 6.13 Centro de gravedad del tracto VOLVO FH 6X2 enganchado con el semirremolque tipo cama cuna	142
Figura 6.14 Modelos simplificado del tracto VOLVO FH 6X2 enganchado con el semirremolque tipo cama cuna	142
Figura 6.15 Primer modo de vibración en el semirremolque tipo cama cuna	143
Figura 6.16 Vista de planta del primer modo de vibración en el semirremolque tipo cama cuna	143
Figura 6.17 Segundo modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna	144
Figura 6.18 Vista de planta de segundo modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna	144
Figura 6.19 Tercer modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna	145
Figura 6.20 Vista de planta del tercer modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna	145
Figura 6.21 Cuarto modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna	145
Figura 6.22 Vista isométrica posterior del cuarto modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna	146
Figura 6.23 Quinto modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna	146
Figura 6.24 Vista isométrica posterior del quinto modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna	147
Figura 6.25 Valores de las frecuencias naturales en el semirremolque tipo cama cuna	147
Figura 6.26 Vista de perfil de un reductor de velocidad tipo circular	149
Figura 6.27 Valores de las diferentes geometrías de un reductor de velocidad	149
Figura 6.28 Modelos simplificado de los sistemas de suspensión, neumáticos y masa del semirremolque tipo cama cuna	150

Figura 6.29 Valores equivalentes de los sistemas de suspensión, neumáticos y masa del semirremolque tipo cama cuna	151
Figura 6.30 Curva de desplazamiento de los neumáticos delanteros del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo	154
Figura 6.31 Curva de desplazamiento de los neumáticos posteriores del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo	155
Figura 6.32 Curva de desplazamiento de la masa del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo	156
Figura 6.33 Curva de velocidad de la masa del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo	157
Figura 6.34 Curva del desplazamiento vertical de la masa del semirremolque tipo cama cuna con respecto a la frecuencia de excitación	158
Figura 6.35 Valores de las frecuencias naturales del semirremolque tipo cama cuna frente a los valores de las frecuencias de excitación producido por la carretera	158

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el transporte de carga terrestre se ha convertido en una parte importante en la economía nacional donde se estima que el 75% de mercadería dentro de nuestro territorio se transporta por carretera lo cual impulsa la producción nacional. El transporte de carga terrestre tiene una proyección de 12% anual de crecimiento en el mercado siendo la fuente clave de suministro y desarrollo del comercio, se calcula que hay 150,000 unidades de carga pesada en el Perú según reporte de Análisis en el diario El Peruano basado en datos estadísticos de la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (Sunarp).

El uso de servicio adecuado para el transporte pesado aplicado en minería o agroindustria llegó a tener una mayor capacidad de volumen (considerada por el Ministerio de transportes como carga ancha con dimensiones mayores a 2.60m de ancho) o masa de carga (entre 40 a 50 toneladas) mediante el uso de vehículos tipo semirremolques cama baja o cama cuna no siendo una tarea fácil de realizar. Las empresas de fabricación metalmecánicas no llegan a cubrir satisfactoriamente la demanda para este tipo de trabajo por diferentes motivos entre los más importantes encontramos el diseño de la estructura y los procesos de manufactura durante la producción.

Los semirremolques tipo cama baja y cama cuna son utilizados para el transporte de cargas especiales de grandes dimensiones y de alto tonelaje como maquinaria pesada, miembros estructurales hasta componentes de grandes equipos, por lo cual se requiere un adecuado diseño y proceso de construcción para cumplir una vida útil adecuada sometido a este tipo de trabajo y un peso adecuado de la estructura utilizando aceros especiales para garantizar este fin. Este

diseño debe realizarse bajo reglamento establecido por el Ministerio de Transportes del Perú para unidades de transporte por carretera a nivel nacional para poder optar la placa de rodaje de la unidad.

El diseño de un semirremolque y el método de producción está basado en la experiencia y los conocimientos adquiridos durante años por empresas fabricantes y demandas de los transportistas todo esto se evalúa mediante un método de análisis el cual tiene un respaldo por normas de diseño para el tipo de trabajo para el cual va estar sometido. Relacionado con este aspecto también se encuentra la elección del material que influye directamente en el rendimiento y al coste de estos vehículos. En la actualidad se tiene variedad de aceros de diferentes propiedades y resistencia que permiten un desarrollo de estructuras y componentes más ligeros lo que se traduce en ahorro económico para el transportista. Los aceros de alta resistencia dan opción a nuevas soluciones en el diseño donde se aprovecha todo su potencial y posibilita una mayor resistencia y menor peso.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú, la minería y la agroindustria ha generado grandes cambios dentro de los lugares donde desarrollan su actividad trayendo consigo grandes retos de ingeniería aplicados en infraestructura, accesibilidad, tecnología, transporte, etc. Uno de las más importantes etapas es el transporte a gran escala de equipos, piezas de máquinas, miembros estructurales, maquinaria pesada, etc. Esto ha traído un desarrollo en los tipos de transporte especiales para poder cumplir este fin garantizando una manera eficiente y segura. El principal medio de transporte empleados para estas aplicaciones sobredimensionadas son los semirremolques tipo Cama baja y Cama cuna.



Figura 1.1: Semirremolque tipo cama cuna de 04 ejes. (FUENTE: propia)

El semirremolque tipo Cama Cuna es uno de los productos más importantes en el rubro pesado de transporte, por lo que debe soportar diferentes tipos de carga por las situaciones de trabajo al cual va estar sometido, por tener la capacidad de transportar alto tonelaje este semirremolque tiene la particularidad de dividirse en dos partes: el cuello desmontable y la mesa de carga, todo para

tener el acceso de la carga por la parte frontal de la estructura cuando este separada lo que permite un acceso a nivel del suelo de la carga sin complicaciones.

Este proceso se realiza cuando el cuello desmontable esta enganchado con el tracto camión, se conecta un sistema hidráulico que nos permite maniobrar los elementos del cuello desmontable para poder bajar la parte delantera de la mesa de carga hasta el nivel del suelo y realizar el desenganche permitiendo así el acceso a la carga de alto tonelaje a nivel del suelo, una vez terminado el proceso se procede a enganchar el cuello desmontable con la mesa de carga para elevarlo y colocarlo en la posición de trabajo como estructura completa.

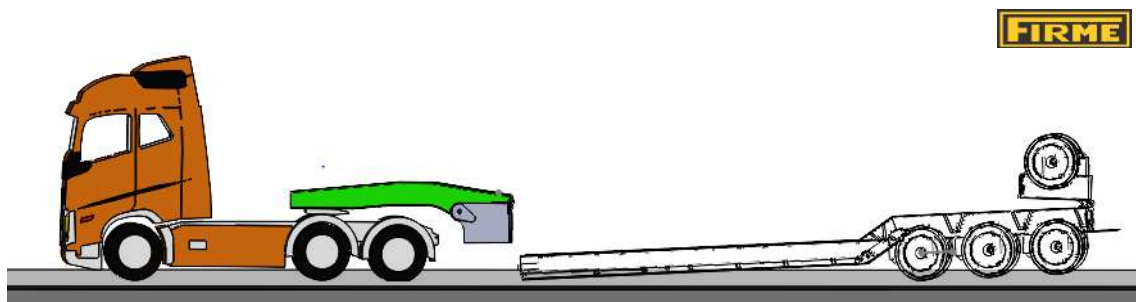


Figura 1.2: Semirremolque desacoplado de la mesa de carga. (FUENTE: propia)

El cuello desmontable es la estructura frontal del semirremolque siendo un enlace articulado con el tracto remolcador, la articulación en esta estructura se debe a la posición de pistones hidráulicos ubicados en su parte interior que tienen como objetivo el facilitar el proceso de enganche y desenganche de la mesa de carga durante el proceso de carga debido a las posiciones que llega a tener.



Figura 1.3: Cuello desmontable semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia)

La mesa de carga es la estructura posterior del semirremolque donde se sitúa la carga a transportar, dentro de su estructura tienen un sistema de suspensión (neumático o mecánico) el cual se encarga de absorber las perturbaciones del suelo en el cual circula la unidad, la mesa de carga se caracteriza por tener una altura de trabajo a 30 cm de altura del piso para así poder ganar estabilidad durante el transporte por la ubicación del centro de gravedad de la estructura más en la parte posterior tiene una geometría a desnivel por la ubicación del sistema de suspensión y altura de las llantas en los ejes.



Figura 1.4: Mesa de carga en un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia)

Actualmente, durante el trabajo en campo del semirremolque tipo Cama Cuna la parte estructural es el “Cuello desmontable” debido a sus dimensiones y los esfuerzos al cual están sometidos en su posición de trabajo y siendo la parte estructural con más procesos de mantenimiento durante su vida útil porque son fabricadas sin considerar parámetros de diseño el cual trae problemas en el peso, sobredimensionamiento de la estructura y un mayor número de refuerzos en partes más críticas para evitar fallas durante la operación y un limitado uso de aceros de alta resistencia lo que genera un mayor peso de la estructura generando mayor gasto en combustible, reducción de capacidad de carga y la corta vida útil de los componentes afectando la estructura completa.

En ese sentido en el presente proyecto de tesis nos centraremos en el estudio del “Cuello desmontable” de un semirremolque tipo Cama Cuna donde se propone un estudio al diseño de la estructura en base a parámetros de diseño, buscando disminuir el peso, determinar un proceso de soldadura (G.M.A.W.) y utilizando el acero de alta resistencia STRENGTH 700, todo esto basado en herramientas computacionales que permitan acelerar los procesos de manufactura y lograr diseños más resistentes con un menor tiempo de producción con costos más razonables para el fabricante y el cliente empleando el método de elementos finitos, dándonos como resultado un diseño y construcción confiable, seguro.

1.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMAS

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo realizar el estudio del comportamiento mecánico de un cuello desmontable de un semirremolque tipo Cama Cuna de 45 toneladas de capacidad?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Como obtener los parámetros de diseño para el cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna de 45 toneladas de capacidad para evitar falla en su comportamiento mecánico?
- ¿Cómo comprobar los diferentes estados de carga estática presentes en nuestro proyecto que influyen en su comportamiento?
- ¿Cómo visualizar a detalle el comportamiento mecánico del cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna de 45 toneladas de capacidad frente a cargas de trabajo?
- ¿Cómo verificar el comportamiento de la estructura frente a situaciones dinámicas presentes durante su vida útil?
- ¿es posible que un cuello desmontable de un semirremolque cama cuna de 45 toneladas de capacidad pueda tener un precio competitivo?

1.3 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la estructura del cuello desmontable de un semirremolque tipo Cama Cuna de 45 toneladas de capacidad.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los parámetros de diseño del cuello desmontable de un semirremolque tipo Cama Cuna de 45 toneladas de capacidad.
- Realizar el análisis estático del cuello desmontable de un semirremolque tipo Cama Cuna de 45 toneladas de capacidad.
- Realizar el análisis dinámico de la estructura para definir su comportamiento bajo situaciones de trabajo el cual va estar expuesto.
- Implementar la simulación computacional de los diferentes estados de carga en el software de diseño.
- Realizar una estimación de costos en la fabricación del cuello desmontable de un semirremolque Cama Cuna de 45 toneladas de capacidad.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El transporte de carga por vía terrestre abarca el 75% del mercado de movimiento de grandes estructuras y carga a nivel nacional siendo así la vía más importante para este propósito según reporte de Yamada, G. (22 de febrero de 2023). Circulación de vehículos pesados a escala nacional. El peruano. basado en datos estadísticos de la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (Sunarp), sin embargo la fabricación de semirremolques para este fin no siempre esta alineado a parámetros de diseño adecuados debido que solo el 35% de las empresas de fabricación de carrocerías están homologadas por una entidad de supervisión de diseño, producción, calidad y seguridad el cual fue monitoreado en un estudio estadístico de la Revista de ingeniería DYNA que detalla que solo se cubre el 42% de semirremolques que están en circulación en el país, esto trae como consecuencia que anualmente se reportan más de 300 accidentes en este tipo de estructuras en carreteras por una mala operación, inestabilidad de la estructura, fallas en carretera no asfaltado, perdidas de carga lo que fue parte del informe detallado en el boletín estadístico de siniestralidad vial de la dirección de seguridad vial del Ministerio de transportes y comunicaciones (28 de agosto del 2023).

El presente proyecto se basa en la experiencia personal dentro de la Empresa INDUSTRIAS FIRME en la fabricación de tolvas, carrocerías y semirremolques ubicado en la ciudad del Cusco, en un periodo de 03 años en el área de diseño y producción, en donde se enmarco producir un nuevo tipo de semirremolque según la exigencia del mercado actual, motivo por el cual nace la idea de realizar el presente proyecto aplicado en semirremolques tipo Cama Cuna con “CUELLO DESMONTABLE” basándonos en nuestra experiencia fabricando

semirremolque tipo cama baja de cuello fijo tipo ganso para poder tener un punto de inicio para nuestro análisis.

El presente proyecto busca presentar el análisis de un cuello desmontable de un semirremolque tipo Cama Cuna de 45 toneladas de capacidad analizando el peso, dimensiones, geometría de la estructura, y considerando el material a utilizar para tener una estructura más ligera y resistente lo cual influye de gran manera en el comportamiento mecánico, rendimiento económico y vida útil del vehículo para este objetivo emplearemos las especificaciones de diseño en construcción de acero que estén normalizadas para posteriormente realizar una simulación mediante el método de elementos finitos.

1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Es posible realizar el diseño de la estructura de un cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna que pueda tener una capacidad de carga de 45 toneladas.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA.

- Determinando los parámetros de diseño basado en la resistencia de los materiales podremos evitar fallas en el diseño en nuestro cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna.
- Realizando un análisis estático podremos conocer el comportamiento de la estructura y verificar que no presente fallas de diseño.
- Realizando en análisis dinámico podremos conocer el comportamiento de la estructura y verificar que presente fallas.

- Al aplicar la simulación computacional mediante el software de diseño será posible verificar el comportamiento del cuello desmontable frente a cargas de trabajo.
- Realizando el análisis de costos en la fabricación de un cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna obtengamos un precio competitivo.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

- Juntar la información necesaria para definir los parámetros de diseño adecuados para nuestra estructura para tener una buena funcionalidad y vida útil.
- Contemplar el tipo de cargas, equipos, componentes que se llegaran a transportar durante la vida útil del semirremolque para poder determinar la capacidad de carga de donde realizaremos el análisis estructural.
- Realizar un análisis estático y dinámico de la estructura para comprender su comportamiento frente a las cargas vivas que se llegara a transportar.
- Visualizar el comportamiento estático y dinámico de la estructura frente a las cargas vivas actuantes mediante un programa computacional de diseño.

LIMITACIONES

- Durante la realización de la presente tesis aplicado en un semirremolque tipo cama cuna de 45 toneladas de capacidad, solamente se realizará el análisis en el cuello desmontable debido a su demanda en el mercado, mantenimiento y vida útil de la estructura lo cual no se compara con la mesa de carga posterior del semirremolque ya que no presenta estos problemas debido a su geometría esbelta.
- En el presente trabajo no se llegará a considerar el diseño y cálculo del sistema hidráulico de basculación del cuello desmontable de un semirremolque tipo cama

cuna de 45 toneladas de capacidad, debido a que el trabajo presentado es un análisis centrado en el comportamiento mecánico de la estructura del cuello desmontable.

1.7 ANTECEDENTES

Gran parte del estudio del comportamiento mecánico de acero frente a situaciones críticas como fallas en diferente situación a los que se somete en su aplicación como semirremolques es estudiado para poder evitar accidentes o situaciones adversas.

1.7.1 EN EL ÁMBITO NACIONAL, existen investigaciones sobre aspectos técnicos:

Yayico Ayquipa Wladimir Javier (2019), presenta en su proyecto de tesis “MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN SEMIRREMOLQUE PORTACONTENEDOR TIPO CAMA BAJA PARA EL AUMENTO DE CAPACIDAD DE CARGA DE 30 A 36 TONELADAS” para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico en el año 2019 – Universidad Nacional del Callao. teniendo como conclusión:

- “Para realizar la modificación estructural del chasis del Semirremolque portacontenedor tipo Cama Baja para el aumento de capacidad de carga de 30 a 36 toneladas se requiere del aumento de un eje en la zona posterior, además de cambiar los neumáticos por unos extra anchos.

STRENX PERFORMANCE STEEL (2015), presenta su estudio “DIRECTRICES DE DISEÑO PARA REMOLQUES” donde se enfoca en la elección de la materia prima relacionado con aspectos al rendimiento y el coste de los vehículos para la fabricación de remolques y camiones, teniendo como conclusión:

- el uso del acero avanzados de alta resistencia para desarrollar remolques más ligeros y más resistentes que influye enormemente en el rendimiento económico del vehículo. Está comprobado que tanto los fabricantes de remolques como los transportistas pueden aprovechar parte de las ventajas económicas, pero también deben tenerse en cuenta las ventajas que ofrece la reducción de las emisiones de CO₂.

1.7.2. EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL, existen investigaciones sobre aspectos como:

En el artículo realizado por RUIZ R., V., & ACERO, E. (2012). Presenta el proceso de diseño orientado a optimizar el comportamiento mecánico de un semirremolque de tipo plataforma para vehículos de carga, se utiliza el QFD (Despliegue de función de calidad) para establecer requerimientos de los clientes de este tipo de equipos. A través del uso de herramientas CAD CAE se obtiene el comportamiento mecánico del semirremolque y a partir de este resultado se planteó una estrategia de optimización topológica con el fin de disminuir peso en las vigas estructurales sin comprometer la resistencia mecánica del equipo. Se logro una reducción cercana al 13% de la masa de todo el conjunto de partes del semirremolque.

Padilla Nieto, Manuel y Sotomayor Vengas, Gonzalo Xavier (2013). en su proyecto de tesis “DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA DE UNA PLATAFORMA CAMA BAJA DE CUELLO DESMONTABLE CON CAPACIDAD DE 45 TONELADAS USANDO PROGRAMAS SAP2000 Y ANSYS”, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico en el año 2013 – Universidad Superior

Politécnica del Litoral, el cual es realiza el análisis estructural bajo la norma AISC (Instituto Americano de la Construcción del Acero) donde el autor concluye:

- Para el análisis estructural mediante este tipo de estructuras se requiere de un conocimiento técnico ya que de esto depende el resultado de un producto de buena o mala calidad, más aún cuando este tipo de estructuras podrían causar accidentes debido a una interpretación errónea de resultados.

1.8 METODOLOGÍA

TIPO DE LA INVESTIGACIÓN: investigación aplicada,

MÉTODO: CUANTITATIVO.

NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo.

EXPLICACIÓN:

En el presente trabajo, el objeto es analizar el comportamiento del material en un cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna y describir las condiciones bajo las cuales llega a ser sometido por cargas actuantes en la estructura para mejorar el proceso de dimensionamiento, selección de material apropiado y refuerzos localizados.

El nivel de investigación descriptivo nos permite recopilar datos de experiencias de campo de fabricación de unidades semirremolque tipo cama cuna de cuello desmontable que sufrieron accidentes o puesta en desuso por causa de un mal dimensionamiento, concentración de esfuerzos por la soldadura aplicada, falta de criterio en la selección del material utilizado.

1.8.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recopilación de datos, según sea su naturaleza se recurrirá principalmente a:

DATOS DOCUMENTADOS: se recurrirá a la revisión bibliográfica de fuentes confiables como tesis, artículos, informes, sitios web, etc.

EXPERIENCIA: se recurrirá a industrias de fabricación de carrocerías para poder realizar las consultas del tipo de semirremolque basado en la experiencia del personal a cargo (proceso de fabricación, materiales empleados, producción, fallas frecuentes, mejoras trazadas) para poder tener un concepto y criterio claro que nos apoyen como punto de inicio en el estudio de nuestra estructura.

1.8.2 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Después de realizar la búsqueda de información objetiva y el estudio sobre los temas referentes al proyecto, se proseguirá al análisis y calculo a partir de los datos obtenidos mediante especificaciones de diseño bajo norma para poder analizar las cargas existentes posterior se realizará un estudio por software para poder visualizar el comportamiento de la estructura, los conceptos que se utilizaran son:

- Ciencia de los materiales.
- Resistencia de los materiales.
- Teorías de fallas.
- Vibraciones.
- Uso de software para el análisis de diseño.

1.9 VARIABLES.

1.9.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Cargas en la estructura.
- Parámetros de diseño.
- Propiedades de los materiales

1.9.2 VARIABLES DEPENDIENTES.

- Desplazamientos
- tensiones y deformaciones.
- Frecuencias y modos de vibración.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 SEMIRREMOLQUE

La Son unidades de transporte dependientes de un remolcador debido a que no son auto propulsados lo cual ayuda en la distribución de la carga debido a este apoyo adicional, también llevan en la parte posterior un sistema de suspensión donde su función depende de tipo de trabajo al cual va estar sometido el semirremolque.



Figura 2.1: Unidad tipo Semirremolque acoplado a un tracto remolcador. (FUENTE: propia)

2.1.1. TIPOS DE SEMIRREMOLQUE

Según los usos y capacidades bajo los cuales llegan a trabajar los semirremolques, se tiene los siguientes tipos principales:

- **SEMIRREMOLQUE PLATAFORMA:** este tipo de semirremolque se caracteriza por tener una mesa de carga plana en toda su extensión, utilizados para el transporte de mercancías, contenedores, materiales variados, etc. Llegan a tener una capacidad de carga de 20 a 35 toneladas.



Figura 2.2: Semirremolque tipo Plataforma. (FUENTE: propia)

- **SEMIRREMOLQUE TANQUE CISTERNA:** este tipo de semirremolque se caracteriza por llevar una cisterna con perfil semi elíptica a lo largo de su bastidor, utilizados para el transporte de combustible, agua no potable, etc. Llegan a tener una capacidad de hasta 11 mil galones para transporte.



Figura 2.3: Semirremolque Tanque tipo Cisterna. (FUENTE: propia)

- **SEMIRREMOLQUE CAMA BAJA:** este tipo de semirremolque se caracteriza por llevar una mesa de carga a una altura promedio de 1050 mm de altura por lo cual tienes un cuello tipo ganso en la parte delantera y una rampa de acceso de carga en la parte

posterior, utilizados para el transporte de maquinaria pesada, miembros estructurales, partes de máquinas, etc. Tienen una capacidad de carga de 30 a 40 toneladas.



Figura 2.4: Semirremolque tipo Cama Baja. (FUENTE: propia)

- SEMIRREMOLQUE CAMA CUNA: este tipo de semirremolque se caracteriza por llevar una mesa de carga a una altura promedio de 30 mm de altura por el cual tiene un acceso de la carga por la parte delantera de la estructura gracias a su cuello desmontable, utilizados para el transporte de maquinaria pesada, miembros estructurales, etc. Llegan a tener una capacidad de carga de 40 a 55 toneladas según el tipo de suspensión y el número de ejes posteriores.



Figura 2.5: Semirremolque tipo Cama Cuna. (FUENTE: propia)

2.2. ELEMENTOS DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA

Los componentes de un semirremolque tienen un propósito importante dentro de la estructura para lograr su adecuado funcionamiento, a continuación, lo detallamos:

2.2.1. CUELLO DESMONTABLE:

El cuello desmontable se divide en tres componentes principales dentro de su estructura: el larguero principal, eje principal de basculación, caja de soporte posterior posterior.

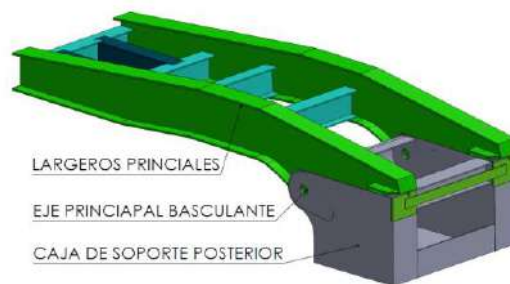


Figura 2.6: componentes de un cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Es un elemento estructural que entrelaza en su posición de trabajo el tracto remolcador desde su quinta rueda y la mesa de carga posterior. Está fabricado por dos largueros principales fabricado en Acero estructural A-36, A-572, Acero de alta resistencia, etc., conteniendo en la parte delantera la plancha de acople a la quinta rueda, un eje principal de basculación y una caja de soporte posterior el cual reposa sobre la mesa de carga posterior. En la estructura del cuello desmontable tiene un mecanismo de movimiento entre las partes el cual está impulsado por un sistema hidráulico con el objetivo de facilitar el acople y

desmonte del cuello desmontable de la mesa de carga para facilitar el proceso de carga y descarga de la masa a transportar. Entre sus partes tenemos:

- **PLANCHA DE FROTAMIENTO:** placa de sección cuadrada fijada en la parte delantera del cuello desmontable con un espesor no menor de 10 mm en acero de Grado 50, unido mediante soldadura con los puentes comunicantes del cuello para un mejor empalme con el plato de quinta rueda el tracto camión.



Figura 2.7: plancha de frotamiento de un cuello desmontable. (FUENTE: propia)

- **KING – PIN:** también conocido como perno rey soldado en la Plancha de Acople, es parte de un sistema de acoplamiento desde el cuello desmontable del semirremolque hacia el tracto remolcador mediante su plato quinta rueda. Están fabricados en Acero AISI 4320H o 4718H con una dureza de 380 y 420 BRINELL.
- **LARGUEROS PRINCIPALES DE CUELLO:** son vigas de acero fabricados en acero estructural A-36, A-572, acero de alta resistencia, etc. soldado con platinas en todo su contorno para mejorar sus propiedades

mecánicas, son el puente de conexión entre la Plancha de acople y la Caja de soporte posterior.



Figura 2.8: largueros principales de un cuello desmontable. (FUENTE: propia)

- **EJE PRINCIPAL DE BASCULACIÓN:** fabricado en acero especial para soportar el esfuerzo cortante al cual está sometido, es el punto que facilita el giro de la caja de apoyo con los largueros principales para realizar con mayor facilidad el acople y desacople del cuello desmontable de la mesa de carga.



Figura 2.9: eje de basculación de un cuello desmontable. (FUENTE: propia)

- **CAJA DE SOPORTE POSTERIOR:** estructura encuadrada tipo cajón fabricado en acero estructural A-36, acero de alta resistencia, etc. parte posterior de la articulación del cuello desmontable el cual se encarga de enganchar la mesa de carga con el cuello desmontable para ser remolcado mediante su actuador hidráulico que se aprisiona dentro de la mesa de carga y orejas especiales que soportan el peso de la carga.



Figura 2.10: caja de soporte posterior de un cuello desmontable. (FUENTE: propia)

2.2.2. MESA DE CARGA:

Estructura fabricada mediante vigas laminadas tipo “W” en caliente y puentes intermediados (durmientes), con una configuración adecuada para soportar grandes cargas de deformación producto de las fuerzas existentes gracias a las cargas presentes.

- **VIGAS PRINCIPALES DE LA MESA DE CARGA** son vigas de acero ASTM A572 Grado 50 perfil tipo “W”, laminado en caliente de 16” x 64 el cual es el soporte principal de toda la estructura dentro de la mesa de carga.

- Puentes intermedios de la mesa de carga fabricados en perfil estructura tipo canal “C” de 5/16” de espesor, están distribuidos en toda la longitud del semirremolque con el objetivo de distribuir la carga hacia las vigas principales.
- Marco lateral de la mesa de carga son vigas de acero ASTM A572 Grado 50 de perfil tipo “W”, laminados en caliente de 14”x 30 el cual se encarga de generar un marco rígido a lo largo de la mesa de carga.
- Sistema de suspensión el semirremolque tipo cama cuna tendrá el contacto con el terreno el cual no es siempre regular por lo que se considera un sistema de suspensión para adsorber esas perturbaciones y disminuir su influencia en la estructura. Existen en la actualidad dos tipos definidos de sistemas de suspensión:
 - Suspensión mecánica. Es el modelo de suspensión de ballestas que es utilizado para unidades que se enfrentaran a situaciones adversas del terreno debido a su alta resistencia y una mayor capacidad de absorber energía, este tipo de suspensión no depende de ninguna instalación adicional para su instalación.



Figura 2.11: suspensión mecánica de un semirremolque tipo cama cuna. FUENTE (www.watsson&chalinsuspention.com)

- **SUSPENSIÓN NEUMÁTICA.** La suspensión neumática se utiliza en unidades que no estén sometidas a muchas perturbaciones del terreno, su mecanicismo de funcionamiento depende de una bolsa neumática que absorbe energía y regula la altura del semirremolque según se necesite. Para su instalación se necesita realizar una conexión adecuada a una fuente de aire constante que llenan las bolsas neumáticas brindando un soporte adecuado a la estructura.



Figura 2.12: suspensión neumática de un semirremolque tipo cama cuna. FUENTE (www.watsson&chalinsuspention.com)

2.3 FUNCIONAMIENTO DEL CUELLO DESMONTABLE DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA

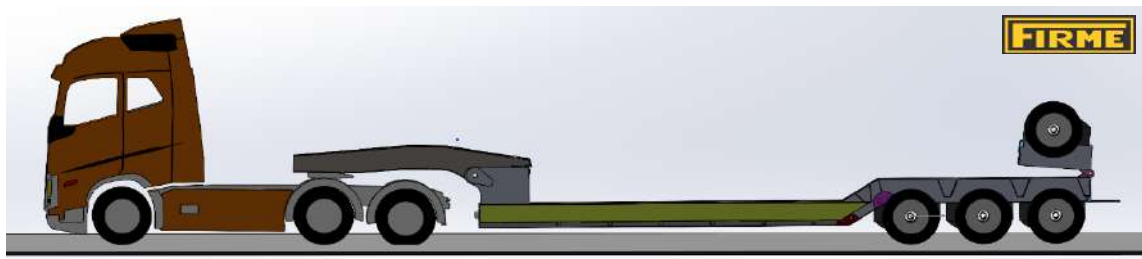


Figura 2.13: semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

El Cuello Desmontable tiene una articulación dentro de su estructura que le da libertad para poder realizar el acople y desacople con la mesa de carga, para realizar la carga o

descarga en la mesa de carga se procede a retirar el Cuello Desmontable de la siguiente manera:

1. Se realiza la liberación del seguro para poder bascular la caja de soporte posterior hasta que la mesa de carga llegue a descansar el nivel del suelo.

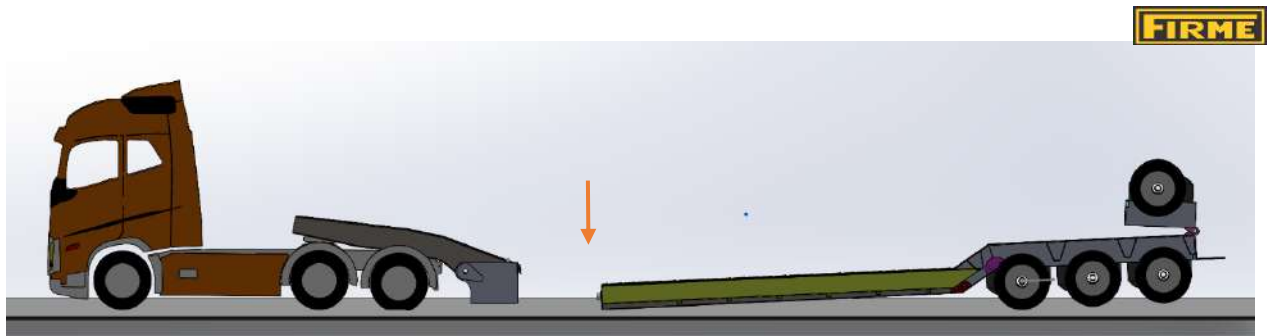


Figura 2.14: Cuello desmontable desacoplado de la mesa de carga en un semirremolque cama cuna.

(FUENTE: propia)

2. Se procede a avanzar el tracto remolcador con el Cuello Desmontable enganchado en su quinta rueda para liberar el acceso hacia la mesa de carga (el acceso a la mesa de carga se realiza a nivel del suelo debido al peso y lo robusto que son los equipos que este semirremolque llega a transportar).

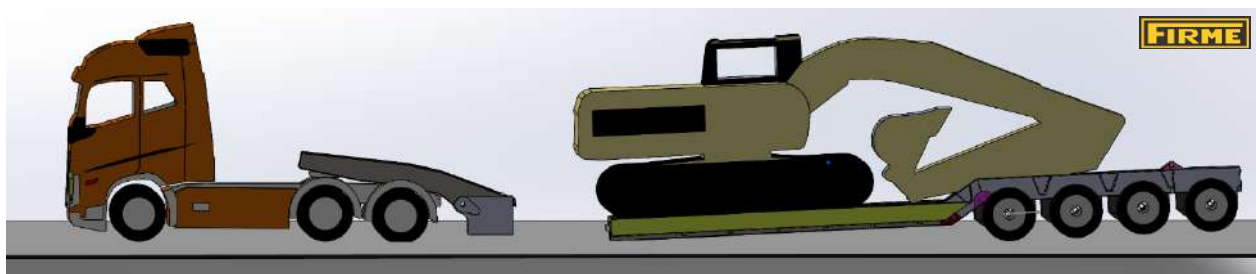


Figura 2.15: Acceso de carga en la estructura de un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia)

3. Se procede a retroceder el tracto camión para realizar el enganche del Cuello desmontable con la mesa de carga.

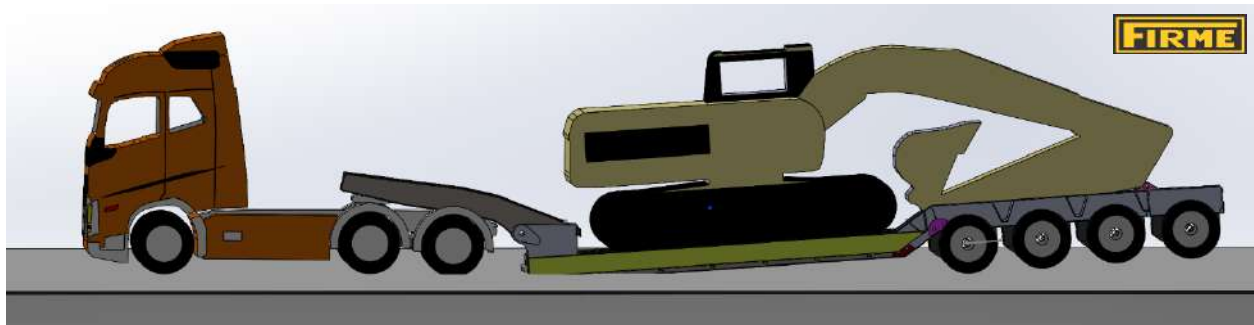


Figura 2.16: Acople del Cuello desmontable con la mesa de carga en un semirremolque cama cuna.

(FUENTE: propia)

4. Se procede a levantar la mesa de carga a una altura en la que este nivelado para poder asegurar la posición y empezar con el traslado de la carga.

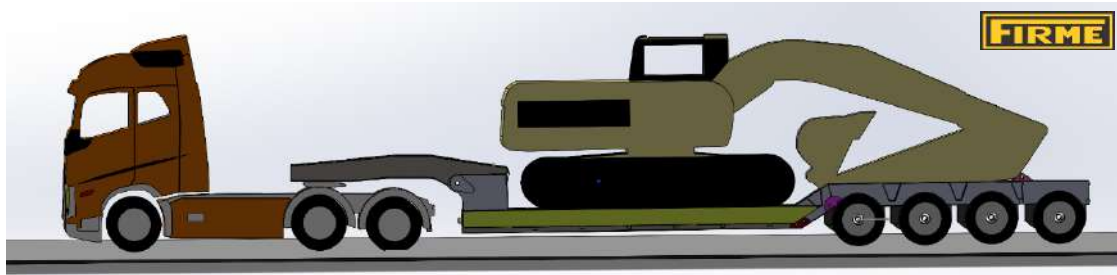


Figura 2.17: Posición de trabajo de un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia)

2.4 EL ACERO

Dentro del enorme mundo del acero, nos centraremos en el acero al carbono para nuestro estudio, este acero es la aleación de hierro carbono en el cual contiene menos del 1.8% de carbono, tiene la posibilidad de mejorar sus propiedades específicas mediante aleación con cromo, vanadio, níquel, etc. Basándonos en lo económico y la amplia gama de calidades se puede decir que en ingeniería el material más usado es el acero, además de la amplia variedad de aplicaciones y métodos de producción, cuanto más bajo sea el contenido de carbono el acero tendrá mayores propiedades de resistencia y ductilidad.

Los vehículos de transporte por carretera como los camiones y remolques pueden beneficiarse en gran medida de las mejoras conseguidas en el acero tanto en el diseño como en la producción, ante la gran variedad de aceros existentes como de fabricantes, se tiene la normativa y reglamentación para cada país. Dentro del gran campo de aplicación del acero en carrocerías en nuestro país tendremos las siguientes estructuras:

- Grúas telescópicas y articuladas con canastilla.
- Grúas de cargas montadas sobre camión.
- Manipuladores telescópicos.
- Grúas de bombeo de hormigón, móviles.
- Semirremolques.
- Trenes de pasajeros, de ferrocarril ligero.
- Autobuses, buses y camiones.

2.4.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO

Las propiedades mecánicas del acero se definen en un diagrama esfuerzo-deformación que muestra su comportamiento frente a cargas externas, este diagrama se obtiene a partir de un ensayo de tracción tensión deformación en laboratorio el cual se visualiza en la figura 2.12. Donde tendremos varias zonas de interés los cuales detallamos:

- ZONA ELÁSTICA. (punto de 0 a 2) Debido a que las deformaciones que sufre el material cuando se ejerce una tensión no son permanentes, el parámetro que definen esta zona es la pendiente de la recta que es conocido como el MODULO DE YOUNG o de elasticidad que se representa como la relación lineal entre el esfuerzo y la deformación:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

- TENSIÓN MÁXIMA. (punto 2) denominado LIMITE ELÁSTICO es la tensión máxima donde se cumple la elasticidad simbolizada como “ σ_y ”.
- ZONA ELÁSTICO – PLÁSTICA. (punto 2 a 3) es la zona de transferencia entre la zona elástica con la zona elástica produciendo una pequeña inestabilidad entre la tensión y deformación.
- ZONA PLÁSTICA (punto 3 a 6) es la zona donde el material se va quedar deformado permanentemente aun después de cesar la tensión aplicada.
- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN. (punto 5) es la tensión máxima que llega a resistir el material antes de entrar en la zona de extracción antes de la rotura.
- ZONA DE ESTRICCIÓN. (punto 5 a 6) zona donde se produce una reducción del área de la probeta hasta llegar al punto de rotura.
- ROTURA. (punto 6) punto de falla del material con un valor incluso menor que la resistencia a la tracción.

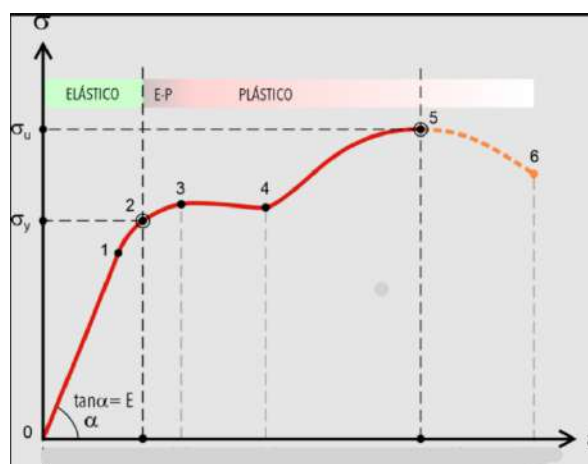


Figura 2.18: Diagrama esfuerzo deformación del acero (FUENTE: <https://www.vortize.com/blog/diagrama-tension-deformacion/>).

- **TENACIDAD** es el área encerrada bajo la curva esfuerzo-deformación cuando se aplican cargas de manera lenta en un ensayo cuasi-estático.

2.4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS AL CARBONO:

Tendremos una variedad de aceros al carbono para diferentes aplicaciones sin embargo en nuestro análisis estructural consideraremos los siguientes más utilizados en esta área:

2.4.2.1. NORMA ASTM.

La ASTM (American Society for Testing and Materials), establece normas que buscan garantizar la seguridad y calidad de los aceros mediante las propiedades de los materiales, químicas, mecánicas y metalúrgicas.

Clasificación según norma ASTM:

➤ **ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36:**

El acero A-36 es una aleación de acero al carbono de propósito general muy comúnmente usado en estructuras, laminado en caliente y con soldabilidad adecuada para cualquier tipo de uso, aunque existen muchos otros aceros, superiores en resistencia, cuya demanda está creciendo rápidamente (Gudiño,2004).

Las propiedades de este acero se caracterizan desde el ámbito comercial el cual vemos en el siguiente cuadro:

Tabla 2.1: Propiedades del acero A 36. (FUENTE: AISI,1996)

ACERO AL CARBONO ASTM A -35				
PROPIEDADES MECANICAS				
LIMITE ELASTICO	RESISTENCIA MAXIMA A LA TRACCION	MODULO DE YOUNG	MODULO DE VOLUMEN	RELACION DE POISSON
250 Mpa	400 Mpa	200 GPa	140 GPa	0.26

Con una composición química de:

Tabla 2.2: Composición química del acero A 36. (FUENTE: AISI,1996)

ACERO AL CARBONO ASTM A -36						
COMPOSICION QUIMICA						
C	Cu	Fe	Mn	P	Si	S
0.25-0.29	0.2	98	1.03	0.04	0.28	0.05

➤ **ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 572 GR. 50:**

Este acero estructural se caracteriza por tener diferentes tipos de grados de esfuerzo de trabajo, cada uno de ellos se diferencian por los elementos aleantes que le aportan al material distintos tipos de propiedades como la mejora del límite de elasticidad, rangos de tracción, resistencia a la fluencia, entre otros. (fuente: Sanchez & Rincon, 2017).

Las propiedades de este acero se caracterizan desde el ámbito comercial el cual vemos en el siguiente cuadro:

Tabla 2.3: Propiedades del acero A 572 Gr 50. (FUENTE: AISI,1996)

ACERO AL CARBONO ASTM A - 572 GRADO 50				
PROPIEDADES MECANICAS				
LIMITE ELASTICO	RESISTENCIA MAXIMA A LA TRACCION	MODULO DE YOUNG	MODULO DE VOLUMEN	ALARGAMIENTO RELATIVO
345 MPa	450 MPa	200 GPa	140 GPa	14%

Las propiedades químicas de este material esta dado por:

Tabla 2.4: Composición química del acero A 572. (FUENTE: ASTM,2005)

ACERO DE ALTA RESISTENCIA STRENX						
COMPOSICION QUIMICA						
C	Ti	V	Mn	P	Si	S
0.12	0.15	0.2	2.1	0.02	0.21	0.01

2.4.2.2. ACERO AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA:

Cuando mencionamos acero de alta resistencia conocido como AHSS (advanced high strength Steel), tenemos que hablar de SSAB (Svenskt Stal A.B. una empresa siderúrgica) un acero sueco quien es el productor más experimentado del mundo del acero templado y revenido de alto nivel, brindando procesos de fabricación de alta calidad logrando así un gran impacto en la tenacidad, resistencia a la fatiga y rendimiento a temperaturas bajo cero.



Figura 2.19: SSAB una empresa siderúrgica (fuente: www.ssab.com).

➤ ACERO STRENX (700 – 900):

El acero estructural STRENX (fuerza), es un producto destacado que nos brinda SSAB el cual posee un gran potencial para hacer que la estructura sea más resistente, ligero, seguro, competitivo y sostenible. Logrando reducir el peso de estructuras de acero hasta 50% considerando directrices de diseño. Este acero tiene un rango de 600 a 1300 MPa de elasticidad lo cual brinda apertura a producir productos más resistentes y ligeros.

El acero de alta resistencia denominado STRENX, es más resistente que puede usarse en dimensiones finas para construir estructuras más ligeras, mejorando el producto final y proporciona beneficios a largo plazo. Un material más fino significa menos soldadura y una producción más rápida logrando que el manejo del taller sea más sencillo y el acero ocupa menos espacio de almacenamiento

El acero de alta resistencia STRENX nos brinda nuevas propiedades mecánicas debido a su composición mejorada fabricado en conformado en frío compuesta por acero de alta resistencia laminado en caliente llegando a un límite elástico mínimo de 700 MPa.

Su alta resistencia, junto con la rigidez natural de esta sección facilita la construcción de estructuras más resistentes y ligeras. Algunas de las aplicaciones típicas son las estructuras complejas de soporte de cargas, manipulación y transporte.

Las propiedades mecánicas del acero STRENX 700 será:

Tabla 2.5: propiedades mecánicas del Acero de alta resistencia STRENX 700 (FUENTE: www.ssab.com)

ACERO DE ALTA RESISTENCIA STRENX 700				
PROPIEDADES MECANICAS				
LIMITE ELASTICO	CARGA DE ROTURA	MODULO DE YOUNG	RADIO MINIMO DE PLEGADO	ALARGAMIENTO RELATIVO
700 MPa	780 MPa	200 GPa	0.9 (90°)	16%

Las propiedades mecánicas del acero STRENX 900 será:

Tabla 2.6; propiedades mecánicas del acero de alta resistencia STRENX 900. (FUENTE: www.ssab.com)

ACERO DE ALTA RESISTENCIA STRENX 900				
PROPIEDADES MECANICAS				
LIMITE ELASTICO	CARGA DE ROTURA	MODULO DE YOUNG	RADIO MINIMO DE PLEGADO	ALARGAMIENTO RELATIVO
900 MPa	950 MPa	200 GPa	0.9 (90°)	16%

Con una composición química para los aceros STRENX será de:

Tabla 2.7: Composición química del Acero de alta resistencia STRENX. (FUENTE: www.ssab.com)

ACERO DE ALTA RESISTENCIA STRENX						
COMPOSICION QUIMICA						
C	TI	V	Mn	P	Si	S
0.12	0.15	0.2	2.1	0.02	0.21	0.01

➤ **ACERO ANTI DESGASTE HARDOX 500:**

La plancha anti desgaste HARDOX 500 ofrece una resistencia al impacto, dureza y tenacidad excepcionales, garantizadas en una única plancha anti desgaste, además de una alta soldabilidad por su baja cantidad de carbono equivalente.

El acero HARDOX 500 aporta nuevos niveles de producción y rentabilidad en el sector del transporte y minero con una dureza excepcional que brinda un adecuado material para los semirremolques.

Las propiedades mecánicas del acero HARDOX 500 será:

Tabla 2.8: propiedades mecánicas del Acero HARDOX 500. (FUENTE: www.ssab.com)

ACERO HARDOX 500				
PROPIEDADES MECANICAS				
LIMITE ELASTICO	CARGA DE ROTURA	LIMITE DE FLUENCIA	DUREZA	ALARGAMIENTO RELATIVO
1200 MPa	1400 MPa	1100 MPa	525 BRINELL	14%

Con una composición química de:

Tabla 2.9: Composición química del Acero HARDOX. (FUENTE: www.ssab.com)

ACERO ANTIDESGATE HARDOX 500						
COMPOSICION QUIMICA						
C	Cr	Ni	Mn	P	Si	S
0.26	1.4	1.5	1.6	0.025	0.7	0.01

(Fuente: www.ssab.com).

2.5 SOLDADURA.

La soldadura en el proceso de unión de dos materiales mediante la coalescencia de las piezas debido a la aportación de calor de una fuente, también se puede dar mediante un proceso de compresión. El fin de este proceso es obtener un elemento continuo con una geometría similar o diferente a la inicial. Las uniones soldadas tienen una resistencia

mecánica menor en comparación con el material base debido a la geometría aguda de la junta soldada y a las tensiones residuales introducidas por el calor durante el proceso de soldadura.

Habitualmente se atribuye la disminución de la resistencia en las soldaduras a las características microestructurales, las zonas afectadas por el calor y la dureza, pero la principal causa del debilitamiento de la junta soldada son los defectos durante el proceso (porosidad, falta de penetración, etc.) y la concentración local de tensiones. Todos los métodos de post tratamiento de las juntas soldadas tienen como objetivo la reducción de la tensión residual y la mejora de la geometría.

La Sociedad Americana de Soldadura “A.W.S.” a catalogado más de 50 procesos de soldadura que utilizan combinaciones de energía para llevar a cabo el proceso, tendremos en consideración los siguientes:

2.5.1 TIPOS DE SOLDADURA

➤ SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO PROTEGIDO.

La “A.W.S.” denomina a este proceso como Shielded Metal Arc Welding (S.M.A.W.) debido a la unión de dos partes metálicas mediante aporte de material conocido como electrodo revestido, el proceso de transferencia del electrodo hacia el metal base es a través de aire ionizado producido por el diferencial de potencial (entre 25 a 50 volts) y una descarga eléctrica debido a la corriente (entre 10 a 300 amperes).

➤ SOLDADURA CON ARCO METÁLICO CON GAS.

La “A.W.S.” denomina este proceso como Gas, Metal, Arc, Welding (G.M.A.W.) que establece un arco eléctrico entre el electrodo consumible y la pieza a soldar con una protección mediante gas que puede ser inerte o activo, este proceso tiene mayor facilidad

de avance y mejor acabado debido a la protección de gas en proceso. Los factores a considerar en este proceso son el tipo e intensidad de corriente, longitud de arco, transferencia de alambre, metal de aporte y gas protector.

El gas protector en el proceso GMAW influye en, la transferencia del material, penetración, forma de cordón e impide que el oxígeno y el nitrógeno del ambiente ingresen en la zona de fusión por lo que es importante seleccionar el adecuado según el material base donde se aplicara la soldadura, el proceso GMAW presenta dos procesos:

- SOLDADURA METAL INERTE GAS (MIG): proceso en donde se emplea gases inertes durante la soldadura como: Argón (aplicación en soldadura de aluminio, titanio, cobre y níquel), Helio. (metales de gran espesor en cobre, aluminio y sus aleaciones)
- SOLDADURA METAL ACTIVE GAS (MAG): proceso en donde se emplea gas activo como el Dióxido de Carbono. (mayor penetración y buena resistencia para aceros al carbono que en algunos casos se mezcla con 25% de argón y helio para una mejor soldadura).

2.5.2 APORTACIÓN DE ENERGÍA EN LA SOLDADURA

Los aceros al carbono y aceros de alta resistencia son bastantes sensibles a la aportación de altos niveles de energía debido al proceso de soldadura. Una aportación de energía excesivamente elevada reduce la resistencia y la tenacidad de las uniones soldadas. el límite elástico mínimo del material base debe conservarse en la unión soldada por los que los valores de energía aportada son proporcionados por el fabricante para no exceder y perder las propiedades propias del material.

2.6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

Para este procedimiento nos basaremos en los principios del diseño de estado límite el cual proporciona las fronteras de la utilidad estructural.

- ESTADO LIMITE describe una condición en la que una estructura o parte de ella deja de cumplir su función prescrita. Existen dos tipos de estados límite: los de resistencia y los de servicio.
- LA RESISTENCIA NOMINAL de un miembro es su resistencia teórica calculada, sin la aplicación de factores de seguridad

En esta sección presentaremos las condiciones de cargas usadas para el método LRFD (Load and resistance factor design) considerando la carga muerta, carga viva para poder seleccionar la combinación más desfavorable de cargas que pueda ocurrir al mismo tiempo y que deberá usarse para el análisis y el diseño.

$$\phi \cdot R_n \geq R_u$$

Donde:

- ϕ : Factor de reducción
- R_n : Resistencia nominal de un miembro
- R_u : Fuerza factorizada calculada en el miembro.

Para las consideraciones generales de diseño consideraremos a la American Institute of Steel Construction [AISC]. 2010, en sus especificaciones para construcciones en acero bajo norma 360.10, donde se calculan factores de carga para incrementar la magnitud de las cargas de servicio a usarse para el procedimiento “LRFD”. El propósito de estos factores es considerar las incertidumbres implicadas en la estimación de la magnitud de las cargas muertas y vivas.

La resistencia requerida de un miembro para el método “LRFD” se determina a partir de las combinaciones de cargas dadas en las especificaciones de diseño de la AISC (Instituto Estadounidense de la Construcción en Acero), que detalla:

1. $U = 1.4D$
2. $U = 1.2D + 1.6L + 0.5 (L' \text{ o } S \text{ o } R)$
3. $U = 1.2D + 1.6 (L' \text{ o } S \text{ o } R) + (L \text{ o } 0.5W)$
4. $U = 1.2D + 1.0W + L + 0.5 (L' \text{ o } S \text{ o } R)$
5. $U = 1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
6. $U = 0.9D + 1.0W$
7. $U = 0.9D + 1.0E$

Donde:

- U: Carga muerta.
- L: Carga viva.
- W: Carga de viento.
- S: Carga de nieve.
- R: Carga de lluvia.
- E: Carga de sismo.
- L: Carga viva sobre el techo.

Para estimar con precisión la resistencia última de una estructura es necesario tomar en cuenta las incertidumbres que se tienen en la resistencia de los materiales y las dimensiones. Estos valores de resistencia los especifica el método “LRFD” en la siguiente figura 2.15, para considerar:

FACTORES DE RESISTENCIA	SITUACIONES
1	Aplastamiento en áreas proyectantes de pasadores, fluencia del alma bajo cargas concentradas, cortante en tornillos en juntas tipo fricción.
0.9	Vigas sometidas a flexión y corte, filetes de soldadura con esfuerzos paralelos sección total de miembros a tensión.
0.85	Columnas, aplastamiento del alma, distancias al borde y capacidad de aplastamiento en agujeros.
0.8	Cortante en el área efectiva de soldaduras de ranura con penetración parcial.
0.75	Tornillos a tensión, soldaduras de tapón o muescas, fractura en la sección neta de miembros a tensión.
0.65	Aplastamiento en tornillos
0.6	Aplastamiento en cimentaciones de concreto

Figura 2.20: factores de resistencia para el diseño estructural. (FUENTE: especificaciones ANSI 360-10.)

2.6.1 TEORÍA DE FALLA

Las propiedades de resistencia de los materiales se determinaron por ensayos de tracción de probetas según DIN 50145, (esfuerzos uniaxiales) para determinar su límite de fluencia que nos ayudan a comprobar en los elementos del mismo material y predecir su falla ante este tipo de esfuerzo. este principio también se aplica a materiales sometidos a solo Torsión, donde el material no fallara si el esfuerzo de corte en el punto crítico no iguala el esfuerzo de corte limite determinado en un ensayo de torsión.

En el análisis de cargas, vemos que tenemos cargas combinadas que originan situaciones de esfuerzos complejos (esfuerzos normales debido a carga axial, flexión, corte debido a torsión y esfuerzo de corte longitudinal) donde no es posible hacer la comparación directa frente con los ensayos de probeta. Se analizará el material hallando sus esfuerzos equivalentes para poder aplicar criterios que definan mejor el mecanismo real de falla para poder comparar un estado general de esfuerzos con el estado de esfuerzos de la probeta.

Estos criterios de comparación son:

PARA MATERIALES DÚCTILES:

- teoría del máximo esfuerzo cortante (TRESCA)
- teoría de la máxima energía de distorsión (VON MISSES)

PARA MATERIALES FRÁGILES:

- teoría del máximo esfuerzo normal (RANKINE)

➤ **TEORÍA DEL MÁXIMO ESFUERZO CORTANTE (TRESCA, GUEST & MOHR).**

Este criterio es utilizado para elementos de superficies variables u oblicuas debido principalmente a esfuerzos cortantes que pueden llegar a producir fluencia en el material y posterior falla.

“Un material no falla cuando su esfuerzo cortante máximo resistente iguala al valor del esfuerzo cortante de una probeta sometida a tracción en el momento de la FLUENCIA”

En conclusión, de este criterio se obtendrá EL “HEXÁGONO DE TRESCA” que delimita los esfuerzos permisibles por un material para que no falle debido al esfuerzo cortante al cual está sometido.

Aplicación para el caso de estado plano de esfuerzos en que actúan " σ_x " y " τ_{xy} "

En este caso:

$$\tau_{MAX} = \frac{1}{2} * \sqrt{\sigma_x^2 + 4 * \tau_{xy}^2}$$

No hay falla si:

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 4 * \tau_{xy}^2} < \sigma_{Fluencia}$$

Entonces:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4 * \tau_{xy}^2}$$

Donde: σ_x : Esfuerzos normales.

τ_{xy} : Esfuerzos cortantes.

(Fuente: PUCP – Sección Ingeniería Mecánica – Área de Diseño).

➤ **TEORÍA DEL MÁXIMO ENERGÍA DE DISTORSIÓN (VON MISSES).**

Basado en concepto de energía de deformación, donde consideramos dos tipos de comportamiento por efecto de la deformación: Esfuerzo dilatacional basado en los cambios volumétricos presente en el elemento y el Esfuerzo distorsional que llega a provocar distorsiones por corte, por lo cual el criterio de falla de Von Mises se define:

“La falla se produce si el valor de la energía de distorsión por unidad de volumen del material es igual a la energía de distorsión por unidad de volumen requerida para causar fluencia en una probeta de prueba a tracción del mismo material”

En consecuencia, este método presenta “ELIPSE DE VON MISSES”, el cual delimita los esfuerzos permisibles por un material para que este no falle al ser sometido a estas cargas.

En un estado plano de esfuerzos tendremos:

siendo σ_1, σ_2 : Esfuerzos normales sobre el material.

cumpliendo la condición para que no falle el material tendremos:

$$\sigma_{Eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 * \tau_{xy}^2} < \sigma_{Fluencia}$$

(Fuente: PUCP – Sección Ingeniería Mecánica – Área de Diseño).

2.6.2. MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS (MEF O FEM).

Este método nos brinda una aproximación de un cuerpo continuo el cual se divide en un número finito de “ELEMENTOS” los cuales tienen puntos de conexión denominados “NODOS” los cuales definen el comportamiento interno del cuerpo en estudio mediante funciones de interpolación o funciones de forma.

la DISCRETIZACIÓN es la transformación de un cuerpo natural complejo en elementos discretos mediante el cual obtenemos los desplazamientos nodales, deformaciones en cualquier punto y fuerzas distribuida que actúan sobre el cuerpo analizado.

El elemento clave del MEF es la interpolación por donde se consigue reducir el análisis para encontrar los corrimientos de los nodos más aproximado a los del elemento analizado todo esto mediante funciones de forma o interpolación que tienen los siguientes objetivos principales:

- Obtener resultados en cualquier punto del elemento por interpolación a los valores nodales.
- Permitir transformaciones geométricas que permiten adaptar el mallado a la forma del cuerpo analizado de una manera más exacta.
- Realizar la integración de las ecuaciones mediante la sustitución de las funciones elementales por polinomios de Legendre.

(Fuente: PUCP – Sección Ingeniería Mecánica – Área de Diseño).

CAPITULO III

DISEÑO ESTÁTICO DEL CUELLO DESMONTABLE EN UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD.

Para iniciar nuestro análisis, consideraremos situaciones adversas de trabajo de nuestro cuello desmontable con el fin de poder tener un criterio más adecuado de componentes y procesos. Con la experiencia personal en área de diseño dentro de la empresa Industrias Firme E.I.R.L. es donde se identificó las siguientes fallas mecánicas durante su operación tales como se describen a continuación:

- **FALLA DE DISEÑO.** Durante nuestro servicio de mantenimiento llegamos a tener el caso critico donde la estructura principal llego a punto de fractura de largueros principales del “Cuello Desmontable” durante la jornada de transporte de carga en una superficie no uniforme, durante el análisis de falla detectamos que la causa era el mal dimensionamiento del larguero principal el cual tenía una geometría liviana en zonas donde existe mayor trabajo mecánico sin ningún tipo de refuerzo o puente transversal para disipar cargas estáticas y dinámicas.



Figura 3.1: Fractura del cuello desmontable en un semirremolque Cama Cuna. (FUENTE: propia)

- **FALLA POR SOBRECARGA EN LA ESTRUCTURA.** Debido a la mala aplicación de la soldadura durante la fabricación, lo cual conlleva a presentar fisuras a lo largo del cordón, además de un sobrecalentamiento del material produciendo que este pierda sus propiedades frente al trabajo al cual está sometido.



Figura 3.2: Falla por sobrecarga en elementos del cuello desmontable en un semirremolque cama cuna.

(FUENTE: propia)

- Debido a las cargas dinámicas presentes durante el traslado de carga en la estructura sobre superficie no uniforme y sinuoso la estructura llega a presentar fisuras críticas en las zonas de conexión de elementos.



Figura 3.3: Separación de partes del cuello desmontable debido a la vibración en un semirremolque cama cuna.

(FUENTE: propia).

- **ERROR DE DIMENSIONAMIENTO.** Durante el traslado de carga sobre la estructura, la parte frontal inferior del “CUELLO DESMONTABLE” llegaba a friccionar con la parte posterior de tracto remolcador lo que producía un desgaste prematuro de la estructura.



Figura 3.4: Desgaste por fricción en la parte inferior del cuello desmontable en un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia).

- **FALLA POR CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS.** Debido a la soldadura aplicada que no era la adecuada para el tipo de trabajo que va realizar los largueros principales del “Cuello Desmontable” produjo que el cordón se fisure a lo largo de su trayectoria.



Figura 3.5: Fisura crítica por el cordón de soldadura en el soporte del cuello desmontable en un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia).

- FALLA POR DESGASTE PREMATURO DE MATERIAL. Debido a que el gancho principal de carga no tiene el espesor adecuado lo cual provoca el crecimiento del agujero donde descansa los soportes de la mesa de carga.



Figura 3.6: Deformación de la zona de articulación entre el cuello desmontable y la mesa de carga en un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia).

- FALLA POR EL INADECUADO CRITERIO DE ANALISIS DE ESFUERZOS. Debido a los esfuerzos cortantes existentes en los ejes de basculación entre los largueros principales y la caja de apoyo posterior este llega a fallar bloqueando la funcionalidad del “Cuello Desmontable” debido a que los ejes se desalinearon producto de una deformación en estos elementos.



Figura 3.7: Desalineamiento de los ejes de basculación del cuello desmontable producido por grandes cargas existentes de trabajo en un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia).

- FALLA POR EL INADECUADA SELECCIÓN MATERIAL PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA. El uso de material estructural A-36 en la estructura principal provoco deformaciones elásticas durante la operación del “Cuello Desmontable”.



Figura 3.8: Deformación permanente en zonas de un cuello desmontable en un semirremolque cama cuna. (FUENTE: propia).

Relacionado con este aspecto también se encuentra la elección del material que influye directamente en el rendimiento y al coste de estos vehículos. En la actualidad se tiene el acero estructural A-36 y los aceros de alta resistencia STRENGTH, la elección del material a usar se desarrollará en el presente trabajo bajo criterios que sustenten su trabajo adecuado frente al tipo de esfuerzos mecánicos existentes.

3.1. DEMANDA DE CARGA PARA EL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

Dentro de la economía nacional, uno de los pilares es la minería la cual es la principal fuente de movimiento económico en diferentes regiones del País, las compañías tienden a solicitar camiones gigantes de una media de 400 toneladas de peso bruto como el CAT 797F en fabricación de Caterpillar o el 980E en fabricación de Komatsu-Mitsui las cuales se transportan mediante semirremolques tipo cama cuna en piezas de entre 25 a 40 toneladas (tolvas de carguío, elementos motrices, repuestos, etc.) para ser ensamblado posteriormente

en la unidad minera, otro sector importante es la construcción la cual tiene una importante participación en la compra de maquinaria pesada centrada en excavadoras como la CAT350 (peso 43.5 ton), tractores sobre orugas CAT-D8T (peso 40 ton), motoniveladoras CAT-140K (peso 42 ton), rodillos compactadores y cargadores frontales. Es en medio de esta demanda que se realiza el diseño de nuestro semirremolque para 45 toneladas de capacidad limitado por el Reglamento técnico sobre límites de pesos DS N.058-2003-MTC para este tipo de vehículos.

Antes de iniciar con el diseño del cuello desmontable, es importante tener en claro que parámetros influirán en el trabajo mecánico de la estructura durante su operación, con lo cual se busca la competitividad y eficiencia del producto frente a los desafíos que se presentan en el transporte y el coste operativo.

3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

- **CAPACIDAD DE CARGA.** Considerando la minería como principal usuario de este modelo de tipo de vehículos tendremos que diseñar una estructura que pueda soportar los tipos de vehículos de línea amarilla que operan en este rubro, por lo cual tendremos un cuadro resumen de los pesos de estos equipos entre los más importantes:

DESCRIPCION	PESO
CAMION MINERO CAT 797F	componentes entre 25 a 40 toneladas
CAMION MINERO KOMATSU 980E	
ESCAVADORA CAT350	43.5 TONELADAS
ORUGA CAT D8T	40 TONELADAS
MOTONIVELADORA CAT 140K	42 TONELADAS

Tabla 3.1: Pesos de equipos de maquinaria pesada. (FUENTE: www.rumbominero.com)

Considerando el peso de cada uno de los equipos, asumimos que la capacidad de la estructura tendrá que satisfacer esta necesidad sin estar en un punto limite, por lo que realizaremos el diseño del cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna de 45 toneladas de capacidad.

➤ DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA SEMIRREMOLQUE.

Considerando los equipos de la figura 3.9, con sus dimensiones, el cuello desmontable será diseñado para levantar una mesa de carga de medidas que brinden una capacidad adecuada para los equipos a cargar y una estabilidad durante su operación de transporte. Las dimensiones de la mesa de carga se muestran a continuación:

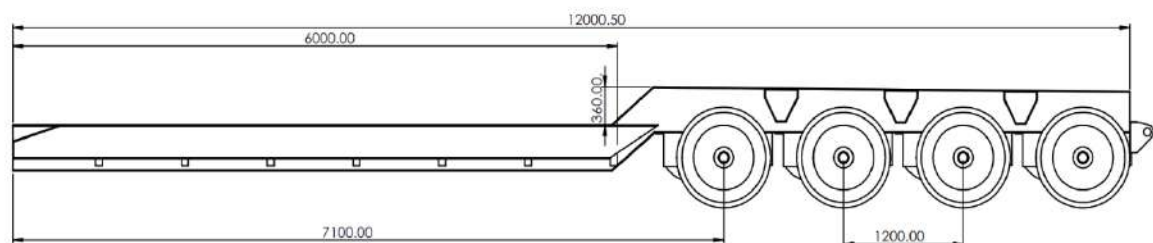


Figura 3.9: vista lateral dimensiones de la mesa de carga en un semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia).

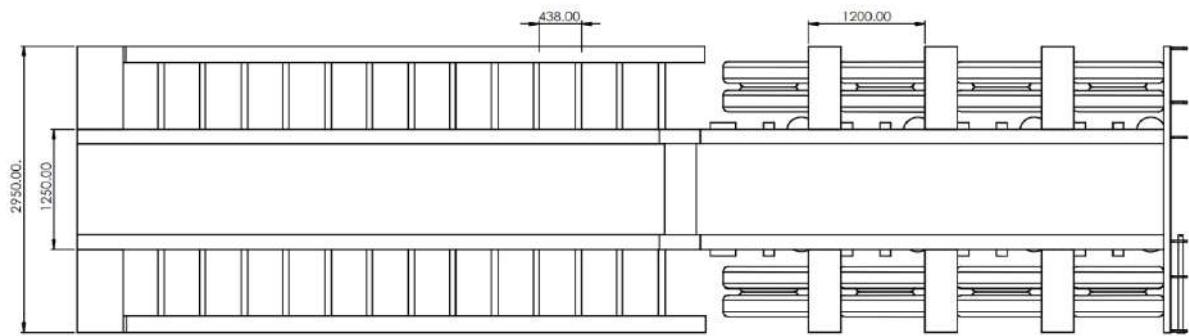


Figura 3.10: vista de planta dimensiones de la mesa de carga en un semirremolque tipo cama cuna.

(FUENTE: propia).

Siempre se tiene el criterio de reducir el peso de la estructura para poder presentar una mejora en la capacidad de carga sin sacrificar la resistencia de los semirremolques y aligerándolo mediante una reducción del espesor. Es importante tener en claro que un diseño adecuado en una estructura depende también del proceso de producción, cortes, armado, soldadura que pueden llegar a influenciar negativamente en la vida útil del semirremolque.

3.3 ESPECIFICACIONES DEL CUELLO DESMONTABLE DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

El cuello desmontable del semirremolque tipo cama cuna, es la estructura más crítica del semirremolque y que tiene más demanda de fabricación por lo que existen diferentes modelos de esta estructura que nos brinda diferentes condiciones durante su operación, trabajo y mantenimiento. En nuestro estudio se considera la situación de diseñar un cuello desmontable que cumpla con las condiciones de diseño, fabricación, producción y mantenimiento en nuestro taller de manufactura. Para lo cual tendremos las siguientes opciones:

3.3.1 SELECCIÓN DE MODELO DE ESTRUCTURA DEL CUELLO DESMONTABLE DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

Para la selección del modelo del Cuello desmontable del semirremolque tipo cama cuna, consideraremos criterios que nos ayuden a seleccionar la opción adecuada.

➤ OPCIÓN 01: MODELO DE CUELLO DESMONTABLE CON ACOUPLE DIRECTO PIN – OREJA.

En este caso de estructura para el cuello desmontable, tendremos un acople mediante un PIN con una cabeza ranurada que vas ser soportada por una placa con un agujero en su centro.

Este cuello desmontable depende directamente de un único pistón hidráulico central el cual es el encargado de subir y bajar la mesa de carga desde el nivel del suelo hasta el nivel de trabajo el cual se muestra con un tope entre la mesa de carga con el cuello desmontable, cuenta con mecanismo adicional para soportar la mesa de carga en esa posición durante la operación del semirremolque.

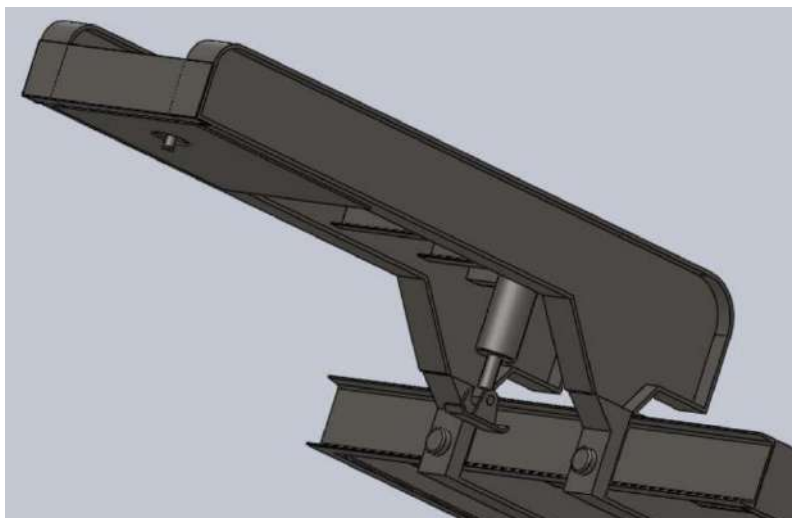


Figura 3.11: Modelo de cuello desmontable tipo acople directo pin-oreja. (FUENTE: propia)

➤ OPCIÓN 02: MODELO DE CUELLO DESMONTABLE DE ACOPLER PIN – OREJA CON UNA CAJA DE SOPORTE POSTERIOR.

Este modelo de cuello desmontable tendrá un acople también de un PIN con orejas de soporte ubicados en la caja de soporte posterior, el cual brinda una estabilidad del cuello desmontable cuando realiza el levante de la mesa de carga adicional de distribuir esta tensión a lo largo de la base en contacto con la mesa de carga.

Este tipo de cuello desmontable tiene dos pistones hidráulicos colocados en la parte posterior de la caja de soporte brindándonos una estabilidad en su apoyo inferior y un mayor brazo con los largueros principales cuando llegue a levantar la mesa de carga desde el nivel del suelo hasta la altura de trabajo durante el acople de la estructura.

La caja de soporte posterior presentar dos características principales, cuando el cuello desmontable llega a su posición de trabajo levantado por los pistones hidráulicos principales se tiene un seguro que enlaza la parte posterior de la caja de soporte con la parte posterior de los largueros principales con fin de darle rigidez a la estructura durante el transporte quitándole la carga a los pistones hidráulicos principales. Además de tener un segundo pistón hidráulico dentro de la caja de soporte posterior el cual asegura la mesa de carga cuando este en su posición de trabajo,

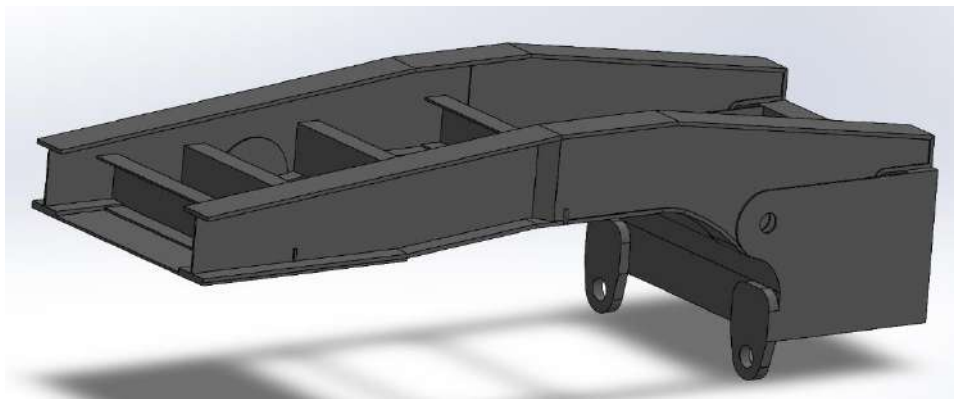


Figura 3.12: modelos de cuello desmontable tipo acople pin-oreja con una caja de soporte posterior. (FUENTE: propia)

➤ OPCIÓN 03: MODELO DE CUELLO DESMONTABLE CON ACOPLE RÁPIDO DE UNAS.

En esta alternativa tendremos el cuello desmontable que tendrá un acople mediante unas con la mesa de carga, que tienen que unirse y complementarse en su geometría para poder realizar un acople adecuado con la mesa de carga.

En este caso el cuello desmontable también cuenta con dos pistones hidráulicos colocados a los costados de las unas de conexión, los cuales ubican las unas en una posición adecuada con el fin de que estos se complementen geométricamente mientras los pistones levantan la mesa de carga desde el nivel del piso hasta la posición de trabajo, una vez levantado se procede a accionar el mecanismo de aseguramiento del acople, considerando que se tiene una dependencia estructural en las unas de levante ya que solo estos soportan la mesa de carga sin ningún otro tipo de apoyo.

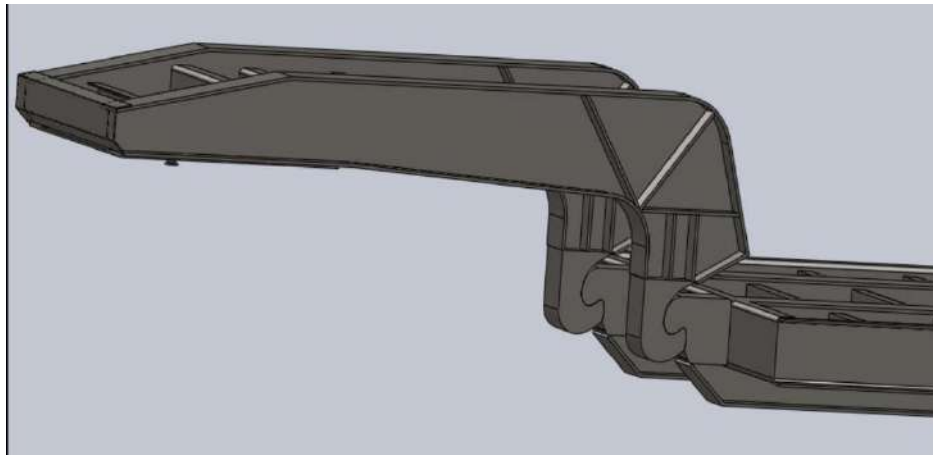


Figura 3.13: modelo de cuello desmontable con acople rápido tipo uñas. (FUENTE: propia)

3.3.2 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MODELO DEL CUELLO DESMONTABLE DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

Para realizar la selección adecuada del Cuello desmontable, consideraremos criterios que nos lleguen a limitar durante la fabricación de esta estructura para poder elegir el adecuado y realizar su análisis posterior estático y dinámico. Los criterios a considerar serán:

- VIABILIDAD DE FABRICACIÓN, consideraremos en este criterio las posibilidades de realizar los procesos de fabricación de cada uno de los elementos del cuello desmontable que dependerán de los tiempos estimados, disponibilidad de equipos adecuados para la manufactura y personal capacitado que lleguen a brindar una buena estructura final.
- COSTOS DE FABRICACIÓN. En este criterio consideraremos los costos de mano de obra calificada, cantidad de material a utilizar en la fabricación, insumos y recursos a emplear durante la fabricación del cuello desmontable como el corte laser, corte plasma, tornería, soldadura, etc.
- SEGURIDAD. En este criterio consideramos de vital importancia la calidad de trabajo que se llegue a realizar en el cuello desmontable fabricado y los factores que influyen en la operación posterior cuando el operario realice el acople y desacople de la mesa de carga.
- MANTENIMIENTO. En este criterio consideraremos la importancia de la gestión de mantenimiento del cuello desmontable fabricado, la dificultad y el tiempo que llegue a emplear el personal capacitado en testear y/o reparar la estructura.

Estos criterios son puntos de especial interés en los parámetros de diseño en el procedimiento de producción y calidad de de INDUSTRIAS FIRME, los cuales nos definen una manera adecuada de como poder seleccionar nuestro modelo de semirremolque para realizar la fabricación:

CRITERIO	VALOR
FACILIDAD DE FABRICACION	20%
COSTOS DE FABRICACION	25%
SEGURIDAD	30%
MANTENIMIENTO	25%

Tabla 3.2: criterio de selección de cuello desmontable.

Para la calificación de las estructuras planteadas del cuello desmontable, realizaremos consultas al personal de experiencia en ingeniería dentro de la Empresa Firme E.I.R.L. mediante reuniones de planificación acerca del proceso de producción de la estructura, por otro lado, se realizó una encuesta para considerar también la opinión de los clientes de la Empresa Firme E.I.R.L. que cuentan con este tipo de semirremolques el cual se adjunta en el anexo. sobre estas consideraciones tendremos el siguiente cuadro de calificación todo esto basado en una encuesta en el anexo y reuniones de producción:

DESCRIPCION	OPCION 01	OPCION 02	OPCION 03
FACILIDAD DE FABRICACION	15	22	13
COSTO DE FABRICACION	16	21	20
SEGURIDAD	17	22	19
MANTENIMIENTO	17	22	20
TOTAL	65%	87%	72%

Tabla 3.3: evaluación de criterios en la selección del cuello desmontable.

Realizado la comparación de los modelos del cuello desmontable donde consideramos criterios adecuados para poder determinar la mejor opción para realizar el cálculo, obtenemos que el modelo 02 es el más adecuado y mejor manejo para su fabricación, ya que se busca la competitividad y eficiencia del producto final frente a los desafíos que se presentaran en el transporte y el coste operativo.

3.4. SELECCIÓN DE MATERIAL A UTILIZAR EN EL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

Durante el proceso de diseño y producción de los semirremolques, uno de los pilares importantes para cumplir con el trabajo al cual va estar sometido la estructura sin presentar ningún tipo de deficiencia, falla o deformaciones plásticas es seleccionar adecuadamente el tipo de acero que se va a utilizar considerando aspectos mecánicos para un criterio de selección adecuado.

- **CAPACIDAD DE CARGA:** la necesidad de tener una mayor capacidad de carga útil y lograr la eficacia del consumo de combustible por cada tonelada cargada en la estructura, lo que traerá la necesidad de tener menor peso del semirremolque sin perder rendimiento, factor de seguridad en el diseño.
- **COMPETITIVIDAD DE LA ESTRUCTURA.** Para tener un campo de aplicación más amplia para el semirremolque, se necesita una estructura competitiva en capacidad de carga en peso y dimensiones, para lo cual se busca tener un mayor alcance a lo largo y ancho de la estructura buscando un acero con el límite de elasticidad alto para lograr un buen rendimiento sin afectar los factores de seguridad.

- **SEGURIDAD Y RESISTENCIA EN FABRICACIÓN DE SEMIRREMOLQUE:**
se busca construir un semirremolque operativo, resistente y ligera el cual basa en un acero que nos brinde una mejor resistencia, tenacidad, consistencia y soldabilidad.
- **SOLDADURA.** El acero a seleccionar tiene que tener un comportamiento adecuado frente a cualquier método convencional de soldadura que sea más fácil de aplicar en la producción para conseguir un adecuado proceso de unión sin alterar las propiedades del material producto de la aportación de calor.
- **CORTE TÉRMICO.** El acero a seleccionar debe tener un buen acabado después del proceso de corte sin ninguna preparación adicional de la superficie durante el corte con plasma, oxicorte, laser.
- **PLEGADO.** Para el proceso de plegado del material, debe ser realizado en equipo de plegado estándar con plegado libre o de rodillos, las tolerancias de espesor ajustadas y una superficie de alta calidad que aseguren un proceso de plegado predecible.
- **CORTE MECÁNICO.** Para realizar el proceso de corte mediante cizalla o guillotina se debe considerar factores que brinden un buen resultado como: ajustes de la maquina como la holgura, Angulo de corte y la dureza de la cuchilla.
- **MECANIZADO.** El acero seleccionado debe ser mecanizado sin utilizar equipos especiales, para este proceso se considera equipos provistos de herramientas de acero y carburo de alta velocidad para el proceso de: Taladrado, Avellanado, Roscado, Torneado, Fresado.
- **COSTOS DE MATERIAL.** El acero a seleccionar debe tener una participación adecuada en el mercado para poder realizar su adquisición a un precio adecuado y con un stock adecuado para realizar un pedido sin restricciones adicionales.

Considerando estos criterios, realizamos un cuadro comparativo donde podemos visualizar los diferentes tipos de aceros disponibles descritos en el anterior capítulo para la fabricación de semirremolques:

CRITERIO PARA LA SELECCIÓN:

CRITERIO		
MALA		1
REGULAR		2
BUENA		3
EXCELENTE		4

Tabla 3.4: criterio para la selección de material a utilizar.

Tendremos lo siguiente: (basándonos en información de fabricante de acero).

CONSIDERACIONES	TIPOS DE ACERO									
	ASTM A-36		ASTM A-572		STRENGTH 700		STRENGTH 900		HARDOX 500	
LIMITE DE ELASTICIDAD	250 MPa.		375 MPa.		700 MPa.		900 MPa.		480 MPa.	
REDUCCION DE PESO	REGULAR	2	REGULAR	2	HASTA 30%	4	HASTA 50%	4	REGULAR	2
CAPACIDAD DE CARGA	REGULAR	2	REGULAR	2	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	BUENA	3
LIBERTAD DE DISEÑO	REGULAR	2	REGULAR	2	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	REGULAR	2
SEGURIDAD Y RESISTENCIA	REGULAR	2	BUENA	3	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4
SOLDADURA	REGULAR	2	BUENA	3	EXCELENTE	4	BUENA	4	EXCELENTE	4
CORTE TERMICO	REGULAR	2	BUENA	3	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4
PLEGADO	BUENA	3	BUENA	3	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	REGULAR	2
CORTE MECANICO	REGULAR	2	REGULAR	2	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4
MECANIZADO	BUENA	3	BUENA	3	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	MALA	1
COSTO DEL MATERIAL	EXCELENTE	4	EXCELENTE	4	BUENA	3	MALA	1	REGULAR	3
	TOTAL	24	TOTAL	27	TOTAL	39	TOTAL	37	TOTAL	29

Tabla 3.5: selección de material a utilizar en la fabricación del cuello desmontable.

Considerando los criterios de selección, notamos dos buenas alternativas para nuestra estructura, el acero de alta resistencia STRENGTH 700 y STRENGTH 900, siendo estos de muy similares propiedades mecánicas frente al tipo de trabajo al cual va estar sometido nuestra estructura, sin embargo en el mercado de proveedores de acero en nuestro país, no se tiene

un stock adecuado para el acero STRENGTH 900 debido al alto costo de compra y venta que este conlleva según el espesor de plancha, ya que este acero también está fabricado para trabajos en grandes estructuras marinas y de alta mar.

En consecuencia, seleccionaremos el ACERO STRENGTH 700 para realizar el diseño de nuestro Cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna de 45 toneladas de capacidad, que nos brinda una alta resistencia para reducir el peso de la estructura, obtener el máximo rendimiento del acero.

3.5. DISEÑO ESTÁTICO DEL CUELLO DESMONTABLE EN UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD.

Para analizar apropiadamente una estructura, se debe tener ciertas consideraciones hipotéticas de cómo están conectados los miembros entre sí, determinar los tipos de cargas que actúan sobre la estructura y obtener las cargas internas de un elemento considerando el tipo de trabajo al cual va estar sometido, determinar mediante cálculos los esfuerzos y deformaciones que llegan a reducirse en situaciones adversas para llegar a tener un diseño de calidad y seguridad.

3.5.1. DISPOSICIONES DE DISEÑO.

a. CARGAS Y COMBINACIÓN DE CARGAS.

- **CARGA MUERTA:** Las cargas muertas son de magnitud constante donde se considera el peso propio de la estructura y otras cargas que estén fijadas de manera permanente. En el caso de diseño se puede estimar los valores de estas cargas para

los análisis respectivos con el fin de seleccionar los miembros estructurales reales para poder después hacer la comparación con los valores asumidos previamente buscando evitar discrepancias entre estos valores, en caso se tenga mencionada diferencia significativa se procedería a realizar un nuevo análisis para brindar una mayor exactitud.

Dentro de nuestro análisis que estamos desarrollando determinaremos la carga muerta de toda la estructura de semirremolque tipo cama cuna, el cual se descompone en dos partes: el cuello desmontable y la mesa de carga.

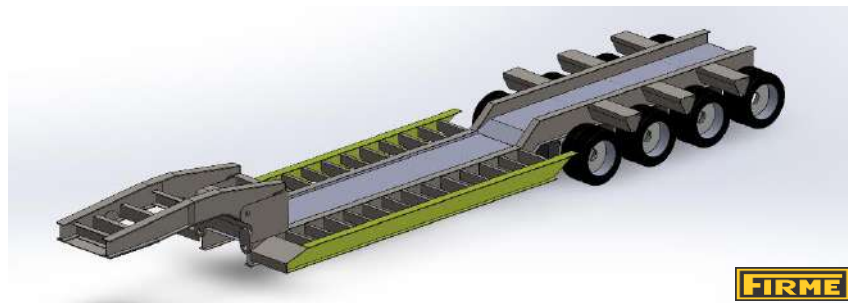


Figura 3.14: representación de carga muerta de un semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

- **CARGA VIVA:** las cargas vivas son de magnitud variable donde cambian de lugar y magnitud según su aplicación, es la carga que puede llegar a transportar la estructura considerando un margen adicional por una situación de seguridad en la estructura como para el operador.

Dentro de nuestro análisis que estamos desarrollando para el cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna de 45 toneladas de capacidad, realizaremos un análisis a la estructura enganchada para poder visualizar la acción de la carga viva para nuestro diseño.

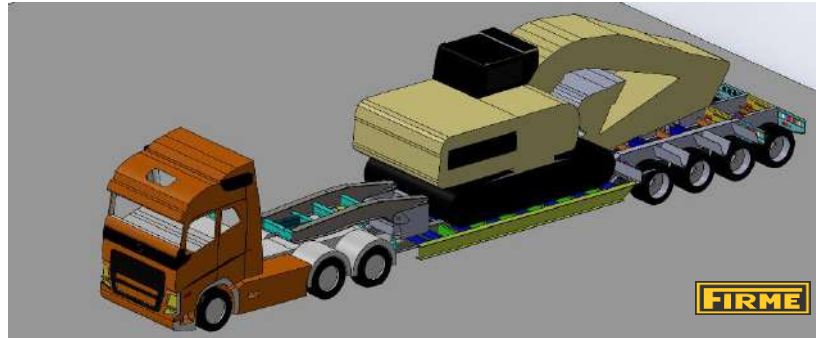


Figura 3.15: representación de la carga viva en un semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

b. APLICACIÓN DE CARGAS.

Para tener un análisis adecuado de nuestra estructura se considerará un semirremolque tipo cama cuna con una capacidad de 45 toneladas en el cual analizaremos las cargas en el cuello desmontable para lo cual determinaremos las reacciones en los puntos de contacto con la mesa de carga posterior.

3.5.2. DISEÑO ESTÁTICO DEL CUELLO DESMONTABLE.

Para poder marcar el adecuado diseño de nuestro cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna de 45 toneladas de capacidad, que cumpla con las características y requerimientos necesarios nos basaremos en los siguientes pasos:

- Geometría de la estructura.
- Determinación de las cargas.
- Diseño de los elementos de la estructura.
- Detalles de diseño.

➤ GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA.

La estructura del cuello desmontable estará compuesta por dos vigas principales tipo “W” de sección variable en el alma en forma de cuello de ganso los cuales estarán unidos mediante puentes comunicantes que aportara propiedades mecánicas (rigidez) a la estructura.

La geometría de nuestro cuello desmontable se muestra con sus respectivas dimensiones.

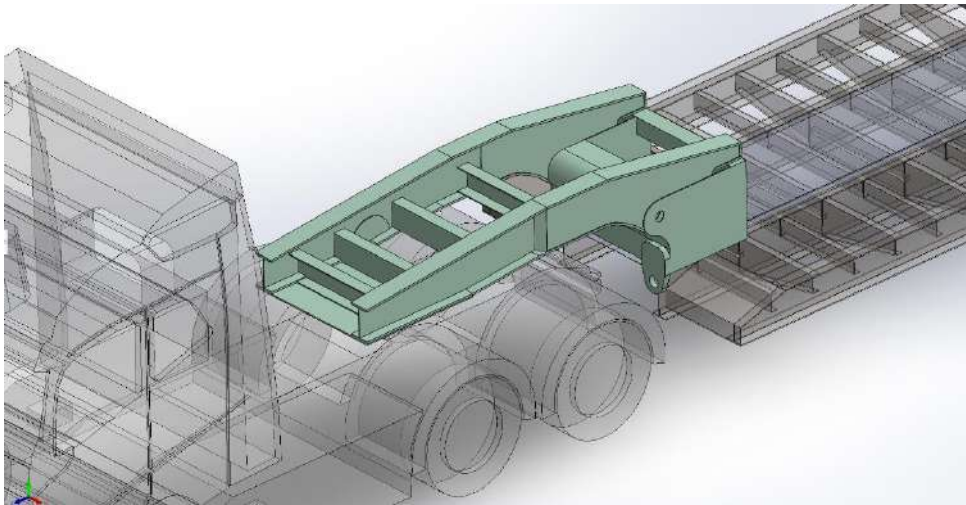


Figura 3.16: geometría del cuello desmontable para su análisis de diseño. (FUENTE: propia)

El detalle del cuello desmontable estará dado en las siguientes vistas:

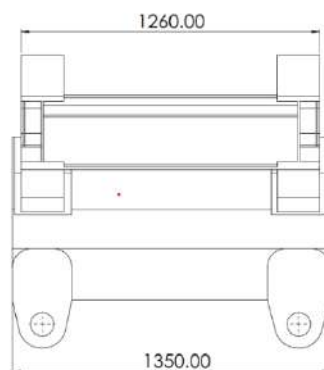


Figura 3.17.: vista frontal del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

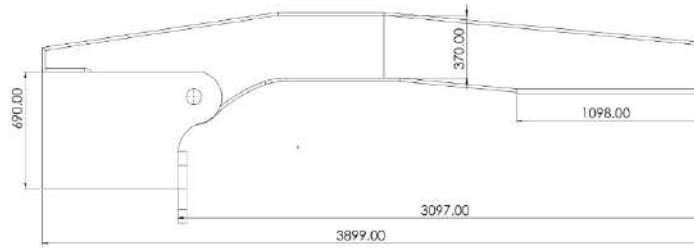


Figura 3.18: vista lateral del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

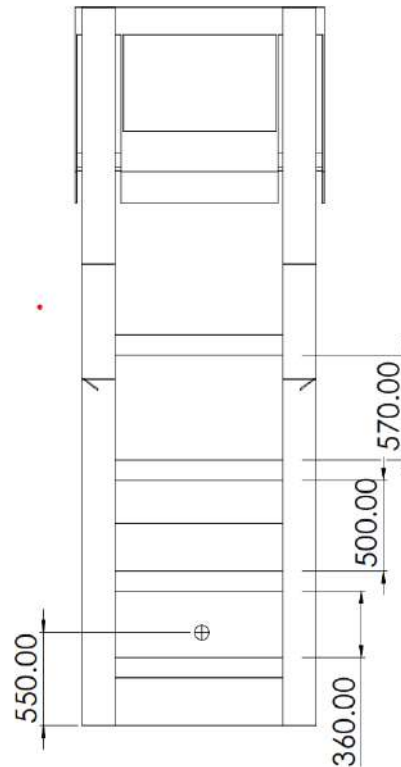


Figura 3.19: vista de planta del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ DETERMINACIÓN DE CARGAS.

En el análisis de nuestra estructura encontraremos que va estar sometida a diferentes cargas las cuales se detalla a continuación:

CARGAS MUERTAS. Las cargas propias de la estructura que se detallan a continuación:

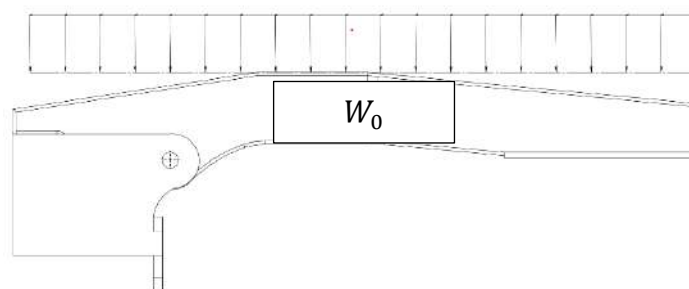


Figura 3.20: representación de la carga muerta en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

En el cuadro vemos los pesos de los diferentes componentes de nuestra estructura:

Considerando como propiedades del acero (considerando: Densidad $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$ según datos ofrecidos por www.materialmundial.com:

PESO DE LA ESTRUCTURA							
DESCRIPCION			AREA (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)	PESO (Kg)	CANTIDAD	PESO TOTAL (Kg)
ELEMENTO	MATERIAL	ESPESOR					
LARGEROS PRINCIPALES	ALMA DE LARGERO PRINCIPAL	9mm	1384756.94	12462812.42	97.83	2	195.66
	PLATINA DE LARGERO PRINCIPAL	19mm	1411777.56	26823773.73	210.56	2	421.12
	PLANCHA DE REFUERZO ALMA DE LARGERO PRINCIPAL	6 mm	691953.83	4151722.96	32.59	4	130.36
	PUENTES INTERMEDIOS	9mm	474749.54	4272745.87	33.54	4	134.16
	PLANCHA KIN PING	12mm	1295263.67	15543164.10	122.01	1	122.01
CAJA POSTERIOR DE SOPORTE	TAPA LATERALES	9mm	682682.48	6144142.32	48.23	4	192.92
	TAPA FRONTAL TIPO ARCO	9mm	402701.98	3624317.83	28.45	1	28.45
	TAPA INFERIOR	9mm	1376264.10	12386376.90	97.23	1	97.23
	TAPA POSTERIOR	9mm	372693.96	3354245.64	26.33	1	26.33
	GANCHOS DE LEVANTE	50.8mm	84811.33	4308415.78	33.82	2	67.64
TOTAL							1415.88

Tabla 6: representación de los pesos de la estructura cuello desmontable. (FUENTE: propia)

*los datos incluidos área, volumen y peso están basados en datos extraídos del software SOLIDWORKS.

CARGAS VIVAS. Son las cargas bajo las cuales estará sometido la estructura durante su operación, en el presente trabajo se planteó una capacidad de 45 toneladas.

➤ DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA.

Para poder representar el punto de aplicación de la carga muerta como una fuerza aplicada en la estructura, tendremos que calcular el centro de masa (X_M ; Y_M) de nuestro Cuello desmontable ya que no tiene una geometría simétrica longitudinalmente, pero si transversalmente presenta simétrica, para lo cual hallaremos el centro de gravedad analizando longitudinalmente los diferentes componentes de la estructura.

➤ CENTRO DE GRAVEDAD DE CUELLO DESMONTABLE.

Para un mejor calculo, seccionaremos la estructura en segmentos geométricos los cuales me facilitaran la ubicación de los centros de gravedad.

Consideraremos para el centro de gravedad partir la estructura en dos secciones iguales lo cual se puede realizar debido a su geometría simétrica como se visualiza en la figura 3.21:

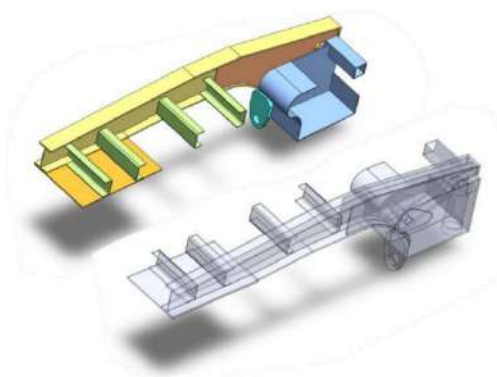


Figura 3.21: geometría simétrica en la estructura del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

1. Localizamos los centros de gravedad de los largueros principales para lo cual lo seccionamos en diferentes regiones colocadas dentro de nuestro croquis.

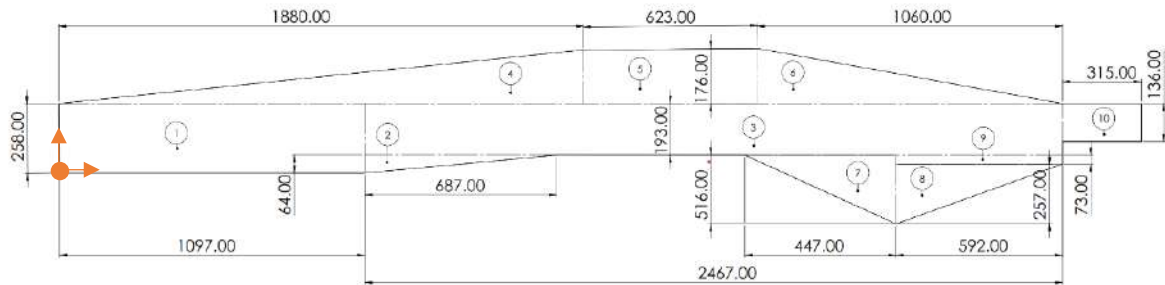


Figura 3.22: seccionamiento de la estructura del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Donde:

CENTROS DE GRAVEDAD LARGERO PRINCIPAL					
SECCION DE ESTRUCTURA	X (mm)	Y (mm)	AREA (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)	masa (Kg.)
SECCION 01	548.50	129.00	298749.67	2688747.00	19.51
SECCION 02	1326.00	42.66	23202.11	208819.00	1.64
SECCION 03	2330.50	160.50	502582.72	4523244.50	34.51
SECCION 04	626.66	316.66	174631.11	1571680.00	11.74
SECCION 05	2191.50	346.00	115739.56	1041656.00	7.37
SECCION 06	2857.33	316.66	98462.22	886160.00	5.95
SECCION 07	2853.00	-21.66	60630.06	545670.50	4.28
SECCION 08	3189.33	-70.00	54279.83	488518.50	3.83
SECCION 09	3283.00	27.50	43305.22	389747.00	3.05
SECCION 10	3721.50	190.00	45220.00	406980.00	3.19
TOTAL DE MASA					95.06

Tabla 3.7: ubicación de centros de gravedad de los elementos en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Considerando:

$$X_M = \frac{(m_1 * x_1 + m_2 * x_2 + m_3 * x_3 + \dots)}{(m_1 + m_2 + m_3 + \dots)} \quad (2)$$

$$Y_M = \frac{(m_1 * y_1 + m_2 * y_2 + m_3 * y_3 + \dots)}{(m_1 + m_2 + m_3 + \dots)} \quad (3)$$

Tendremos reemplazando valores:

$$X_M = 1883.48 \text{ mm.}$$

$$Y_M = 177.353 \text{ mm}$$

2. Hallamos centro de gravedad de la platina que envuelve los largueros principales como se ve en la figura 3.23 mostrada de color naranja:

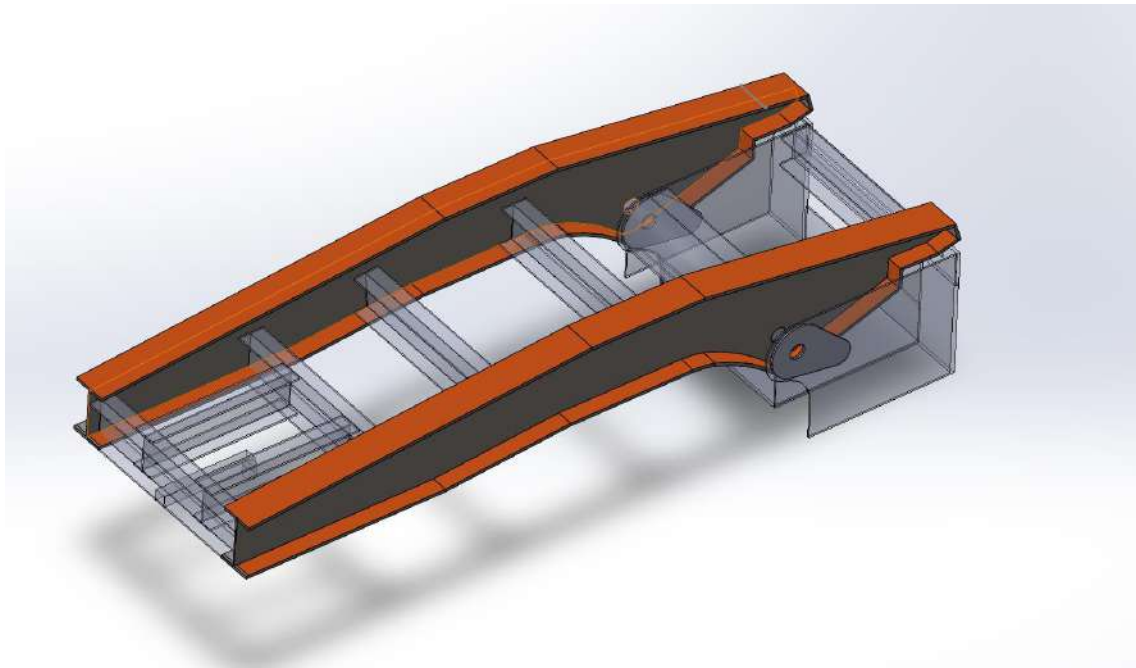


Figura 3.23: seccionamiento de la estructura del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

CENTROS DE GRAVEDAD PLATINA					
SECCION DE ESTRUCTURA	X (mm)	Y (mm)	AREA (mm2)	VOLUMEN (mm3)	masa (Kg.)
PLATINA 01	940.00	346.00	716781.44	6451033.00	50.64
PLATINA 02	2191.50	346.00	236366.11	2127295.00	16.70
PLATINA 03	3033.00	346.00	407866.38	3670797.43	28.81
PLATINA 04	3564.60	60.00	100920.40	908283.60	7.13
PLATINA 05	3283.00	-100.50	224664.84	2021983.54	15.87
PLATINA 06	2778.50	-64.50	195979.07	1763811.63	13.84
PLATINA 07	2169.50	64.00	292517.40	2632656.60	20.66
PLATINA 08	1440.50	32.00	261869.47	2356825.21	18.50
PLATINA 09	548.50	0.00	416201.80	3745816.20	29.40
TOTAL DE MASA					201.54874

Tabla 3.8: centros de gravedad de las platinas en el cuello desmontable.

Tendremos reemplazando valores para el centro de gravedad:

$$X_M = 1861.08 \text{ mm.}$$

$$Y_M = 164.379 \text{ mm}$$

1. Hallamos centro de gravedad de la caja de apoyo posterior el cual también seccionamos su geometría para determinar su centro de gravedad:

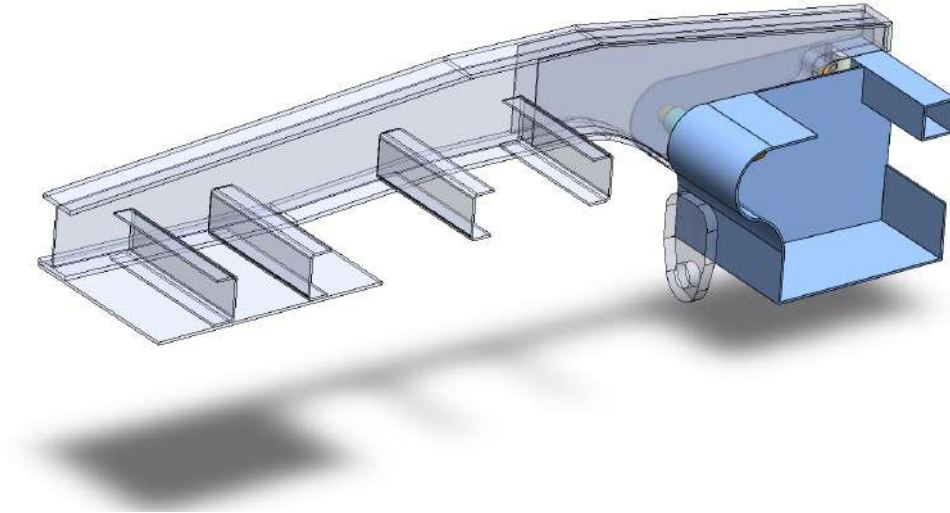


Figura 3.24: vista en corte del cuello desmontable marcando la ubicación de la caja de soporte. (FUENTE: propia)

De la figura 3.25, tendremos las siguientes dimensiones para la caja de soporte del cuello desmontable identificando con secciones:

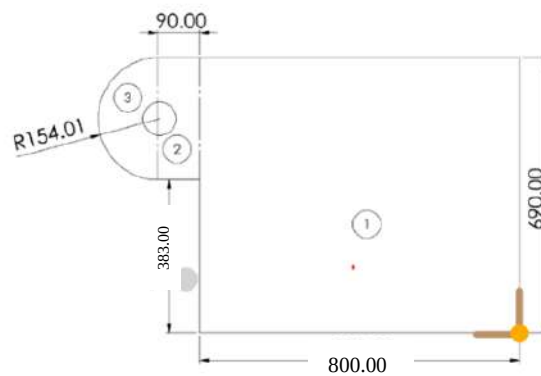


Figura 3.25: Dimensiones de la caja de soporte posterior del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

tomaremos en consideración la mitad de la estructura en la caja de soporte posterior:

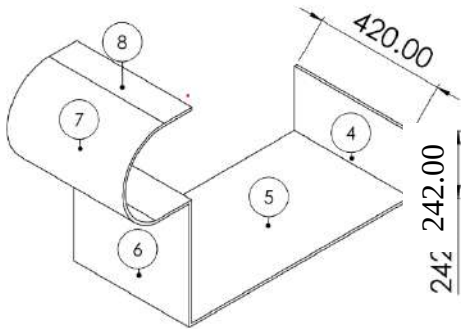


Figura 3.26: sección de la caja posterior del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Hallamos los siguientes valores para el centro de gravedad:

CENTROS DE GRAVEDAD CAJON POSTERIOR					
SECCION DE ESTRUCTURA	X (mm)	Y (mm)	AREA (mm2)	VOLUMEN (mm3)	masa (Kg.)
SECCION 01	401.19	345.00	585967.92	5273711.30	41.40
SECCION 02	847.38	536.92	29177.05	262593.43	2.06
SECCION 03	957.73	460.84	39446.89	355021.97	2.79
SECCION 04	401.19	0.00	84420.00	759780.00	5.96
SECCION 05	802.38	191.92	307438.97	2766950.73	21.72
SECCION 06	0.00	121.31	143220.00	1288980.00	10.12
SECCION 07	847.38	460.84	124363.04	1119267.38	8.79
SECCION 08	957.73	460.84	170853.79	1537684.11	12.07
SECCION 09	0.00	345.00	183009.04	1647081.33	8.38
TOTAL DE MASA					113.287893

Tabla 3.9: ubicación de los centros de gravedad de la caja de soporte en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Obtenemos los siguientes valores:

$$X_M = 489.04mm.$$

$$Y_M = 228.286\; mm$$

2. Hallamos centro de gravedad de los travesaños y la plancha de arrastre:

CENTROS DE GRAVEDAD DE COMPLEMENTOS					
SECCION DE ESTRUCTURA	X (mm)	Y (mm)	AREA (mm2)	VOLUMEN (mm3)	masa (Kg.)
TRAVESAÑO 01	1805.05	761.47	251524.61	2263721.49	17.77
TRAVESAÑO 02	2560.91	724.82	251524.61	2263721.49	17.77
TRAVESAÑO 03	3143.67	677.97	251524.61	2263721.49	17.77
TRAVESAÑO 04	3558.14	677.97	251524.61	2263721.49	17.77
PLANCHA DE ARRASTRE	3350.00	567.97	1451408.11	17416897.37	136.72
GANCHOS DE ENGANCHE INFERIOR	802.38	0.00	84809.69	4308332.07	33.82
REFUERZO DE ALMA DE LARGUERO	1094.36	755.24	1383880.76	8303284.58	65.18
TOTAL DE MASA					306.801

Tabla 3.10: centros de gravedad de los componentes adiciones en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Tendremos reemplazando valores para el centro de gravedad:

$$X_M = 2454.86 \text{ mm.}$$

$$Y_M = 578.18 \text{ mm}$$

Hallamos en centro de gravedad total:

CENTRO DE GRAVEDAD TOTAL			
SECCION DE ESTRUCTURA	X (mm)	Y (mm)	MASA (Kg)
CENTRO DE GRAVEDAD LARGERO PRINCIPAL	1883.48	177.35	95.06
CENTRO DE GRAVEDAD PLATINA	1861.08	164.38	201.55
CENTRO DE GRAVEDAD CAJON POSTERIOR	489.04	228.29	113.29
CENTRO DE GRAVEDAD COMPLEMENTOS	2454.86	578.18	306.80
TOTAL DE MASA			716.70
TOTAL DE MASA DE ESTRUCTURA			1433.40

Tabla 3.11: centros de gravedad de las platinas en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Tendremos los valores de nuestro centro de gravedad para nuestros cálculos:

$$X_M = 1901.35 \text{ mm.}$$

$$Y_M = 353.33 \text{ mm.}$$

$$Z_M = 540 \text{ mm.}$$

El cual se muestra en la figura 3.27, ubicando así el centro de gravedad:

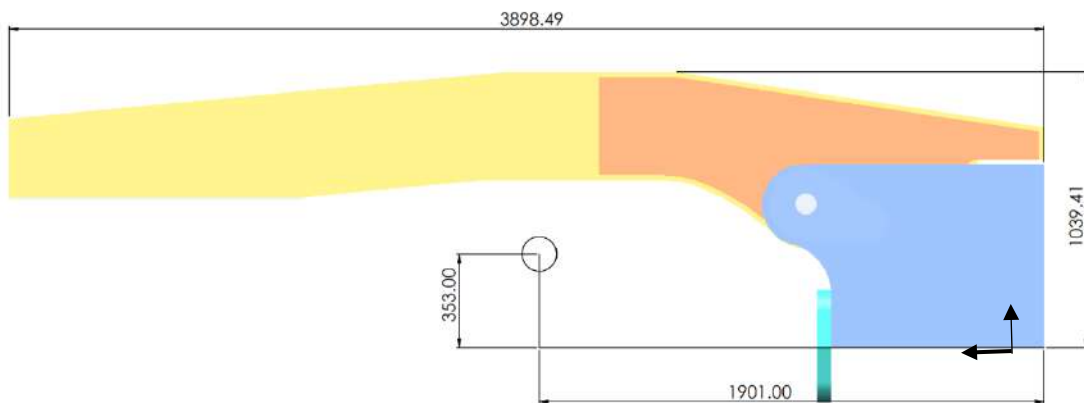


Figura 3.27: centro de gravedad del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Una vez hallado todos los valores de centro de gravedad de los componentes de nuestra estructura, procedemos a determinar el punto donde se va a aplicar la fuerza equivalente a la carga muerta, para lo cual consideraremos dentro del estudio la mesa de carga para después analizar el cuello desmontable porque estos están conectados durante su trabajo.

➤ REACCIONES POR CARGA MUERTA EN LA ESTRUCTURA:

Considerando el peso de la estructura de la mesa de carga y el cuello desmontable, donde consideraremos las reacciones en la plancha de frotamiento (R1) y en los apoyos de los ejes posteriores (R2, R3, R4 y R5), hallaremos estas reacciones

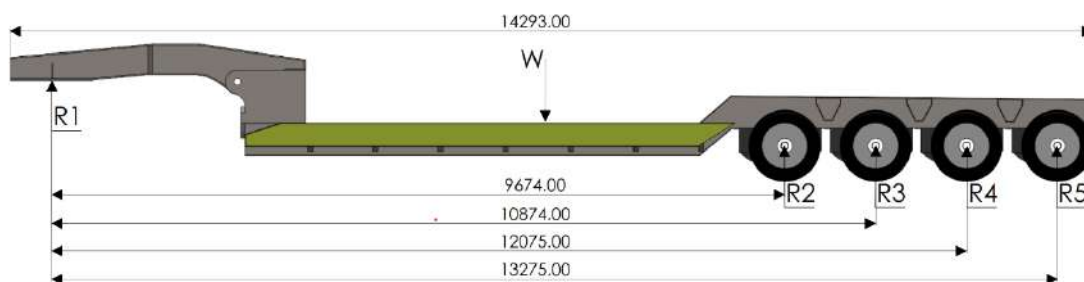


Figura 3.28: reacciones de la carga muerta en el semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

Si:

$$Masa_{SEMIRREMOLQUE} = M_{CUELLO} + M_{MESA}$$

$$M_{SEMIREMOLQUE} = 1433Kg + 7600Kg$$

$$M_{SEMIREMOLQUE} = 9033 Kg.$$

$$W_{SEMIREMOLQUE} = 9033 Kg * 9.81 m/s^2$$

$$W_{SEMIREMOLQUE} = 88613.73 N.$$

La carga distribuida a lo largo del semirremolque:

$$W_0 = \frac{88613.73}{13.275} = 6675.23 N/m$$

Si:

$$R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$$

- Hallamos reacciones según la ecuación:

$$\sum F_Y: R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = W_{semiremolque}$$

- Considerando en momento:

$$\sum M = 0; (sentido horario+), \text{ respecto al punto R1:}$$

$$88613.73N * (6596.33mm)$$

$$= R * (9674mm + 10874mm + 12075mm + 13275mm)$$

$$R = 13018.96 N.$$

Entonces determinamos la reacción en la plancha de frotamiento del cuello desmontable:

$$R_1 = 36537.89 N.$$

a. CARGA MUERTA EN EL CUELLO DESMONTABLE:

Considerando el peso de la estructura del cuello desmontable, hallaremos las reacciones presentes, en la plancha de arrastre donde se ubica el King pin y el otro punto de apoyo en los ganchos que soporta la mesa de carga.

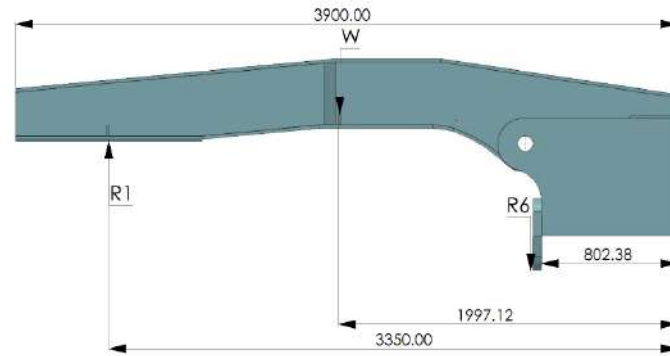


Figura 3.29: reacciones de la carga muerta en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Si:

$$Masa_{CUELLO} = 1433.40 \text{ Kg.}$$

$$W_{cuello} = 14061.65 \text{ N.}$$

Hallamos reacciones según la ecuación:

$$\sum F_Y: R_1 - R_6 - W_{CUELLO} = 0$$

$$36537.89\text{N} - R_6 - 14061.65\text{N} = 0$$

$$R_6 = 22476.24 \text{ N.}$$

La reacción R_6 nos representa la magnitud de la fuerza actuante en el gancho cuando soporta la mesa de carga para un análisis de carga muerta.

- REACCIONES POR CARGA VIVA EN LA ESTRUCTURA:

Considerando la capacidad de carga para cual está diseñado la mesa de carga, hallaremos las reacciones presentes, en la suspensión y en eje que se engancha entre la mesa de carga con el cuello de desmontable.



Figura 3.30: reacciones de la carga viva en el semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

Si:

$$M_{carga-semiremolque} = 45000 \text{ Kg.}$$

$$W_{carga-semirremolque} = 441450 \text{ N.}$$

$$W_{0v} = \frac{441450}{6.00} = 73575.00 \text{ N/m}$$

- Hallamos reacciones según la ecuación:

$$\sum F_Y: R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = W_{semiremolque}$$

- Consideramos el momento:

$\sum M = 0$ (sentido horario+) respecto al punto R1:

$$441450 \text{ N} * (5055 \text{ mm})$$

$$= R * (9674 \text{ mm} + 10874 \text{ mm} + 12075 \text{ mm} + 13275 \text{ mm})$$

$$R = 48619.32 \text{ N.}$$

Entonces determinamos la reacción actuante en la planta de frotamiento del cuello desmontable:

$$R_1 = 276972.70 \text{ N.}$$

b. CARGA VIVA EN EL CUELLO DESMONTABLE:

Considerando las reacciones determinadas en la mesa de carga determinamos las reacciones en el cuello desmontable.

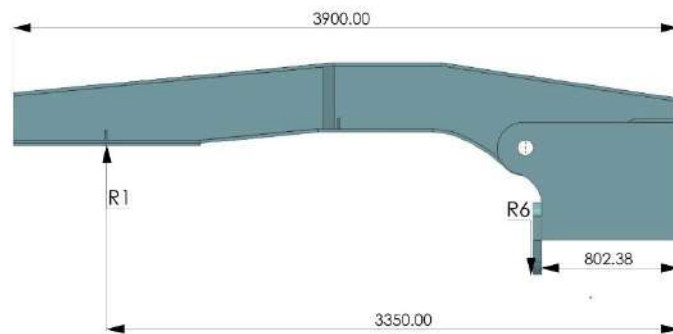


Figura 3.31: reacciones de la carga viva en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Si:

Hallamos reacciones según la ecuación:

$$\sum F_Y: R_1 - R_6 = 0$$

$$R_6 = 276972.70 \text{ N}$$

En resumen, tendremos las reacciones en toda la estructura:

REACCIONES DE LOS APOYOS DEL CUELLO DESMONTABLE			
DESCRIPCION		KING-PIN (N)	GANCHO DE SOPORTE (N)
CARGAS MUERTA	DEBIDO A LA TARA	36537.89	22476.24
CARGAS VIVAS	DEBIDO A LA CARGA	276972.70	276973.70

Tabla 3.11: reacciones de la carga muerto y carga viva en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ DISEÑO DE LOS LARGUEROS PRINCIPALES.

Considerando que los largueros principales son las piezas donde inicia nuestro diseño debido a que soportan las cargas de manera longitudinal. Para realizar el diseño, tomaremos como punto de inicio la geometría del larguero principal basado en un modelo actual de nuestra marca para este producto para poder realizar modificaciones según se requiera durante nuestro análisis. Calculamos las reacciones que actúan dentro de los largueros principales que será la mitad del valor determinado para toda la estructura del cuello desmontable.

REACCIONES EN EL LARGERO PRINCIPAL DEL CUELLO DESMONTABLE			
DESCRIPCION		KING-PIN (N)	GANCHO DE SOPORTE
CARGAS MUERTA	DEBIDO A LA TARA	18268.95	11238.12
CARGAS VIVAS	DEBIDO A LA CARGA	138486.35	138486.85

Tabla 3.12: reacciones que actúan en el larguero principal del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

3.4.3. CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES EN LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.

En los largueros principales realizaremos dos cálculos, el primero con las reacciones de la carga muerta y otra con las cargas vivas al cual estará sometido la estructura para poder determinar los esfuerzos cortantes y momentos flectores en ambos casos.

➤ CARGA MUERTA

El cuello desmontable lo dividiremos en secciones para determinar los esfuerzos cortantes y momentos flectores lo que visualizamos en la figura 3.32.

LIMITES:

- $0 < X < 0.55 \text{ mm.}$
- $0.55 \text{ mm} < X < 3.097 \text{ mm.}$
- $3.097 \text{ mm} < X < 3.899 \text{ mm.}$

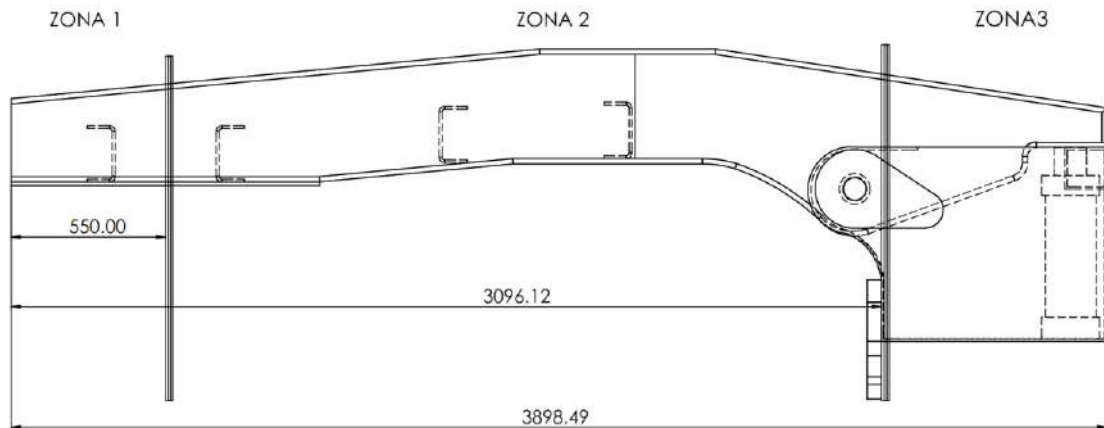


Figura 3.32: secciones en el cuello desmontable frente a los esfuerzos cortantes y momentos flectores.

(FUENTE: propia)

HALLAMOS EN $0 < X < 0.55 \text{ mm.}$

$m = 501.65$ (masa del larguero principal)

$L = 3.899 \text{ m}$

$W = 501.65 \cdot 9.81 = 4921.18 \text{ N.}$

$W_0 = 1262.166 \text{ N/m.}$

$$V = 1262.16 \cdot x$$

$$M = (1262.16 \cdot X) \cdot \frac{X}{2}$$

$$M = 631.08 \cdot X^2$$

HALLAMOS EN $0.55 \text{ mm} < X < 3.097 \text{ mm}$.

$$V = 1262.16 * X - 18268.95.$$

$$M = (1262.16 * X) * \frac{X}{2} - (18268.95) * (X - 0.55)$$

$$M = 631.08 * X^2 - 18268.95 * X + 10047.92$$

HALLAMOS EN **3.097** mm $< X < 3.899 \text{ mm}$

m= 206.28 Kg (masa de la caja posterior)

$$L = 0.802 \text{ m}.$$

$$W = 2023.06 \text{ N}.$$

$$W_0 = 2523.25 \text{ N/m}.$$

$$V = 1262.16 * X - 18268.95 + 2523.25 * (X - 3.097.) + 11238.12$$

$$V = 1262.16 * X - 18268.95 + 2523.25 * X - 7814.5 + 11238.12$$

$$V = 3785.41 * X - 14845.33$$

$$M = (1262.16 * X) * \frac{X}{2} - 18268.95 * (X - 0.55)$$

$$+ 2523.25 * (X - 3.097) * (X - 3.498) + 11238.12 * (X - 3.097)$$

$$M = 631.08 * X^2 - 18268.95 * X + 10047.92 + (2523.25 * X - 7814.50)$$

$$* (X - 3.498) + 11238.12 * X - 34804.45$$

$$M = 631.08 * X^2 - 18268.95 * X + 10047.92 + 2523.25 * X^2 - 8826.32 * X \\ - 7814.5 * X + 27335.121 + 11238.12 * X - 34804.45$$

$$M = 3154.33 * X^2 - 14845.33 * X + 2578.591$$

➤ CARGA VIVA

El cuello desmontable lo dividiremos en secciones para determinar los esfuerzos cortantes y momentos flectores ahora considerando la carga viva.

LIMITES:

- $0 < X < 0.55 \text{ mm.}$
- $0.55 \text{ mm} < X < 3.097 \text{ mm.}$
- $3.097 \text{ mm} < X < 3.899 \text{ mm.}$

HALLAMOS EN $0 < X < 0.55 \text{ mm.}$

$$V = 0 : M = 0$$

HALLAMOS EN $0.55 \text{ mm} < X < 3.097 \text{ mm.}$

$$V = -138486.35$$

$$M = -138486.35 * (X - 0.55)$$

$$M = -138486.35 * X + 76167.49$$

HALLAMOS EN $3.097 \text{ mm} < X < 3.899 \text{ mm.}$

$$V = -138486.35 + 138486.35$$

$$V = 0$$

$$M = -138486.35 * (X - 0.55) + 138486.35 * (X - 3.097)$$

$$M = -138486.35 * X + 76167.49 + 138486.35 * X - 428892.22$$

$$M = -352724.73$$

Definido las ecuaciones de la cortante y el momento máximo, procedemos a obtener el comportamiento y una curva y ubicar la zona critica.

➤ CARGA MUERTA:

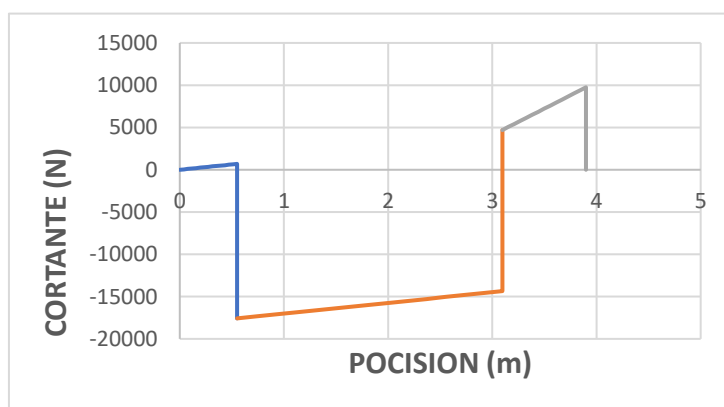


Figura 3.33: diagrama de fuerza cortante para el cuello desmontable en carga muerta. (FUENTE: propia)

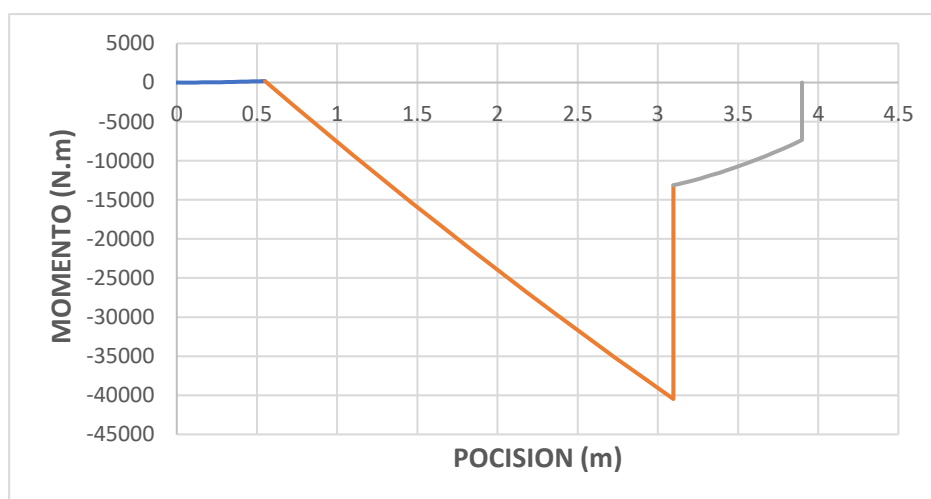


Figura 3.34: diagrama de momentos flectores para el cuello desmontable en carga muerta. (FUENTE: propia)

➤ CARGA VIVA.

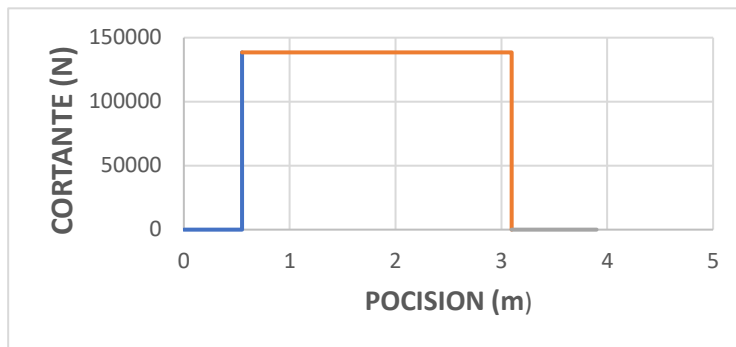


Figura 3.35: Diagrama de fuerza cortante para el cuello desmontable en carga viva. (FUENTE: propia)

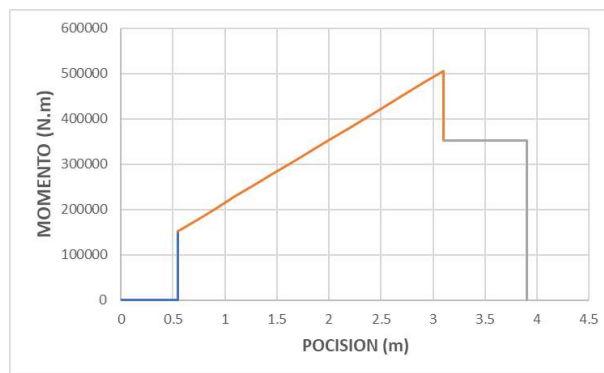


Figura 3.36: Diagrama de momento flector para el cuello desmontable en carga viva. (FUENTE: propia)

Después de tener los gráficos, tendremos el siguiente cuadro donde vemos los valores máximos de cortante y momento de cada caso que vimos:

	CARGA MUERTA	POSICION (m)
CORTANTE MAX. 1 (N)	17574.762	0.55
MOMENTO MAX. 1(N*m)	40478.072	3.097
	CARGA VIVA	POSICION (m)
CORTANTE MAX. 2 (N)	138486.35	0.55
MOMENTO MAX. 2(N*m)	352724.73	3.097

Table 3.13: secciones en el cuello desmontable frente a los esfuerzos cortantes y momentos flectores.

(FUENTE: propia)

Según la American Institute of Steel Construcción [AISC], 2010,, en sus especificaciones para construcciones en acero bajo norma 360.10, se tiene que cumplir las siguientes condiciones según el manual de construcción del acero para garantizar que las dimensiones asumidas cumplen con el trabajo sin presentar fallas:

$$M_U = 1.2 * M_{max1} + 1.6 * M_{max2}$$

$$M_U \leq \phi_b * F_y * Z$$

$$V_U = 1.2 * V_{max1} + 1.6 * V_{max2}$$

$$V_U \leq \phi_v * V_n$$

Donde:

- M_{max1} : Momento flector máximo 1.
- M_{max2} : Momento flector máximo 2.
- V_{max1} : Fuerza cortante máximo 1.
- V_{max2} : Fuerza cortante máximo 2.
- M_U : Momento último.
- $\phi_b; \phi_v = 0.9$; Vigas sometidas a flexión y corte.
- F_y : fuerza de fluencia. ($700 * 10^6$, *detallado en la pag. 53 – propiedades del acero de alta resistencia STRENGTH 700*)
- $Z ; Z_v$: modulo plástico del material.
- V_U : Cortante último.
- V_n : resistencia nominal a cortante.
- $V_n = 0.6 * F_y * A_w$.

Reemplazando los valores para determinar cortante y momento ultimo:

$$M_U = 1.2 * (40478.07) + 1.6 * (352724.73)$$

$$M_U = 612933.248 \text{ N} * \text{m}.$$

$$V_U = 1.2 * (17574.76) + 1.6 * (138486.35)$$

$$V_U = 242667.87 \text{ N}.$$

Despejando el valor del módulo de plasticidad para realizar la igualdad al valor del módulo teórico y comprobar que la estructura no sufre deformación plástica:

$$\frac{M_U}{\phi_b * F_y} \leq Z_v$$

$$\frac{0.612933 * 10^6}{0.9 * 700 * 10^6} = 0.0009729 \text{ m}^3 \leq Z_v$$

HALLAMOS EL MÓDULO PLÁSTICO TEÓRICO DE NUESTRA VIGA (Z_v):

Si dentro de nuestra estructura, tomaremos como punto de análisis la zona critica con mayor carga y menor área en el cual realizaremos si soporta el trabajo al cual va estar sometido:

Tendremos las dimensiones:

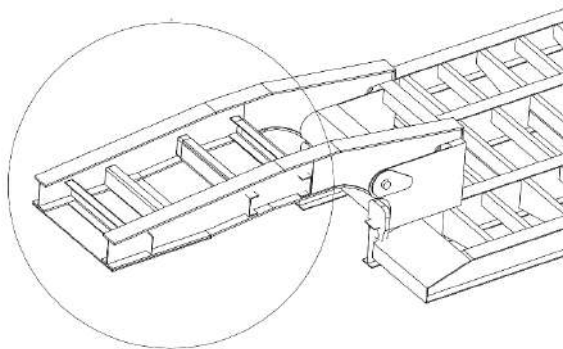


Figura 3.37: localización de la zona del larguero de menor dimensión en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)



Figura 3.38: dimensiones de la viga “W” en la zona de menor dimensión en el cuello desmontable.

(FUENTE: propia)

Dentro del comportamiento interno de la viga, conocemos que este tendrá una zona en compresión y la otra en tensión, el cual vemos en el grafico 3.39:

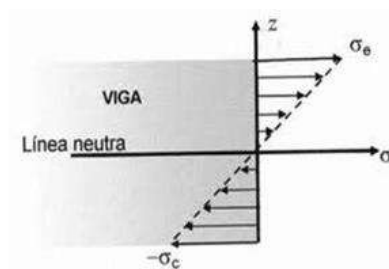


Figura 3.39: comportamiento interno de la viga frente a cargas mecánicas. (FUENTE: Facultad de Ingeniería -ULA)

Hallaremos las áreas y los centroides de trabajo la zona 1:

$$\text{Area 1: } 180\text{mm} * 19.05\text{mm} = 3429.00\text{mm}^2.$$

$$\text{Area 2: } 154\text{mm} * 9.53\text{mm} = 1467.62\text{mm}^2.$$

$$\sum \text{Area} = 4896.62\text{mm}^2.$$

$$\text{Centroide 1: } 154\text{mm} + \frac{19.05}{2}\text{mm} = 163.52\text{mm}.$$

$$\text{Centroide 2: } \frac{154}{2}\text{mm} = 77\text{mm}.$$

Hallamos distancia del centroide equivalente “a”:

$$a = \frac{\sum(Area * Cenroide)}{\sum(Area)} = \frac{560710.08mm^3 + 113006.74mm^3}{4896.62mm^2}$$

$$a = 137.588mm.$$

Tendremos que:

$$Z_V = \left(\sum Area \right) * (2 * a) = 4846.62mm^2 * 2 * 137.588mm.$$

$$Z_V = 1347433.64mm^3 = Z_V = 0.001347m^3$$

Entonces, comparamos los valores del módulo plástico de nuestra viga “Z_V” determinada en una zona critica con el valor del módulo plástico “Z” determinado por las cargas de corte y momentos, donde comprobamos que el modulo "Z_V" debe ser mayor al “Z” para que tenga el comportamiento mecánico adecuado para las dimensiones que se asumió en la estructura:

$$Z \leq Z_V$$

$$0.0009729m^3 \leq 0.001347m^3$$

Según las especificaciones de diseño del ANSI (2010), el perfil debe cumplir la siguiente relación para comprobar si las dimensiones asumidas tienen la capacidad de soportar las cargas mecánicas a los cuales va estar sometido diseño de cargas ultimas:

$$\left(\frac{M_U}{\phi_b * M_n} \right)^2 + \left(\frac{V_U}{\phi_v * V_n} \right)^2 \leq 1$$

Reemplazando valores tendremos:

$$\left(\frac{612933.248}{0.9 * 690 * 10^6 * 0.001347} \right)^2 + \left(\frac{242667.87}{0.6 * 690 * 10^6 * 0.00489} \right)^2 \leq 1$$

$$0.323 \leq 1$$

➤ **DISEÑO DE LOS PUENTES TRANSVERSALES.**

Al igual que la estructura principal, los puentes intermedios también se analizarán considerando las cargas muertas y vivas para determinar las cargas por unidad de área.

Para realizar el análisis consideraremos que los puentes intermedios están sometidos a la misma fuerza cortante y momento flector que los puentes que están a lo largo de la plataforma ya que tienen las mismas dimensiones.

Tenemos:

- Longitud de plataforma en la mesa de carga: 6.00 metros.

CARGA MUERTA A LO LARGO DE LA MESA DE CARGA

- $W_0 = 6675.23 \text{ N/m} * 6\text{m} = 40051.38 \text{ N.}$: Carga muerta.

CARGA VIVA A LO LARGO DE LA MESA DE CARGA.

- $W_{0v} = 73575 \text{ N/m} * 6\text{m} = 441450 \text{ N.}$: Carga viva.
- $A_{carga} = 6.00\text{m} * 3.00\text{m} = 18.00 \text{ m}^2$: Area de carga en la mesa de carga.

Determinamos el esfuerzo al que estará distribuido en el puente intermedio:

$$C_{MUERTA} = \frac{40051.38}{18} = 2225.07 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$C_{VIVA} = \frac{441450}{18} = 24525 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Considerando que el área de contacto del puente transversal será donde interactúa las cargas tomaremos en consideración la dimensión del ala del perfil para determinar la carga actuante a lo largo del puente transversal:



Figura 3.40: ubicación de los puentes transversales en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

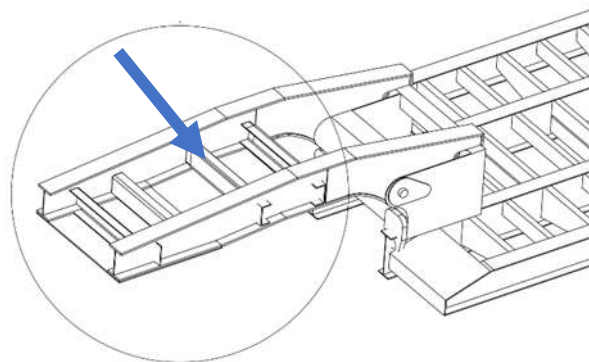


Figura 3.41: ubicación del puente transversal tipo C ubicado en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Para las dimensiones de este puente transversal, consideraremos las dimensiones de este elemento en un semirremolque tipo cama baja de cuello fijo tipo ganso bajo el cual se está utilizando este soporte para nuestro análisis estructural.

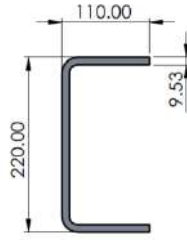


Figura 3.42: puente transversal tipo C ubicado en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Para obtener la distribución lineal se toma la dimensión del ala en el perfil:

$$C'_{MUERTO} = 2225.07 \frac{N}{m^2} * 0.11m = 244.75 N /m$$

$$C'_{VIVO} = 24525 \frac{N}{m^2} * 0.11m = 2697.75 N /m$$

Estas cargas están distribuidas a lo largo del puente transversal, ahora calculamos su comportamiento mecánico;

PARA LA CARGA MUERTA:

$$C'_{MUERTO} = 244.75 N /m$$

$$X = 1.08m.$$

DIAGRAMA CORTANTE y MOMENTO FLECTOR:

$$V = -122.32 * X^2 + 132.16$$

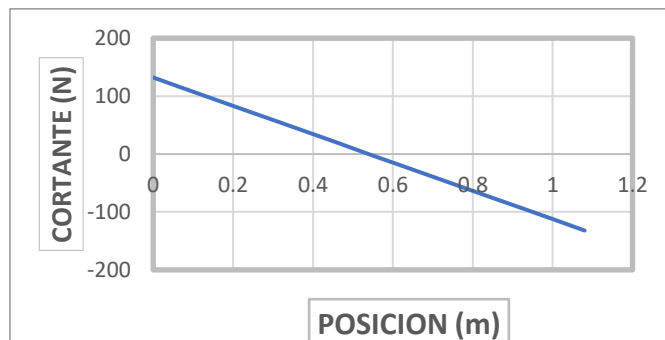


Figura 3.43: Diagrama de fuerza cortante en el puente transversal del cuello desmontable en carga muerta. (FUENTE: propia)

$$M = -122.32 * X^2 + 132.16 * X + 23.78$$

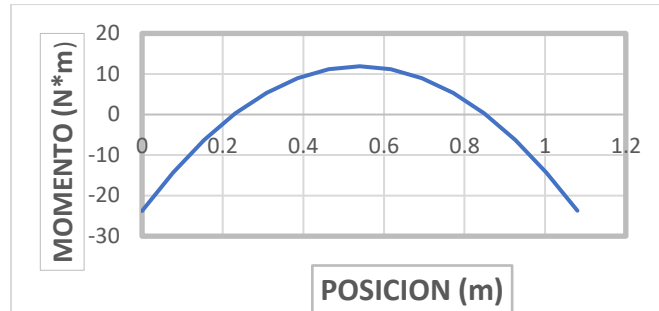


Figura 3.44: Diagrama de momento flector en el puente transversal para el cuello desmontable en carga muerta.
(FUENTE: propia)

PARA LA CARGA VIVA:

$$C'_{MUERTO} = 2697.75 \text{ N /m}$$

$$X = 1.08m.$$

DIAGRAMA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR:

$$V = -2697.75 * X + 1456.78$$

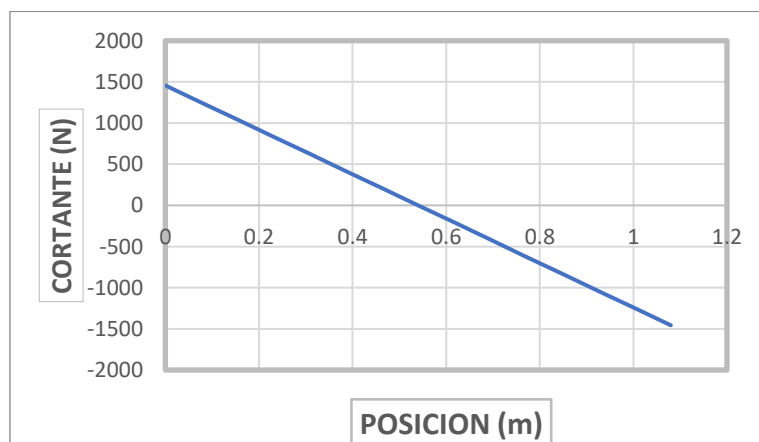


Figura 3.45: Diagrama de fuerza cortante en el puente transversal en el cuello desmontable en carga viva.
(FUENTE: propia)

$$M = -1348.78 * X^2 + 1456.78 * X + 262.22$$

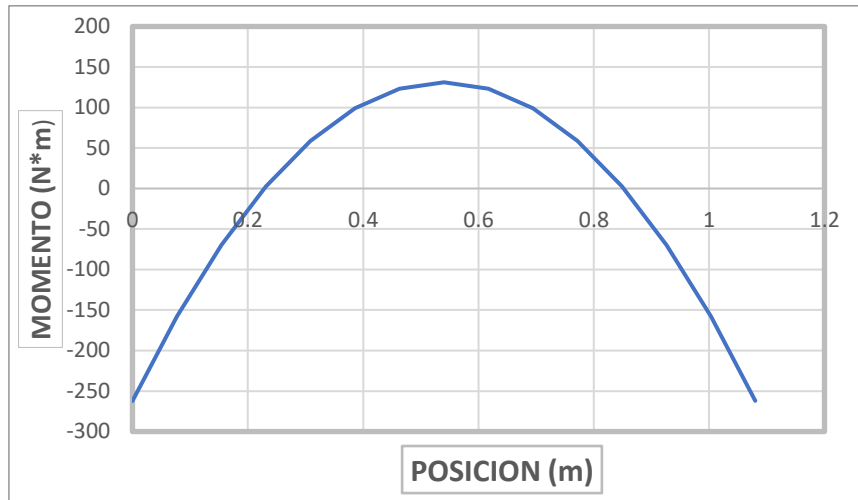


Figura 3.46: Diagrama de momento flector en el puente transversal para el cuello desmontable en carga viva. (FUENTE: propia)

Teniendo los valores máximos en los gráficos, procedemos a calcular los siguientes valores correspondiente al diseño:

	CARGA MUERTA	POSICION (m)
CORTANTE MAX. 1 (N)	132.16	0
MOMENTO MAX. 1(N*m)	11.909	0.54
	CARGA VIVA	POSICION (m)
CORTANTE MAX. 2 (N)	1456.78	0
MOMENTO MAX. 2(N*m)	131.13	0.54

Tabla 3.14: Valores de fuerza cortante y momento flector en el puente transversal. (FUENTE: propia)

Desarrollamos:

$$M_U = 1.2 * D + 1.6 * L$$

$$M_U = 1.2 * (11.909) + 1.6 * (131.13)$$

$$M_U = 224.098 \text{ N} * \text{m}$$

$$V_U = 1.2 * D + 1.6 * L$$

$$V_U = 1.2 * (132.16) + 1.6 * (1456.78)$$

$$V_U = 2489.43 \text{ N}$$

Comprobamos que las dimensiones de nuestro puente transversal es el adecuado para soportar la cortante requerido y al momento requerido al cual va estar sometido.

$$\frac{M_U}{\phi_b * F_y} \leq Z_v$$

$$\frac{224.098}{0.9 * 250} \leq Z_v$$

Reemplazando tendremos la igualdad:

$$0.0000995 \leq 0.000228$$

También consideramos la siguiente condición:

$$\left(\frac{M_U}{\phi_b * M_n}\right)^2 + \left(\frac{V_U}{\phi_v * V_n}\right)^2 \leq 1$$

Donde:

$\phi_b = 0.9$; Vigas sometidas a flexión y corte.

$F_y = 250 \text{ MPA}$: Esfuerzo de fluencia.

$Z_v = 2.28 * 10^{-4} \text{ m}^3$: Modulo de plasticidad.

$A_w = 4.011 * 10^{-3} \text{ m}^2$: Área cortante de contacto.

$$V_n = (250 * 10^6) * (4.011 * 10^{-3}) = 1002750 \text{ N}$$

$$M_n = (250 * 10^6) * (2.28 * 10^{-4}) = 57000 \text{ N} * \text{m}$$

Reemplazamos:

$$\left(\frac{224.098}{0.9 * 57000}\right)^2 + \left(\frac{2489.43}{0.6 * 1002750}\right)^2 \leq 1$$

$$0.0036 \leq 1$$

Vemos que las dimensiones que asumimos para el puente transversal son las adecuadas ya que no se ven afectadas por las fuerza cortante y momento flector lo cual no va producir deformación plástica.

- DISEÑO DE LA PLANCHA DE ARRASTRE (KING-PIN):

Para este cálculo, detallaremos las dimensiones de la plancha de frotamiento en la figura:



Figura 3.47: plancha de frotamiento donde está ubicado el King-pin de nuestro cuello desmontable.

(FUENTE: propia)

COMPRESIÓN: (considerando valores determinados con anterioridad)

$F_{MAX\ 1} = 276972.7\ N$. (reacción calculada que ejerce en King-pin en carga viva).

$F_{MIN\ 1} = 36537.89\ N$. (Reacción calculada en el King-pin para la carga muerta).

Aplicado en un área perpendicular a la superficie de la plancha de frotamiento donde las dimensiones de la plancha de frotamiento: 1.270 m (ancho) y 1.090 (largo) con un agujero central para la posición del King-pin mostrado en la siguiente figura:

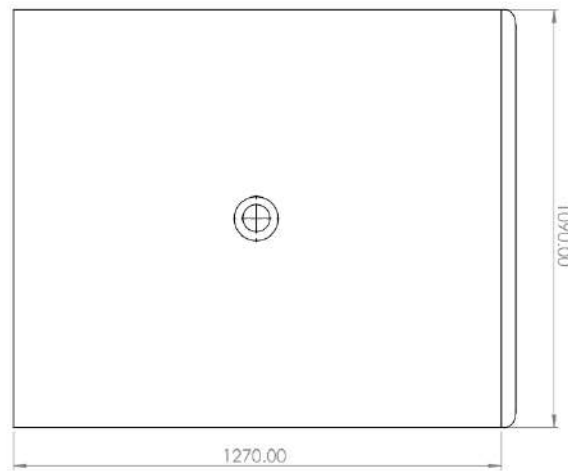


Figura 3.48: plancha de frotamiento donde está ubicado el King-pin de nuestro cuello desmontable.

(FUENTE: propia)

Donde:

$$A_1 = 1.269m * 1.098m - \frac{\pi * 0.115^2}{4} = 1.382 m^2$$

TENSIÓN:

$$F_{MAX\ 2} = 441450\ N. \text{ (peso del semirremolque para la carga viva)}$$

$$F_{MIN\ 2} = 88613.73\ N. \text{ (peso del semirremolque para la carga muerta)}$$

Aplicado en un área paralelo a la superficie de la plancha de frotamiento donde las dimensiones de la plancha de frotamiento: 1.269 m (ancho) y 0.012 m (espesor) con un agujero central para la posición del King-pin, lo cual se muestra en la siguiente figura:



Figura 3.49: plancha de frotamiento donde está ubicado el King-pin de nuestro cuello desmontable.

(FUENTE: propia)

De donde:

$$A_1 = (1.269m - 0.115) * 0.012 = 0.01384m^2$$

Determinamos los esfuerzos que estarán presentes:

En compresión:

$$\sigma_{MAX\ 1} = 200414.39\ Pa.$$

$$\sigma_{MIN\ 2} = 26438.415\ Pa.$$

En tensión:

$$\sigma_{MAX\ 2} = 31896676.30\ Pa.$$

$$\sigma_{MIN\ 2} = 6402726.15\ Pa.$$

Aplicamos la teoría de falla según Von Misses (máxima energía de distorsión) para un estado de esfuerzo biaxial (debido a que el elemento está sometido por dos tipos de esfuerzos):

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + (\sigma_y)^2 - (\sigma_x * \sigma_y) + 3 * (\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma'_1 = \sqrt{(200414.39)^2 + (31896676.3)^2 - (200414.39 * 31896676.3) + 3 * (0)^2}$$

$$\sigma'_1 = 31.796\ MPa.$$

$$\sigma'_1 = \sqrt{(26438.41)^2 + (6402726.15)^2 - (26438.41 * 6402726.15) + 3 * (0)^2}$$

$$\sigma'_2 = 6.376 \text{ MPa}.$$

Hallamos el esfuerzo real de resistencia para nuestro caso:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

Donde:

$S_{ut} = 400 \text{ MPa}$.: resistencia a la tensión.

$S'_e = 0.5 * S_{ut}$, $S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$.: límite de resistencia a la fatiga.

$$S'_e = 0.5 * 400 = 200 \text{ MPa}.$$

K_a : Factor de superficie (laminado en caliente).

$$K_a = a * S_{ut}^b$$

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 3.50: Valor del factor de superficie. FUENTE (Diseño en ingeniería, Shirley 9na Ed.).

$$K_a = 57.7 * 400^{-0.718} = 0.7814$$

$K_b = 1$: debido a que no existe efecto por la carga axial.

$K_c = 1$: Factor de carga.

$K_d = 1$: Trabajo a temperatura ambiente.

$K_e = 0.868$: Confiabilidad de 95%.

Entonces:

$$S_e = 0.7814 * 1 * 1 * 1 * 0.868 * 200 \text{ MPa}$$

$$S_e = 135.65 \text{ MPa}$$

Comprobamos nuestro factor de seguridad mayor a 1:

$$\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{31.796}{135.65} + \frac{6.376}{400} = \frac{1}{n}$$

$$n = 3.996$$

Vemos que este factor de seguridad nos garantiza que las dimensiones de la plancha de arrastre cumplirán el trabajo al cual va estar sometido en tensión y compresión.

- DISEÑO EN EL EJE PRINCIPAL DE BASCULACIÓN.

La estructura del cuello desmontable tiene un movimiento de basculación debido a un punto de giro entre los largueros principales y la caja de apoyo posterior. Este punto de giro es un eje que enlaza ambas partes de la estructura y su movimiento permite la función del cuello desmontable de acople y desacople con la mesa de carga.

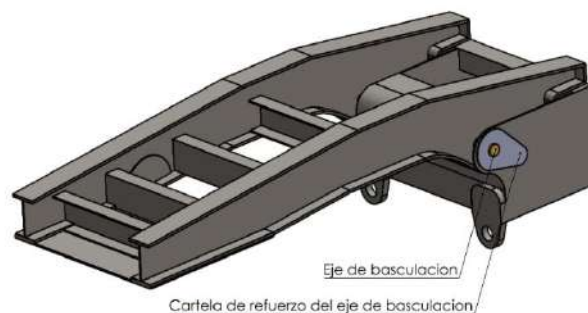


Figura 3.51: Dimensiones del eje de basculación en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Dentro del diseño del eje de basculación consideraremos la carga muerta y la carga viva actuando como esfuerzo de corte transversal al eje.

Donde:

CARGA MUERTA: $F = 88613.73 \text{ N}$. (valor calculado en el cuello desmontable)

CARGA VIVA: $F = 441450 \text{ N}$. (valor calculado en el cuello desmontable)

Las dimensiones de nuestro eje de basculación se visualizará en una vista frontal seccionada en el cuello desmontable el cual muestra los partes de la estructura en contacto con el eje de basculación:

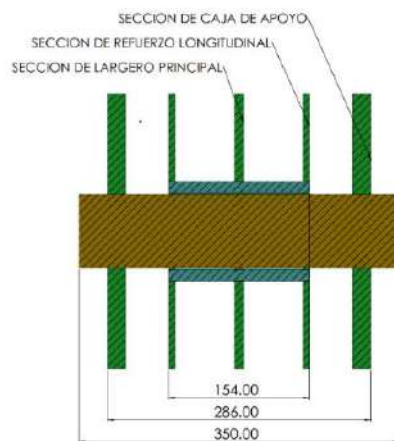


Figura 3.52: Dimensiones del eje de basculación en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Para realizar los análisis de corte en el eje, Consideraremos que las cargas que actúan en el eje de basculación es la carga viva en la estructura debido al trabajo a realizar. La fuerza “F-2” es la misma que la reacción en el King-pin, mientras que la fuerza “F-1” será la

reacción en el gancho de soporte de la caja de soporte. Estos valores lo detallamos a continuación

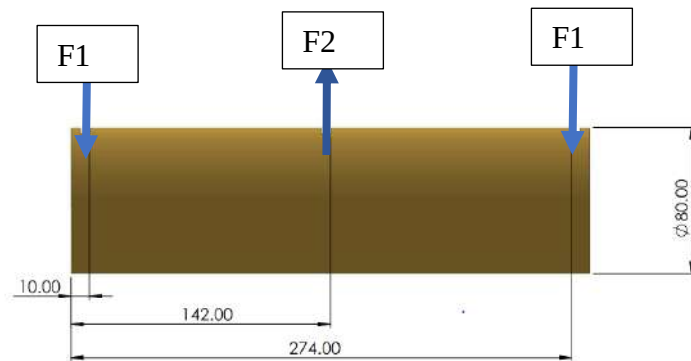


Figura 3.53: Fuerzas debido a la carga viva y muerta aplicado en el eje de basculación del cuello desmontable.
(FUENTE: propia)

Tendremos los valores para las fuerzas de:

- $F_1 = \frac{F_{GANCHO\ TOTAL}}{2} = \frac{138486.85}{2} = 69243.425\ N.$
- $F_2 = 138486.85\ N.$

Con las fuerzas definidas, analizaremos el eje de basculación dividiéndolo en secciones para determinar los esfuerzos cortantes y momentos flectores.

LIMITES:

- $0 < X < 0.1\ m.$
- $0.1\ m < X < 0.142\ m.$
- $0.142\ m < X < 0.274\ m.$
- $0.274\ m < X < 0.284\ m.$

HALLAMOS EN: $0 < X < 0.1\ m.$

$$V = 0$$

$$M = 0$$

HALLAMOS EN: $0.1 \text{ m} < X < 0.142 \text{ m}$.

$$V = 69243.425$$

$$M = 69243.425 * X$$

HALLAMOS EN: $0.142 \text{ m} < X < 0.274 \text{ m}$.

$$V = -69243.425$$

$$M = 69243.425 * (X - 0.01) - 138486.85 * (X - 0.142)$$

$$M = -69243.425 * X + 18972.69$$

HALLAMOS EN: $0.274 \text{ m} < X < 0.284 \text{ m}$.

$$V = 0$$

$$M = 69243.425 * (X - 0.01) - 138486.85 * (X - 0.142)$$

$$+ 69243.425 * (x - 0.274)$$

$$M = 0$$

Teniendo los valores de los esfuerzos, realizamos la gráfica de nuestros resultados:

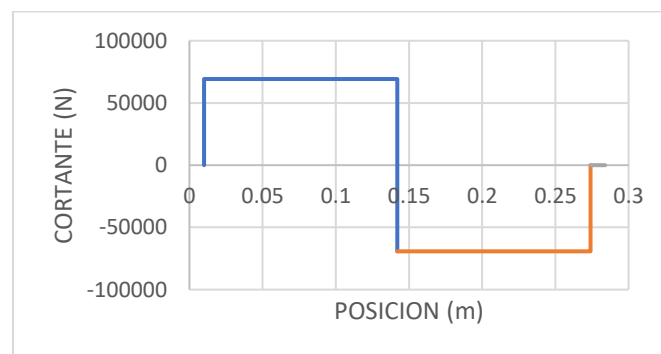


Figura 3.54: diagrama de fuerzas cortante en el eje de basculación. (FUENTE: propia)

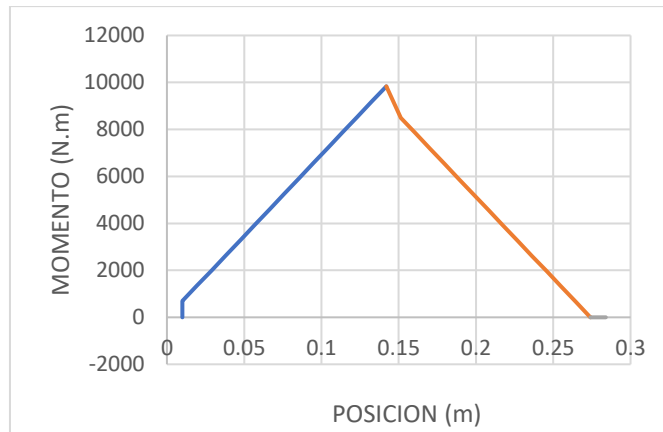


Figura 3.55: diagrama de momento flector en el eje de basculación. (FUENTE: propia)

Donde encontramos que el valor máximo está en el punto 0.142 metros con un valor de:

	CARGA	POSICION (m)
CORTANTE MAX. 1 (N)	69243.425	0.142
MOMENTO MAX. 1(N*m)	9832.56635	0.142

Tabla 3.15: Valores máximos de cortante y momento flector en el eje de basculación. (FUENTE: propia)

Comprobamos que las dimensiones de nuestro puente transversal es el adecuado para soportar la cortante requerido y al momento requerido al cual va estar sometido.

$$\left(\frac{M_{MAX}}{\phi_b * M_n}\right)^2 + \left(\frac{V_{MAX}}{\phi_v * V_n}\right)^2 \leq 1$$

Donde:

$\phi_b = 0.9$; sometidas a flexión y corte.

$F_y=250$ MPA: Esfuerzo de fluencia.

$Z = \frac{D^3}{6} = \frac{0.08^3}{6} = 8.5 * 10^{-5} m^3$: Modulo de plasticidad.

$\phi_v = 0.60$: corte

$A_W = \pi * (0.04)^2 = 5.02 * 10^{-3} \text{ m}^2$: Área cortante de contacto.

$$V_n = F_y * A_W = (250 * 10^6) * (5.02 * 10^{-3}) = 1255000 \text{ N}$$

$$M_n = F_y * Z = (250 * 10^6) * (8.5 * 10^{-5}) = 21250 \text{ N} * \text{m}$$

Reemplazamos:

$$\left(\frac{69243.42}{0.9 * 21250}\right)^2 + \left(\frac{9832.566}{0.6 * 1255000}\right)^2 \leq 1$$

$$0.131255 \leq 1$$

Notamos que el eje de basculación soporta el trabajo mecánico al cual está sometido sin entrar en la zona plástica evitando deformaciones permanentes, esto es importante debido a que la basculación del cuello desmontable para el acople y desacople con la mesa de carga depende directamente del eje de basculación, lo que este debe tener un especial cuidado durante su colocación en el montaje de la estructura ya que si esta desalineado existirán esfuerzos externos que someterán más rápido a eje produciendo su falla.

➤ **CALCULO EN EL CORDÓN DE SOLDADURA.**

Durante el diseño de uniones soldadas, se debe de considerar los siguientes detalles:

- La unión soldada, no debe influir en el comportamiento mecánico de las piezas a soldar (uniones articuladas, uniones rígidas, etc.).
- La unión soldada debe tener un recorrido simple, esto para evitar esfuerzos residuales en exceso y permita el acceso para su correcta realización e inspección.
- La unión soldada debe ser el adecuado para soportar los esfuerzos a los cuales estará sometido.

➤ HALLAMOS EL ESFUERZO DE LA SOLDADURA PARA LOS
LARGUEROS PRINCIPALES DEL CUELLO DESMONTABLE

Mediante los cálculos realizados anteriormente de combinación de cargas, realizaremos el cálculo de la soldadura.

$$M_U = 1.2 * (40478.07) + 1.6 * (352724.73)$$

$$M_U = 612933.248 \text{ N} * \text{m}.$$

$$V_U = 1.2 * (17574.76) + 1.6 * (138486.35)$$

$$V_U = 242667.87 \text{ N}.$$

Hallamos los esfuerzos en la unión soldada sujeta a flexión:

$$\tau' = \frac{V_u}{A}$$

$$\tau'' = \frac{M_u * c}{I} = \frac{1.414 * M_U}{b * d * h}$$

Donde:

A: área total de la garganta.

$I_u = \frac{b*d^2}{2}$: segundo momento unitario del área.

$I = 0.707 * I_u$:

$d = 346\text{mm}$: espacio entre las dos soldaduras que se encuentra entre las platinas superior e inferior a lo largo de la viga principal.

$b = 3900\text{mm}$: longitud total del largo de la viga principal.

h : Tamaño de soldadura de filete.

Los valores de "A" y " I_u " según el recorrido de la soldadura lo tendremos de:

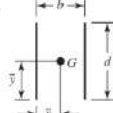
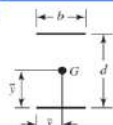
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
1. 	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
2. 	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
3. 	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$

Figura 3.52: Valores de momento de área para la soldadura según geometría (FUENTE: Diseño en ingeniería, Shirley 9na Ed.).

Y el tamaño de soldadura (h) para el espesor de 19.05mm de la platina de la estructura:

Tabla 5.4 Tamaños mínimos de soldaduras de filete		
Espesor de la más gruesa de las partes unidas mm (pulg.)		Tamaño ¹ mínimo del filete mm (pulg.)
menor o igual que 6.3 ($\leq \frac{1}{4}$)		3.2 ($\frac{1}{8}$)
más de 6.3 hasta 12.7 ($\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$)		4.8 ($\frac{3}{16}$)
más de 12.7 hasta 19.1 ($\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$)		6.3 ($\frac{1}{4}$)
mayor que 19.1 ($> \frac{3}{4}$)		7.9 ($\frac{5}{16}$)
¹ Dimensión de la pierna del filete de soldadura. Deben usarse soldaduras depositadas en un solo paso.		

Figura 3.53: Tamaños mínimos de soldadura (FUENTE: Diseño en ingeniería, Shirley 9na Ed.).

Según la figura 3.39, Tendremos para el área:

$$A = 1.414 * h * b = 1.414 * 6.3 * 3900$$

$$A = 34741.98 \text{ mm}^2$$

Hallamos esfuerzos:

$$\tau' = \frac{V_u}{A} = \frac{242667.87N}{34741.98mm^2} = 6.984$$

$$\tau'' = \frac{1.414 * M_U}{b * d * h} = \frac{1.414 * 612933.248 N * m}{346mm * 3900mm * 6.3mm} = 101.92$$

$$\tau = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2} = 102.139 Pa.$$

Si en el proceso de soldadura será realizado utilizando alambre G.M.A.W. tipo M.A.G., el cual posee un $S_{ut} = 400 MPa$ según McCormac, Jack. (2013). *Diseño de estructuras de acero*. Alfaomega Grupo, hallamos el factor de seguridad que nos garantiza el diseño adecuado de la soldadura en la viga

$$n = \frac{S_{ut}}{\tau} = \frac{0.557 * 400 * 10^6}{102.139 * 10^6} = 2.205$$

➤ HALLAMOS EL ESFUERZO DE LA SOLDADURA PARA LOS PUENTES TRANSVERSALES.

Si:

$$M_U = 224.098 N * m$$

$$V_U = 2489.43 N.$$

Tendremos:

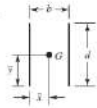
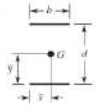
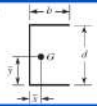
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
1. 	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
2. 	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
3. 	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$

Figura 3.54: valores de momento de área para la soldadura según geometría (FUENTE: Diseño en ingeniería, Shirley 9na Ed.).

Tendremos que:

$A = 0.707 * h * (2 * b + d) = 1558.93mm^2$: área total de la garganta.

$I_u = \frac{b*d^2}{2}$: segundo momento unitario del área.

$I = 0.707 * h * I_u$:

$d = 200mm$: distancia entre las dos soldaduras.

$b = 75mm$: longitud de la viga principal.

$h = 6.3mm$: Tamaño de soldadura de filete.

$$\tau' = \frac{V_{ax}}{A} = \frac{2489.43 N}{1558.93mm^2} = 1.596MPa.$$

$$\tau'' = \frac{1.414 * M_U}{b * d * h} = \frac{1.414 * 224.098 N * m}{75mm * 200mm * 6.3mm} = 33.5317$$

$$\tau = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2} = 33.567 Pa$$

Si en proceso de soldadura será realizado utilizando alambre tipo G.M.A.W. tipo M.A.G., el cual posee un $S_{ut} = 4039 \text{ MPa}$, hallamos el factor de seguridad que nos garantiza el diseño adecuado de la soldadura en la viga

$$n = \frac{S_{ut}}{\tau} = \frac{0.557 * 400 * 10^6}{33.567 * 10^6} = 3.449.$$

Por lo cual, asumiremos para nuestro proceso de soldadura aplicado en nuestro cuello desmontable la soldadura tipo G.M.A.W. (Gas Metal Arc Welding) de tipo M.I.G. (Metal Inert Gas) de tipo AWS A5.18 ER70S-6 con un diámetro de alambre de 1.0.

➤ **SOLDADURA EN EL ACERO DE ALTA RESISTENCIA STRENX 700.**

Basado en la información proporcionada por SSAB - STRENX acerca del proceso de soldadura en los aceros de alta resistencia, garantizan que se pueden utilizar todos los métodos convencionales en la preparación y desarrollo de la soldadura.

El acero STRENX de alta resistencia se combina con su excepcional soldabilidad, para soldar este tipo de acero con cualquier otro tipo de acero soldable se podrá emplear adecuadamente los parámetros estándares de regulación de voltaje, amperaje y proceso de soldadura M.A.G.

(fuente: <https://www.ssab.com>.)

➤ **APORTE DE CALOR EN LA SOLDADURA DE ACERO STRENX**

Las propiedades mecánicas del material debido a un mal proceso de soldadura en la unión en este material que llega a producir agrietamiento, porosidad, etc. Debido a esto vemos

que el aporte de calor suficientemente bajo es importante, adicional se busca como evitar quemaduras en el material y para controlar la deformación en los niveles bajos de la unión, con un aporte de calor correctamente ajustado se obtendrán buenas propiedades mecánicas en la unión.

El proceso de soldadura depende de la corriente, la tensión y el avance en la formación de cordón de soldadura, producto de esto se ocasiona un aporte de calor (Q) en el material el cual se define como la “energía suministrada / longitud de la unión”. Este aporte de calor influye directamente en las propiedades mecánicas de la unión soldada y del material base. Durante el proceso de soldadura existe una pérdida de calor en el arco eléctrico el cual se define mediante el parámetro de eficiencia térmica que depende de los diferentes métodos de soldadura.

El proceso de soldadura se lleva a cabo con “CC” (corriente continua) o “CA” (corriente alterna) en los cuales el aporte de calor estará definido por:

$$Q = \frac{K * U * I * 60}{v * 1000}$$

DONDE:

Q: Aporte de calor (KJ/mm).

K: Eficiencia térmica (adimensional).

U: Tensión (V).

I: Corriente (A).

V: velocidad de desplazamiento (mm/min).

Según la Fig. 3.42 tendremos el valor de “K” para un proceso de soldadura tipo MAG.

Eficiencia térmica	k [adimensional]
MMA	0,8
MAG, todos los tipos	0,8
SAW	1,0
TIG	0,6

Figura 3.55: valores de la eficiencia térmica en soldadura. (FUENTE: SSAB)

Los valores de tensión, voltaje y velocidad de avance lo tendremos de la fig. 3.43

MIG/MAG Soldadura de los aceros al carbón							
Espesor del material (mm)	Separación o abertura (mm)	Diámetro del alambre	Material depositado (kg/m)	Velocidad de alimentación (m/min)	Amperaje (A)	Velocidad de soldadura (cm/min)	Voltaje (V)
1	0	0,6	0,02	7,0	60	83	14
2	1,0	0,8	0,03	6,8	110	83	16
3	2,0	1,0	0,05	6,0	150	63	20/22
6	1,5	1,0	0,145	6,8/8,0	150/190	68/45	20/24
10	2	1,2	0,239	6,0/24	150/340	38/60	20/34
15	2	1,2	0,620	6,0/24	150/340	38/60	20/34
20	3	1,6	1,450	6,0/12	200/430	44/450	20/38
2	0	0,8	0,04	10/17	110	61/113	16
4	0	1,0	0,078	7/13	180/280	54/99	22/34
6	0	1,2	0,176	5/14	200/350	24/67	24/35
12	0	1,2	0,673	5/14	200/350	7/17	24/35
20	0	1,2	1,817	5/14	200/350	2,5/6,5	24/35

Figura 3.56: valores de los parámetros de soldadura para un proceso tipo M.A.G. (FUENTE: TECSUP)

Reemplazando valores tendremos:

$$Q = \frac{K * U * I * 60}{v * 1000} = \frac{0,8 * 200 * 20 * 60}{68 * 1000} = 2,82 \frac{KJ}{mm}$$

Según fabricante vemos si este valor del aporte de calor está dentro de lo considerable en el proceso de soldadura para este tipo de material:

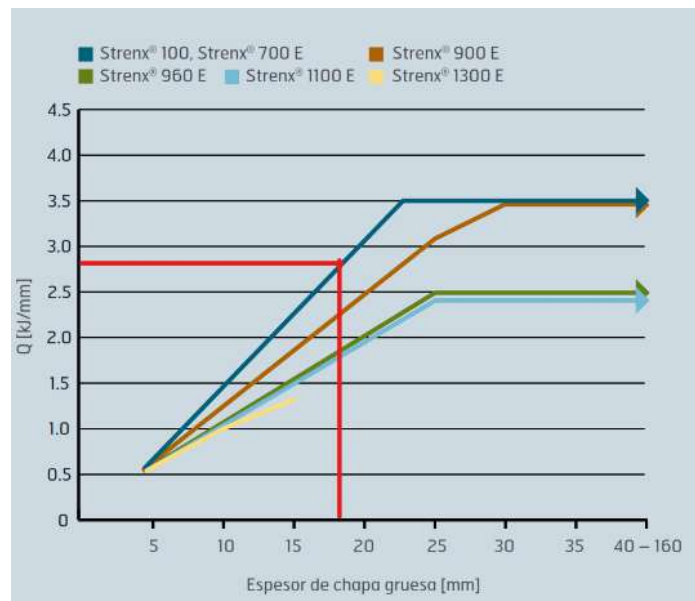


Figura 3.57: relación entre el calor aportado en soldadura para diferentes espesores de material base.

(FUENTE: SSAB)

Vemos que el aporte de calor que calculamos se encuentra dentro del rango de valores admisibles para el espesor de chapa que vamos utilizar en nuestro cuello desmontable que tendrá una platina en todo su contorno de 19 mm, por lo que el proceso de soldadura seleccionada no afectará a las propiedades mecánicas al acero de alta resistencia que estamos empleando en nuestro proyecto.

Un adecuado aporte de calor en la soldadura nos brindara una mayor resistencia a impactos, menor deformación en el material base provocando menor tensión residual en la zona afectada por el calor.

CAPITULO IV

MODELADO ESTRUCTURAL DEL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD.

El modelado estructural es una representación virtual de la estructura para poder visualizar su comportamiento mecánico frente a diferentes situaciones mecánicas de trabajo considerando cargas y esfuerzos en donde se utilizará el método de elementos finitos para tener como resultado los desplazamientos, tensiones, deformaciones, frecuencia de vibración, etc.

El método de elementos finitos, que divide la estructura en pequeños elementos para poder analizarlos en su comportamiento interno mediante ecuaciones algebraicas lineales o no lineales basados en sus condiciones de equilibrio para poder obtener desplazamientos nodales determinando así deformaciones y esfuerzos en cada uno de estos elementos.

Para realizar el modelado y simulación en un cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna utilizaremos el software de diseño SOLIDWORKS el cual nos brinda opciones de estudio y simulación que constata situaciones adversas de trabajo para poder sustentar un diseño adecuado.

➤ SOLIDWORKS

Según Gómez González, Sergio. (2008). *El gran libro de SolidWorks*. Marconbo S.A., define que, SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno grafico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

Un software de ingeniería especializado en diseño, el cual nos brinda una ventana de posibilidades para trabajos mecánicos, algunas características propias son:

- poder validar las condiciones de trabajo de nuestros diseños antes de la fabricación reduciendo el uso de prototipos.
- saber la carga máxima que soporta controlando calidad y prestaciones a nuestro producto final.
- saber si supera el factor de seguridad exigido para cumplir con el trabajo encargado a la estructura, reduciendo tiempo en la validación y realizando una fabricación en menos tiempo.

4.1 CONDICIONES DE BORDE

Se considera condición de borde a las condiciones bajo las cuales está sometido la estructura en determinados puntos, las cuales se expresan como fuerza, reacciones, etc. con el fin de determinar las condiciones bajo las cuales trabaja la estructura completa analizada.

4.2 MODELADO DE LA ESTRUCTURA

El proceso de modelado involucra el poder obtener nuestro Cuello Desmontable en un modelo virtual en el cual se pueda contrastar las uniones, geometría, dimensiones y material igual a la estructura en la realidad, para el análisis distribuiremos nuestros elementos geométricamente como se visualiza a continuación:

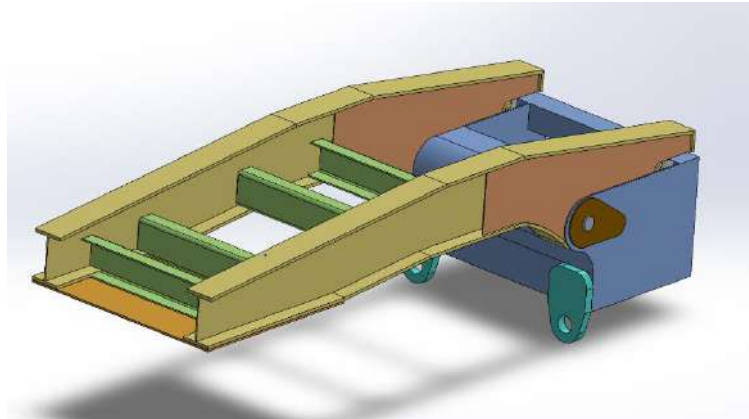


Figura 4.1: Modelo computacional del cuello desmontable en el software SOLIDWORKS. (FUENTE: propia)

Para el análisis de la estructura procedemos a seleccionar el material a utilizar en el Cuello Desmontable el cual es el acero de alta resistencia STRENX 700, en el software SolidWorks agregaremos las propiedades mecánicas las cuales se detallan:

Propiedades Tablas y curvas Apariencia Rayado Personalizado Datos de aplicación Favoritos Chapa

Propiedades de material
No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal ☐ Guardar tipo de modelo en la biblioteca

Unidades: SI - N/mm² (MPa)

Categoría: MATERIALES

Nombre: STRENX 700

Criterio de fallos predeterminado: Tensión de von Mises más

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad: No definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	210000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	79300	N/mm ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	780	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	700	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.1256	W/(m·K)
Calor específico	1386	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 4.2: propiedades del Acero STRENX 700 ingresado en el software SOLIDWORKS. (FUENTE: propia)

El modelado de la estructura se detalla a continuación, realizado el ensamble podemos visualizar la ubicación de los componentes estructurales de nuestro Cuello Desmontable para poder tener una idea clara de su funcionamiento.

➤ LARGUEROS PRINCIPALES.

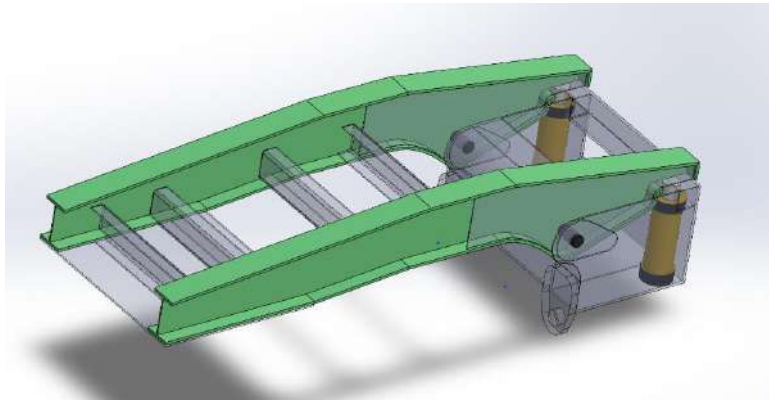


Figura 4.3: modelado de los largueros principales del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ EJE DE BASCULACIÓN (ubicación).

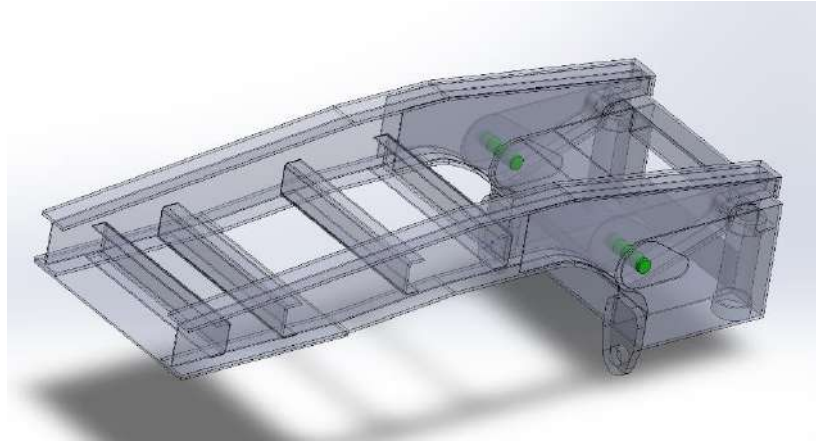


Figura 4.4: modelado del eje de basculación del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ CAJA DE SOPORTE POSTERIOR.

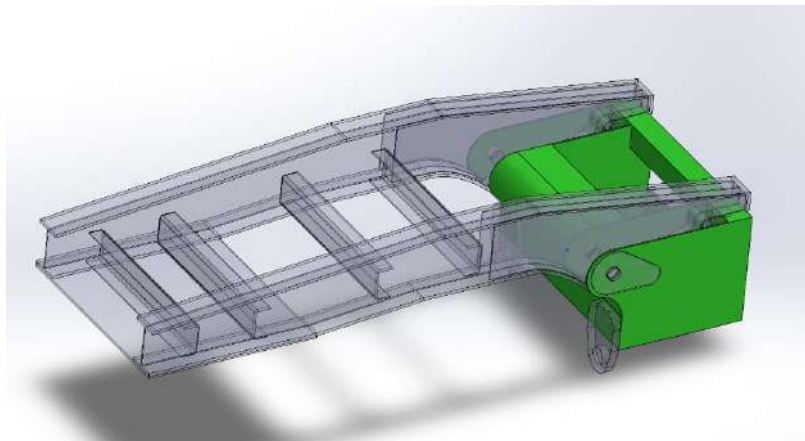


Figura 4.5: modelado de la caja de soporte posterior del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ Puentes TRANSVERSALES.

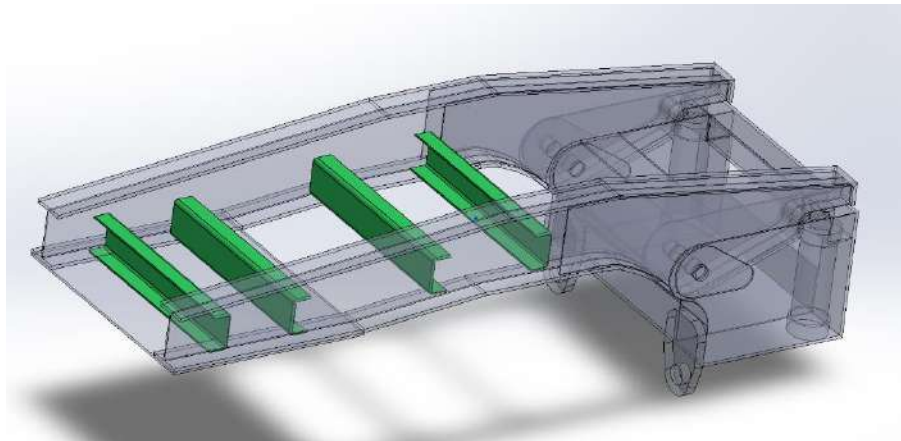


Figura 4.6: modelado de los puentes transversales ubicado en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ GANCHOS DE SOPORTE CON LA MESA DE CARGA POSTERIOR.

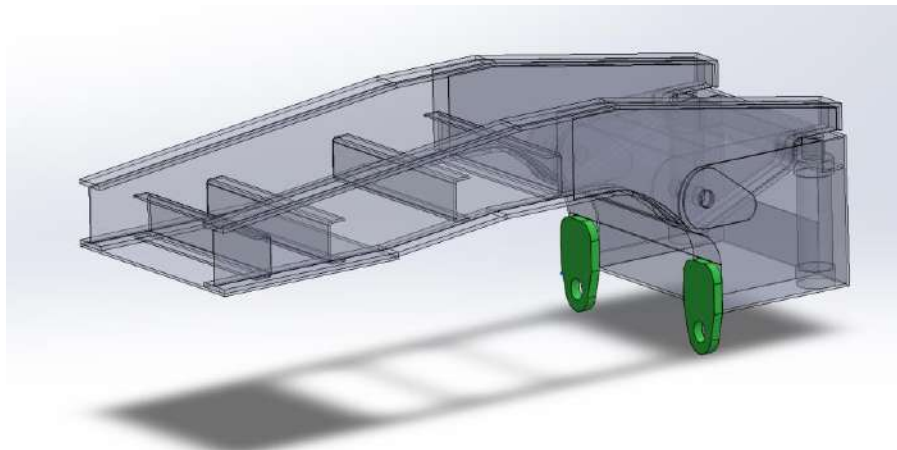


Figura 4.7: modelado de los ganchos de soporte de carga del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ PLANCHA DE FROTAMIENTO KING-PIN

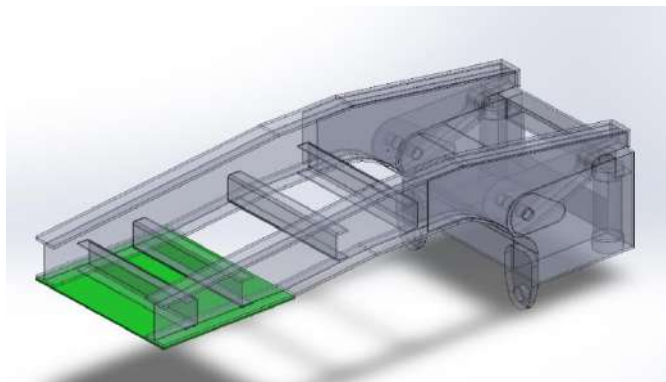


Figura 4.8: modelado de la plancha de frotamiento en la parte frontal del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ REFUERZO LONGITUDINAL DEL LARGUERO PRINCIPAL.

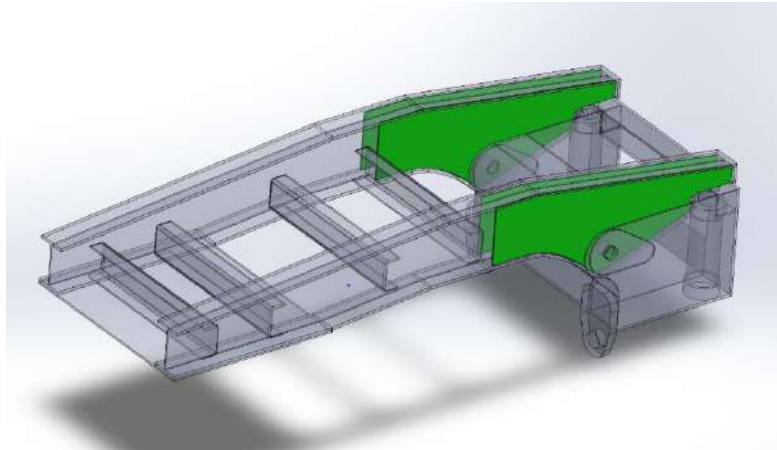


Figura 4.9: modelado de los refuerzos longitudinales en el larguero principal del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

4.3 CONDICIONES INICIALES DEL MODELADO.

En el modelado del cuello desmontable tendremos las siguientes condiciones:

- en la zona de la parte frontal del cuello desmontable, en la superficie rígida que vincula la plancha de frotamiento del King-pin con la quinta rueda del tracto remolcador, aplicando una “condición fija” restringiendo movimiento en los tres grados de libertad y momentos.

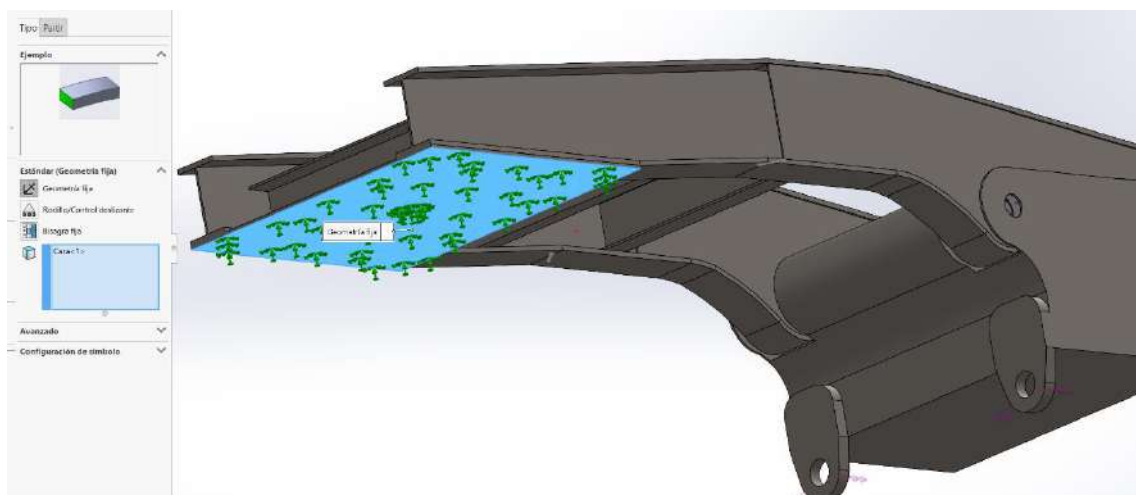


Figura 4.10: Condición fija aplicada en la plancha de frotamiento del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

- Consideramos P.02 al punto que representa el contacto entre las orejas de soporte en la caja posterior con la mesa de carga, que es el medio que transfiere la carga viva de la mesa de carga hacia el cuello desmontable.

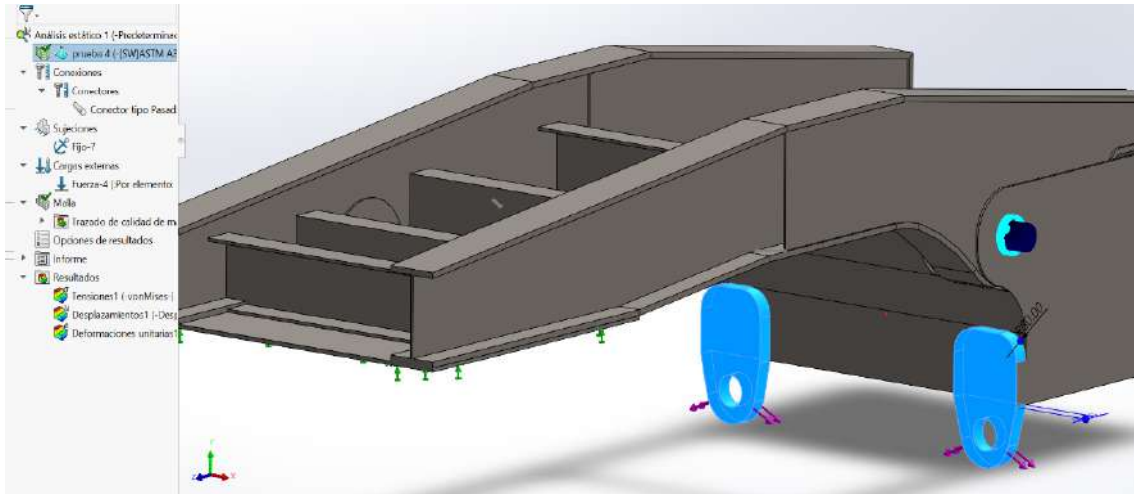


Figura 4.11: punto de transferencia de carga de las orejas de soporte de carga del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Otro punto a considerar es el P.03 donde se encuentra el eje principal que es la conexión entre los largueros principales con la caja posterior y siendo punto de basculación en la estructura para el enganche y desenganche con la mesa de carga en el proceso de carga y descarga.

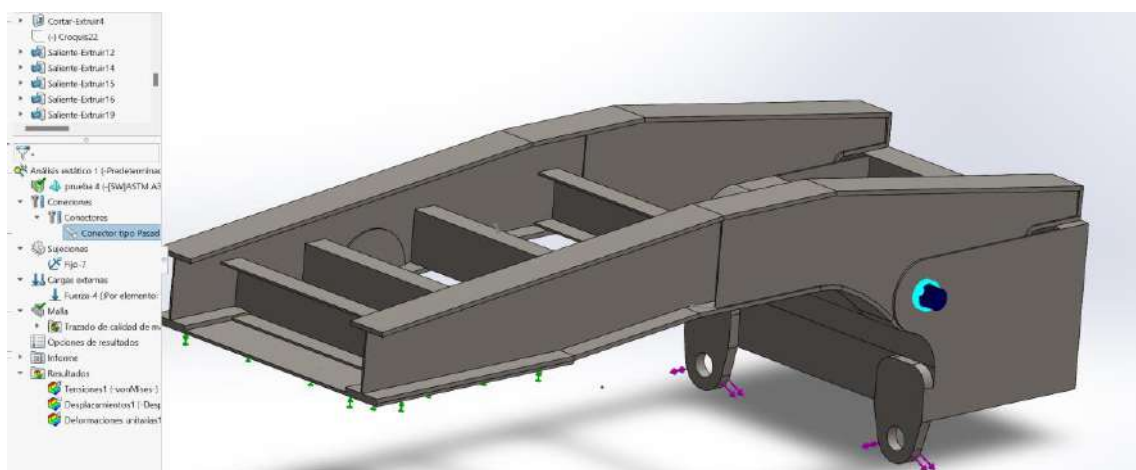


Figura 4.12: ubicación del conector pasante como eje de basculación del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Determinado los puntos de contacto, procedemos a definir las cargas y el lugar donde estarán aplicadas, tendremos cargas puntuales y distribuidas considerando el sentido y dirección en las que actuarán. Considerando el valor de la reacción calculado de 174331 N. en cada oreja de soporte.

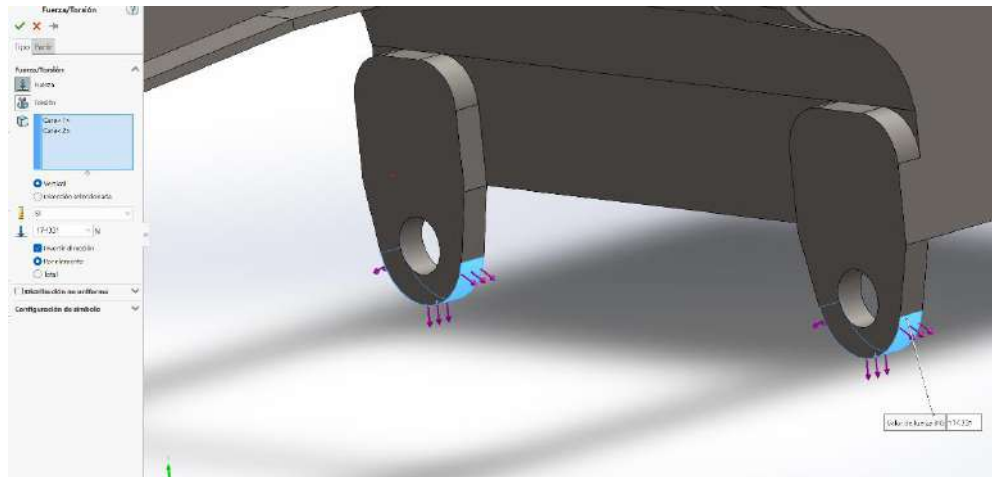


Figura 4.13: aplicación de carga en las orejas de soporte del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

4.4 DISCRETIZACIÓN.

La discretización o también conocido como mallado es una herramienta para el modelado de la estructura, utilizaremos el mallado generado por el software SOLIDWORKS utilizando elementos sólidos “tetraédricos parabólicos” lo cual me brinda un mallado de alta calidad por ser considerados elementos de segundo orden o de orden superior frente a los sólidos tetraédricos lineales. En la aplicación de este tipo de mallado mediante los elementos parabólicos tendremos una representación de contornos curvos con mayor precisión produciendo así mejores aproximaciones matemáticas en el cálculo de la tensión estática lineal para observar la distribución de tensión y el patrón de deformación en nuestra estructura bajo carga estática. Esta se constata en la configuración mostrada en el árbol de operaciones durante la simulación estática de nuestro cuello desmontable.



Figura 4.14: aplicación del tipo de malla de geometría parabólica para el análisis del cuello desmontable.
(FUENTE: propia)

➤ CONVERGENCIA DE MALLA;

El proceso de convergencia de malla se realizó antes de realizar la simulación, donde se realizaron los siguientes pasos:

- Creamos una malla con un número pequeño de elementos que sea razonable y analizamos el modelo.
- Obteniendo los resultados, volvimos a crear la malla con una distribución de elementos más densa en donde se volvió a analizar el modelo comparando los resultados con el enmallado anterior

Buscando mejores resultados refinaremos la malla en aquellas zonas geométricamente sospechadas donde pueden llegar a tener valores elevados de tensión y deformación, con una concentración de tensiones para poder tener una mejor evaluación de la estructura.

4.5. SIMULACIÓN ESTÁTICA DEL CUELLO DESMONTABLE DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

SUPOSICIONES ESTÁTICA

- Las cargas se aplican lenta y gradualmente hasta que alcanzan magnitudes completas.
- las cargas permanecen constantes (sin variación en el tiempo).
- Ignorar las Fuerzas inerciales y de amortiguación.

Definido las condiciones de borde de la estructura, la carga viva actuante en el cuello desmontable, procedemos a realizar la simulación estática para poder obtener los valores de tensiones y deformaciones y compararlos con los obtenidos en el cálculo analítico.

➤ TENSIONES EN LA ESTRUCTURA.

En la figura 5.15, la distribución de tensiones es casi uniforme donde tenemos los valores de los esfuerzos existentes que actúan sobre el cuello desmontable, notamos una barra de colores en el costado que detalla la intensidad de los esfuerzos que intervienen con un valor máximo de 285 MPa.

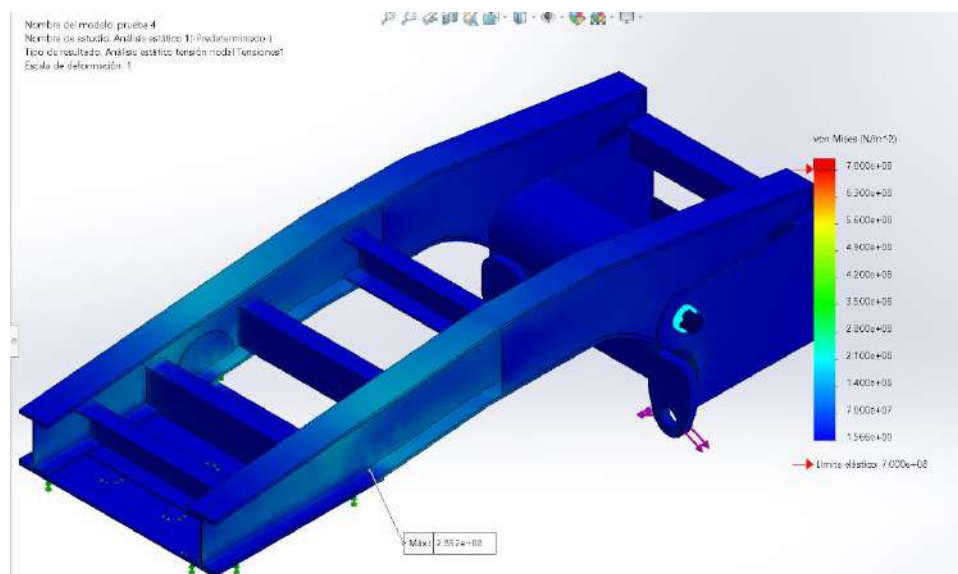


Figura 4.15: distribución de tensiones en la estructura del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Comprobamos este valor con nuestro calculo analítico de tensiones, considerando la siguiente relación para determinar la tensión máxima:

$$V_U = 2(1.2 * (17574.76) + 1.6 * (138486.35))$$

$$V_U = 242667.87 \text{ N.}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{485335.74}{0.01444} = 267038700.33 = 267.03 \text{ MPa}$$

Comparando resultado notamos una variación de:

$$\frac{\sigma_{virtual}}{\sigma_{analitico}} = \frac{2852e+08}{2670e+08} = 6.31\%$$

➤ DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la figura 5.16, visualizamos el comportamiento del cuello desmontable y las deformaciones que este llega a tener a estar sometido a esfuerzos. Para nuestro estudio se puede observar que la mayor deformación ocurre en la parte delantera del larguero principal obteniéndose valores máximos de 0.009717m.

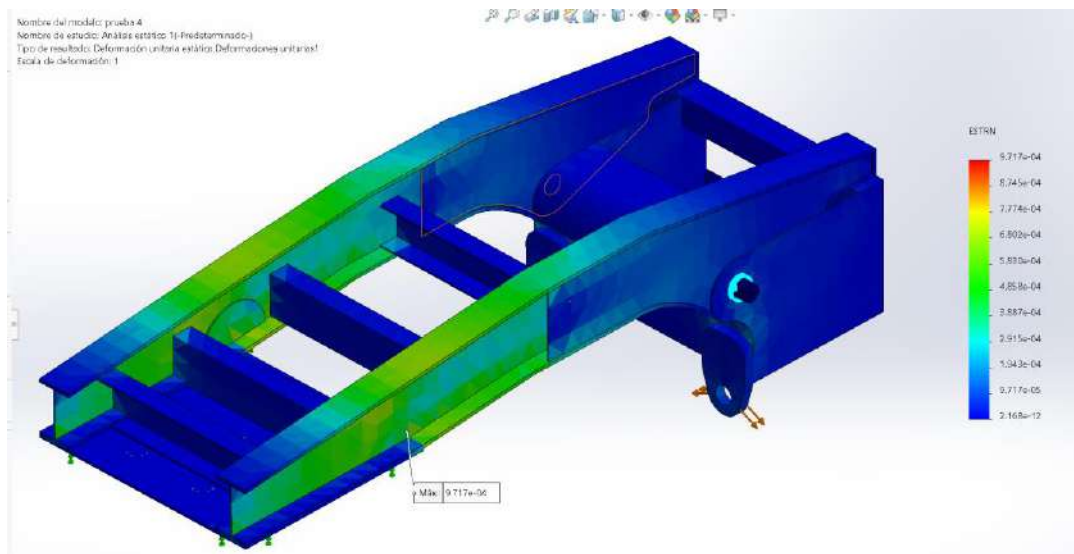


Figura 4.16: deformaciones de la estructura frente a las cargas aplicadas en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Comprobamos este valor con nuestro calculo analítico de tensiones, considerando la siguiente relación para determinar la deformación:

$$\delta = \frac{V * L^3}{48 * E * I}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} = 0.000405$$

$$\delta = \frac{485335.74 * 3.9^3}{48 * 2.1 * 10^{11} * 0.000405} = 0.0071402m.$$

Comparando resultado notamos una variación de:

$$Def_{virtual} - Def_{analitico} = 0.009717m - 0.00714 = 0.00257m$$

Comparamos el resultado teórico calculado con el diagnosticado en el software SOLIDWORKS, considerando la zona critica con mayor carga determinado.

➤ FACTOR DE SEGURIDAD.

Considerando que para garantizar el adecuado diseño del cuello desmontable, tenemos que comprobar el diseño frente al valor teórico del esfuerzo límite de fluencia del material frente al esfuerzo máximo obtenido el cual nos brindara un valor que debe ser mayor que 1 para tener garantía en nuestra estructura, el valor de nuestro factor de seguridad de 2.5 nos brinda una garantía del cuello desmontable frente a sobrecargas que la estructura llega a transportar durante su vida útil, además de considerar las cargas dinámicas que lleguen a existir en superficies irregulares.

$$FS = \frac{\sigma_{limite}}{\sigma_{maximo}}$$

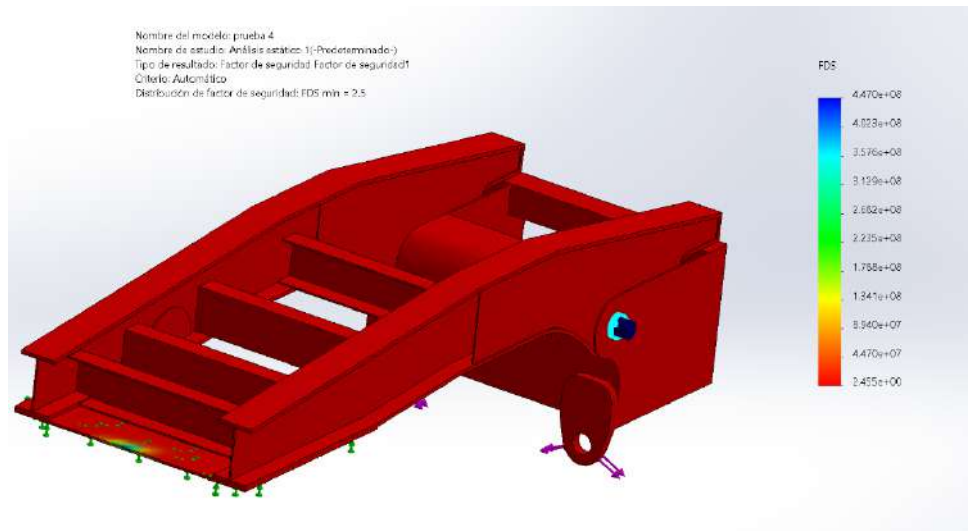


Figura 4.17: factor de seguridad en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

4.6. SIMULACIÓN ESTÁTICA DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

Para el análisis estático, consideraremos la estructura sometida a 45 toneladas (capacidad de carga) en la mesa de carga, considerando el tracto como soporte fijo y las bases de suspensión del semirremolque como rodillos para realizar el análisis, en donde podremos visualizar las tensiones, deformaciones de la estructura acoplada.

➤ TENSIONES EN LA ESTRUCTURA.

En la figura 4.18, la distribución de tensiones es casi uniforme donde tenemos los valores de los esfuerzos existentes que actúan sobre el cuello desmontable, notamos una barra de colores en el costado que detalla la intensidad de los esfuerzos que intervienen con un valor máximo de 354.7 MPa.

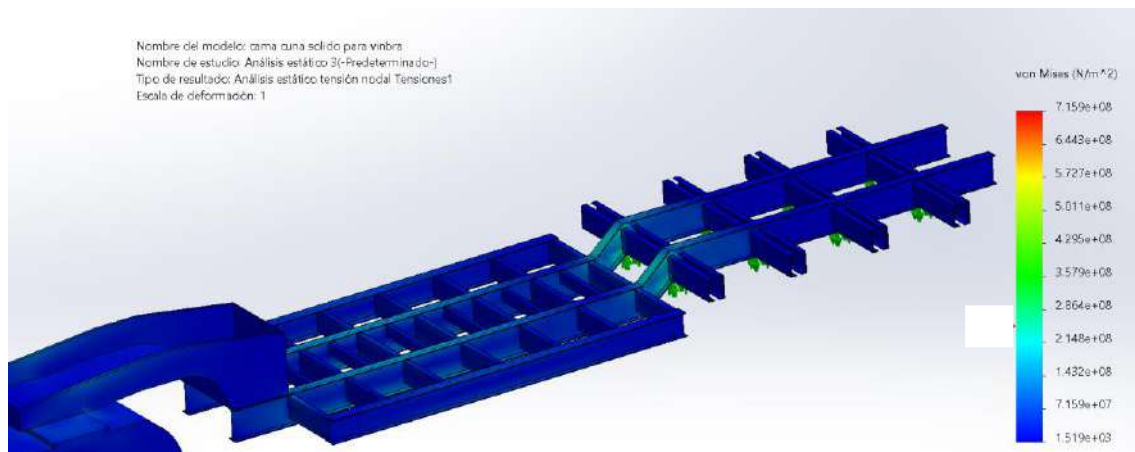


Figura 4.18: tensiones en el semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

➤ DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la figura 4.19, visualizamos el comportamiento del cuello desmontable y las deformaciones que este llega a tener al estar sometido a esfuerzos. Para nuestro estudio se puede observar que la mayor deformación ocurre en la unión de las vigas principales de la mesa de carga con las vigas de soporte de la suspensión.

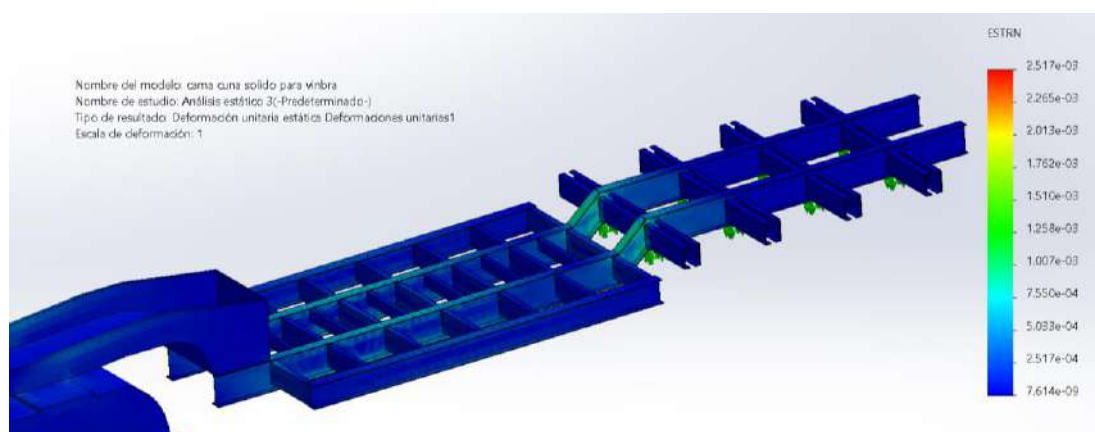


Figura 4.19: deformaciones en el semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

CAPITULO V

ANÁLISIS DINÁMICO DEL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD.

5.1. FRECUENCIA NATURAL DEL CUELLO DESMONTABLE.

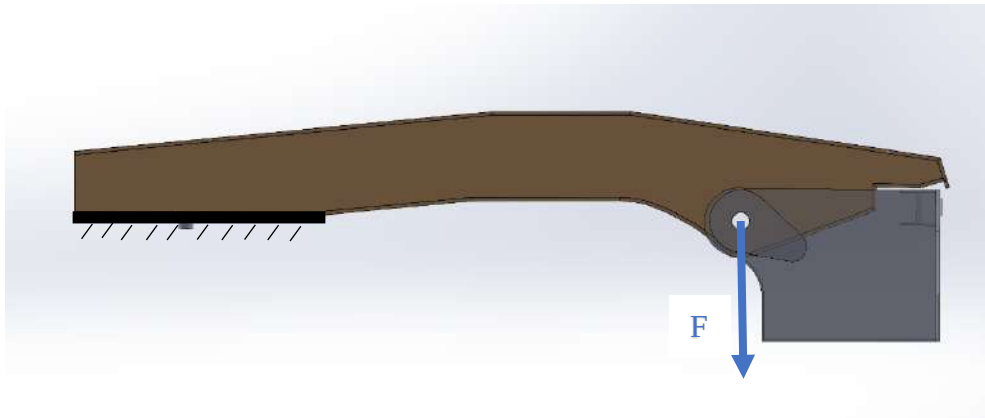
Frente al trabajo bajo el cual estará sometido nuestro cuello desmontable se tendrá situaciones adversas debido a los modos de vibración que llegaran a existir en la estructura debido a las cargas vivas presentes. Por lo cual es importante determinar la frecuencia natural de la estructura para conocer su comportamiento frente a diferentes frecuencias de vibración a los cuales estará sometido el cuello desmontable, esto con la finalidad de comparar estos valores de frecuencia buscando garantizar que no se llega a una situación de resonancia durante el trabajo del cuello desmontable lo que evitaría falla debida a grandes amplitudes de vibración que se presentan con valores de frecuencia cercanas a la resonancia.

➤ RESONANCIA:

Si la frecuencia de la fuerza externa coincide con una de las frecuencias naturales del sistema ocurre una condición conocida como resonancia, que produce grandes oscilaciones que provocan inestabilidad al sistema, Además, la resonancia de vibración presente logra provocar grandes reducciones de la durabilidad de los componentes de la estructura (Singiresu S. Rao,2012)

5.1.1. CALCULO DE FRECUENCIA NATURAL DEL CUELLO DESMONTABLE.

Para determinar la frecuencia natural de la estructura, calcularemos en la viga principal considerando su punto de apoyo la plancha de frotamiento del King pin y considerando la carga viva de 45 toneladas de la capacidad del cuello desmontable en el punto de basculación de conexión con la caja de soporte posterior. Donde tendremos el siguiente esquema como viga en voladizo:



Donde:

$E = 200 \text{ GPa}$. Módulo de elasticidad de la viga (Acero STRENGTH 700, pag.53).

$I = 137.58 \text{ mm}^4$. Momento de inercia de la viga.

$L = 3.9 \text{ m}$. longitud de la viga principal.

$F = 138486.85 \text{ N}$. carga actuante en la una viga.

$M = 95 \text{ kg}$. Masa de la viga.

Con estos valores determinados con anterioridad hallamos la rigidez de nuestra viga principal:

$$K = \frac{P}{\Delta} = \frac{138486.85}{\Delta}$$

SI: Δ : desplazamiento de una viga.

$$\Delta = \frac{P * L^3}{3 * E * I}$$

$$\Delta = \frac{138486.85 \text{ N} * (3.9\text{m})^3}{3 * 200\text{GPa} * 0.13758\text{m}} = 0.099516\text{m}.$$

Hallamos rigidez:

$$K = \frac{P}{\Delta} = \frac{138486.85}{0.099516} = 1391603.862$$

Hallamos la frecuencia natural:

$$W_n = \sqrt{\frac{K}{W}} = \sqrt{\frac{14648.46}{95}} = 60.515 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 19.262 \text{ Hz}.$$

Con este valor determinado, realizaremos la comparación de esta frecuencia natural con los valores de las formas modales de vibración adversas a los cuales estará sometido nuestro cuello desmontable con la finalidad de verificar que nuestra estructura no esta en zona de resonancia.

Las formas modales de vibración en el cuello desmontable lo podremos determinar mediante el programa SolidWorks, en donde obtendremos los valores de las frecuencias en donde sucede esta situación crítica.

5.2 CALCULO DE FORMAS MODALES DE VIBRACIÓN EN EL CUELLO DESMONTABLE.

Las frecuencias naturales de vibración nos muestran condiciones de operatividad del cuello desmontable bajo las cargas al cual va estar sometido, también hallaremos los

modos de vibración que nos ayuda a determinar la localización adecuada de los componentes de la estructura evitando fenómenos como la resonancia.

Durante la vida útil del semirremolque tipo cama cuna, está sometido a diferentes situaciones de tipo dinámico cuando se desplaza por la carretera con irregularidades que inducirán vibraciones en la estructura. En el caso que suceda el fenómeno de resonancia debido a que las frecuencias de excitación externa lleguen a coincidir con las frecuencias naturales de nuestra estructura esto produciría oscilaciones peligrosamente grandes lo que provocaría una deflexión demasiado grande. Otro punto importante es la concentración de tensiones en determinados lugares debido a la vibración trayendo como resultado ruido generado por el semirremolque, sobreesfuerzos en la estructura. En el presente trabajo simularemos situaciones adversas de trabajo en el cuello desmontable del semirremolque tipo cama cuna que incluirá las frecuencias naturales y las formas modales.

Luego de realizar el análisis estático, tendremos en cuenta aspectos dinámicos que es importante para el montaje de componentes en la estructura, las formas modales del cuello desmontable en ciertas frecuencias naturales son muy importantes para determinar el punto donde se ubicaran los componentes principales como el King-pin y los ganchos de soporte de la mesa de carga.

En el análisis realizado, las frecuencias naturales obtenidas se utilizan para poder relacionarse con las condiciones de funcionamiento del cuello desmontable, las frecuencias naturales y las formas de los modos correspondientes de los primeros 05 modos se muestran a detalle. Donde el contorno muestra los valores de traslación total del cuello desmontable, tendremos vibraciones globales en los primeros modos de vibración mientras en el quinto modo tendremos vibración local. A continuación, podremos visualizar los diferentes valores de traslación total del Cuello desmontable bajo los modos de vibración particulares.

➤ PRIMER MODO DE VIBRACIÓN:

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 6.1 donde vemos modo global que involucra a toda la estructura en FLEXIÓN en dirección transversal que ocurre a 16.72 Hz, con una traslación máxima en la parte posterior del cuello desmontable con un punto nodal en la plancha de frotamiento del King-pin. la máxima traslación ocurre en la parte posterior de la estructura.

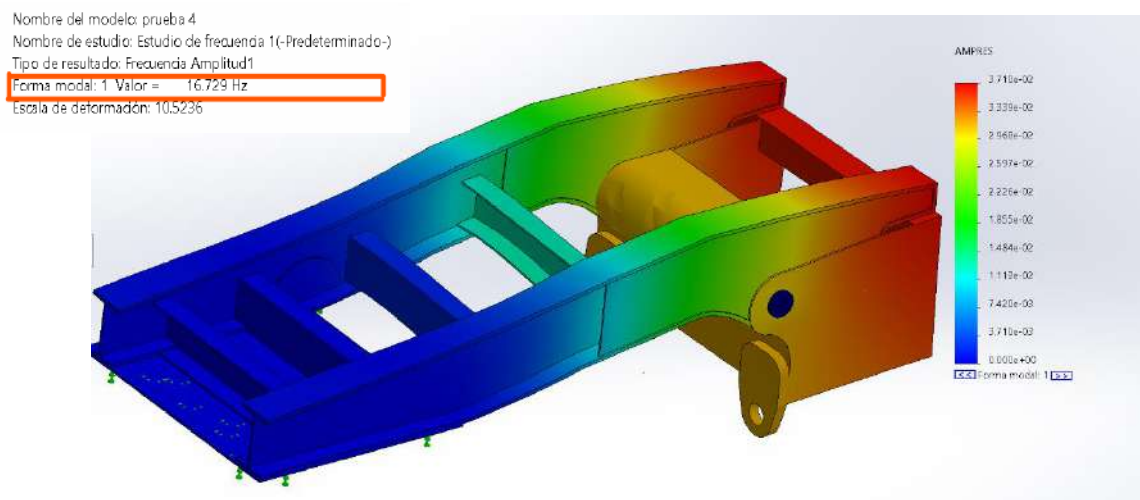


Figura 5.1: primer modo de vibración en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

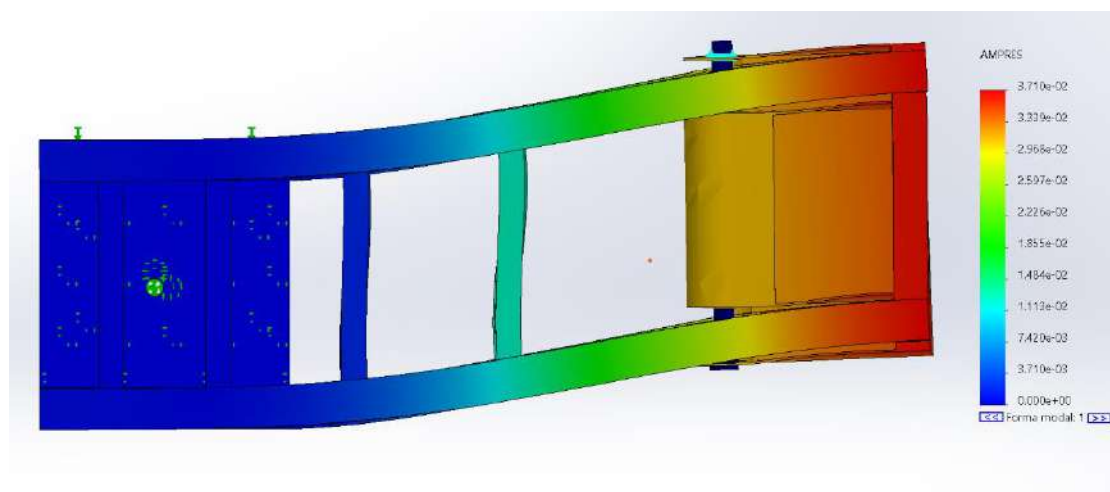


Figura 5.2: vista de planta de primer modo de vibración del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ SEGUNDO MODO DE VIBRACIÓN:

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 6.3 donde vemos modo global que involucra a toda la estructura en FLEXIÓN en dirección vertical que ocurre a 22.76 Hz, con una traslación máxima en la parte posterior del cuello desmontable con un punto nodal en la plancha de frotamiento del King-pin, la máxima traslación ocurre la parte posterior de la estructura.

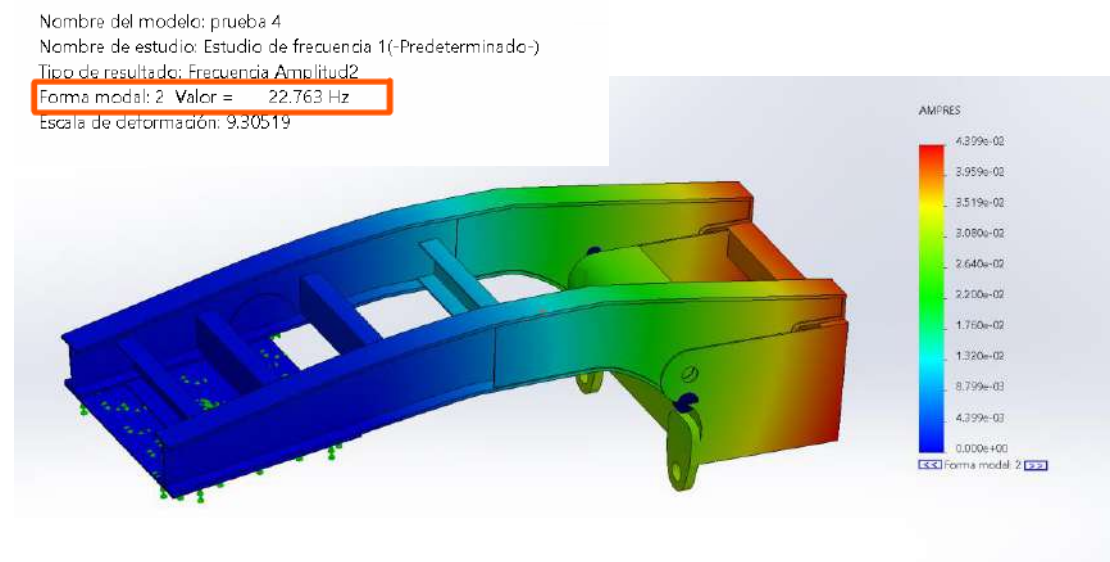


Figura 5.3: segundo modo de vibración en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

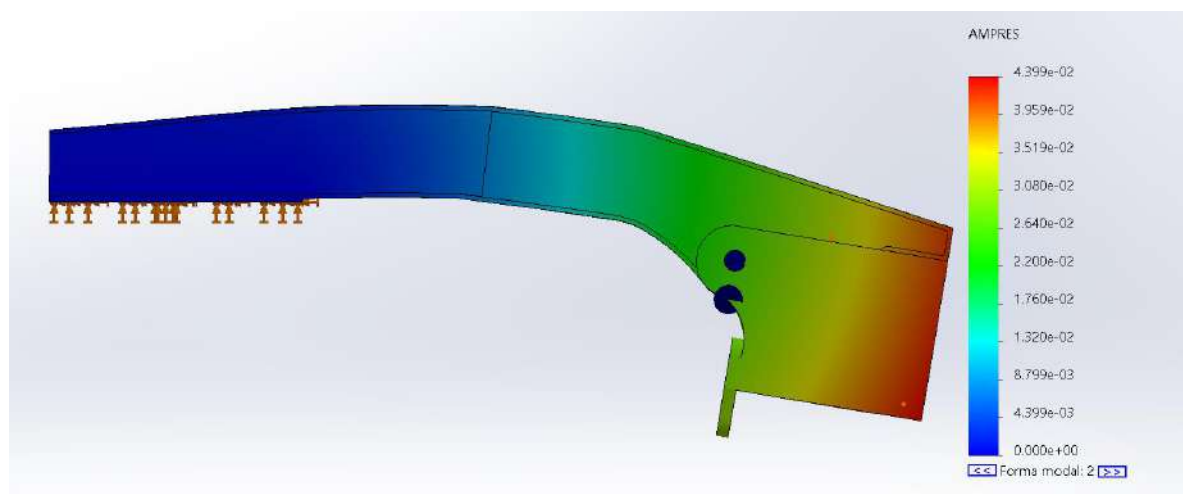


Figura 5.4: vista lateral del segundo modo de vibración del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ TERCER MODO DE VIBRACIÓN

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración a torsión se muestra en la figura 6.5 donde tendrá un valor de 34.73 Hz. Donde reconocemos que los puntos nodales están en la plancha de frotamiento King-pin y en la parte delantera de la caja de soporte posterior del cuello desmontable, la máxima traslación ocurre en la parte posterior de la caja de soporte posterior a la estructura.

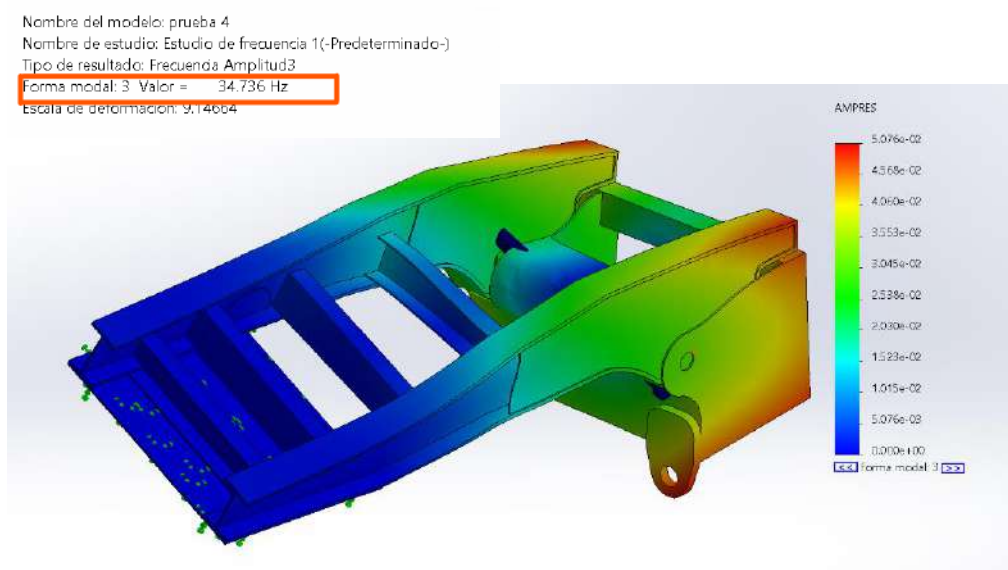


Figura 5.5: tercer modo de vibración en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ CUARTO MODO DE VIBRACIÓN:

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 6.6 donde visualizamos una flexión centralizada con un valor de 97.83 Hz. Donde podemos visualizar los puntos nodales están en la plancha de frotamiento King-pin y el segundo punto nodal en la zona media de la caja de soporte posterior, la máxima traslación ocurre en el sector medio de los largueros principales.

Nombre del modelo: prueba 4
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud4
 Forma modal: 4 Valor = 97.837 Hz
 Escala de deformación: 1

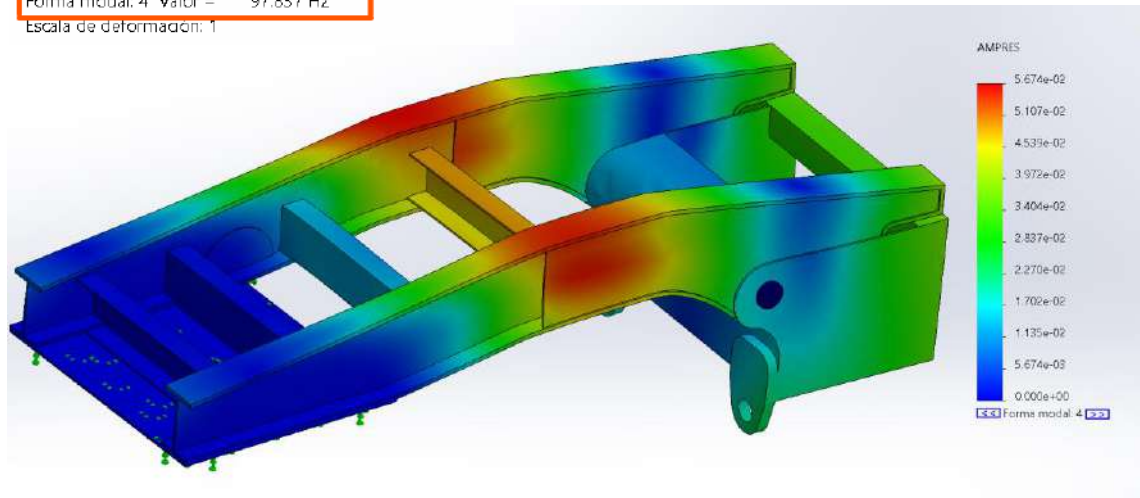


Figura 5.6: cuarto modo de vibración en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

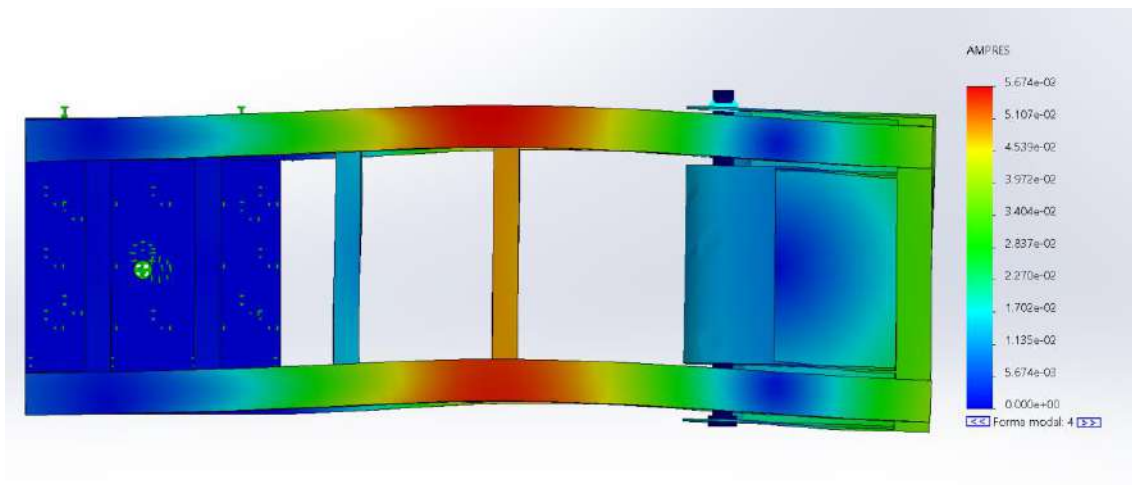


Figura 5.7: vista de planta del cuarto modo de vibración del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

➤ QUINTO MODO DE VIBRACIÓN.

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 6.8 donde visualizamos una flexión vertical con un valor de 116.11 Hz. Donde podemos visualizar los puntos nodales en la plancha de frotamiento King-pin y el segundo punto nodal en la zona media de la caja de soporte posterior, la máxima traslación ocurre en la base de la caja de soporte y en medio del larguero principal.

Nombre del modelo: prueba 4
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud5
 Forma modal: 5 Valor = 116.11 Hz
 Escala de deformación: 7.33185

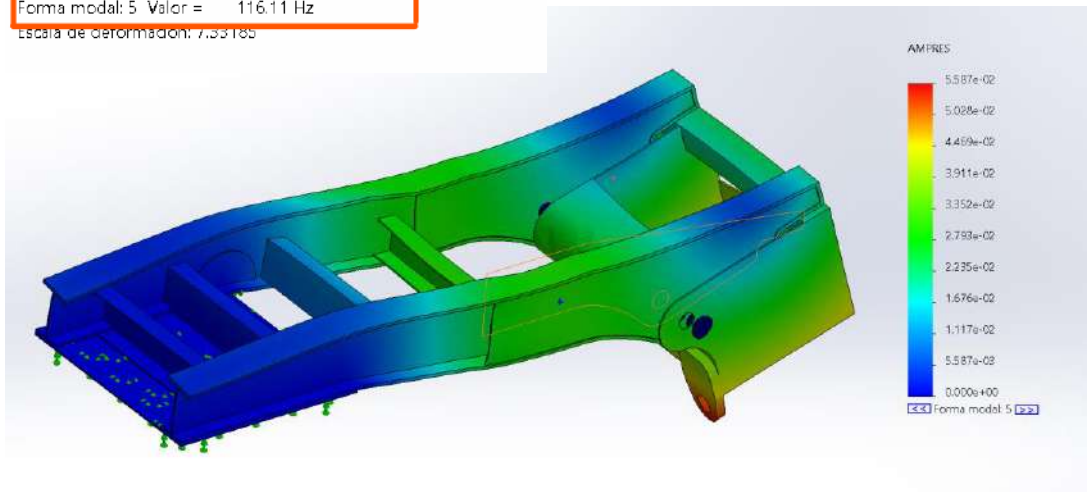


Figura 5.8: quinto modo de vibración en el cuello desmontable. (FUENTE: propia)

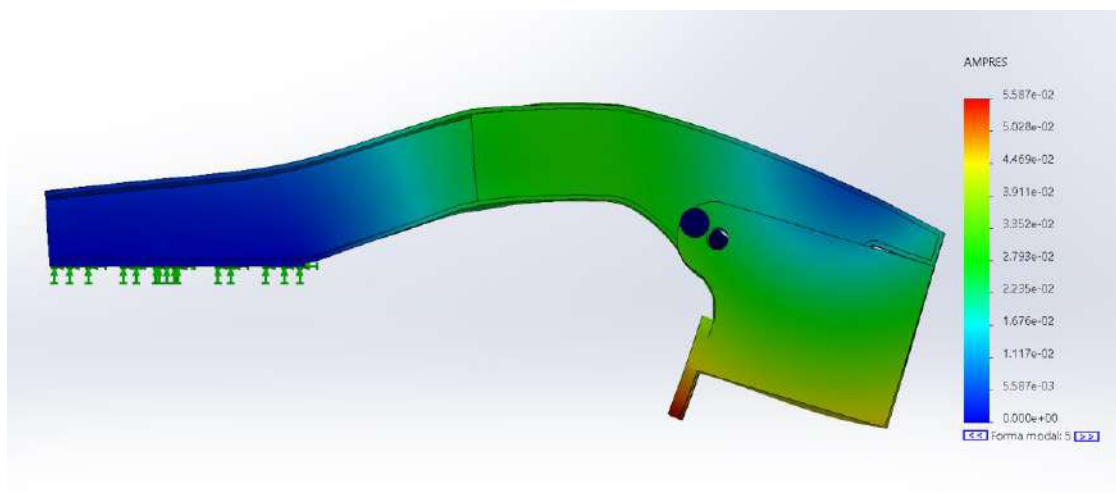


Figura 5.9: vista lateral del quinto modo de vibración del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

RESUMEN

Las características dinámicas del cuello desmontable son importantes porque describe el estado de su operación, durante su trabajo vemos que la estructura estará sometido a una variedad de fuerzas externas provenientes de otros componentes como el motor de tracto, peso de la carga a transportar, la carretera. Cuando se realice el transporte por vías nacionales el semirremolque experimentara excitaciones provenientes del piso de

diferente intensidad que llega a producir fuerzas de excitación que tendrá una frecuencia característica, las que al coincidir con la frecuencia natural del modelo resultara en un fenómeno de resonancia.

En resumen, de los valores de las frecuencias naturales del cuello desmontable que determinamos lo representamos en el siguiente cuadro para poder analizarlos:

Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1			
Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	105.11	16.729	0.059777
2	143.03	22.763	0.04393
3	218.26	34.736	0.028788
4	614.73	97.837	0.010221
5	729.54	116.11	0.0086125

Figura 5.10: valores de las frecuencias naturales según el modo de vibración del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

Un punto importante a analizar es la localización de los puntos nodales en los modos de vibración que estudiamos, con el fin de reducir la excitación desde la plancha de frotamiento para posteriormente poder comprobar la ubicación de la oreja de soporte de la mesa de carga que según el cuarto modo de vibración nos brinda una posición cercana a un punto nodal buscando a si reducir la energía de excitación presente en estos puntos.

5.3. COMPARACIÓN DE VALORES DE FRECUENCIA NATURAL DEL CUELLO DESMONTABLE CON LAS FORMAS MODALES DE VIBRACIÓN.

Como ya es conocido las formas modales de vibración de nuestro cuello desmontable, podemos visualizar el tipo de trabajo al cual va estar sometido, sin embargo tenemos que mostrar que la estructura no entra en zona de resonancia para lo cual realizaremos el siguiente grafico que relaciona estos valores:

5.4 CALCULO DE FRECUENCIAS NATURALES DE VIBRACIÓN EN EL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

Durante la operación y traslado del semirremolque tipo cama cuna, el cuello desmontable estará en posición de trabajo acoplado y asegurado a la mesa de carga por lo que podemos considerarlo como un solo cuerpo cuando realicemos el análisis de vibración buscando no entrar en resonancia. Durante el traslado de carga en el semirremolque tipo cama cuna, estará en contacto con la carretera que no es particularmente lisa por lo tanto llegara a experimentar niveles comparables de vibración que se transmiten por el suelo.

Para iniciar el análisis dinámico, modelaremos el semirremolque y el tracto remolcador ubicando su centro de gravedad, el sistema de suspensión en cada eje en contacto con el piso. El semirremolque tipo cama cuna puede realizar su acople a diferentes tractos de variadas marcas ya que la distancia de conexión en el King-pin están reguladas, en este caso consideraremos el tracto remolcador es de marca VOLVO modelo FH 6X2 Evolution plus 540 CV.



Figura 5.11: tracto remolcador Volvo FH 6x2 Evolution Plus 540 cv. (FUENTE: propia)

Donde tendremos los siguientes datos para el tracto VOLVO:

- Peso de chasis: 8500 kg.
- Material de chasis: Acero especial LNE 60

Según Tueros Guzmán (2016), determina el centro de gravedad del tracto asumiendo los componentes del tracto como masas geométricas consiguiendo un numero finito de valores de los pesos en donde se tuvo que:

- Centro de gravedad sin semirremolque:
C.G. = (836.68 mm; 792.81 mm)
- Centro de gravedad con semirremolque:
C.G. = (9854.0 mm; 689.45 mm)

Lo cual visualizamos a continuación:

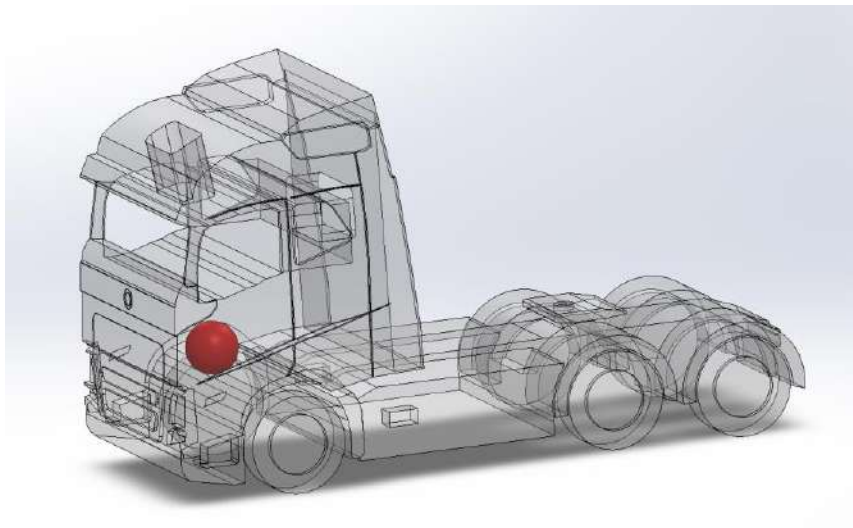


Figura 5.12: centro de gravedad del tracto remolcador Volvo FH 6x2. (FUENTE: propia)

Según la ubicación del centro de gravedad podemos contrastar que el tracto es más estable enganchado con un semirremolque cuando circula por la carretera debido a la altura de la cabina y el largo del chasis.

El centro de gravedad del tracto remolcador Volvo FH 6x2 enganchado con el semirremolque tipo cama cuna estará ubicado en la siguiente posición:

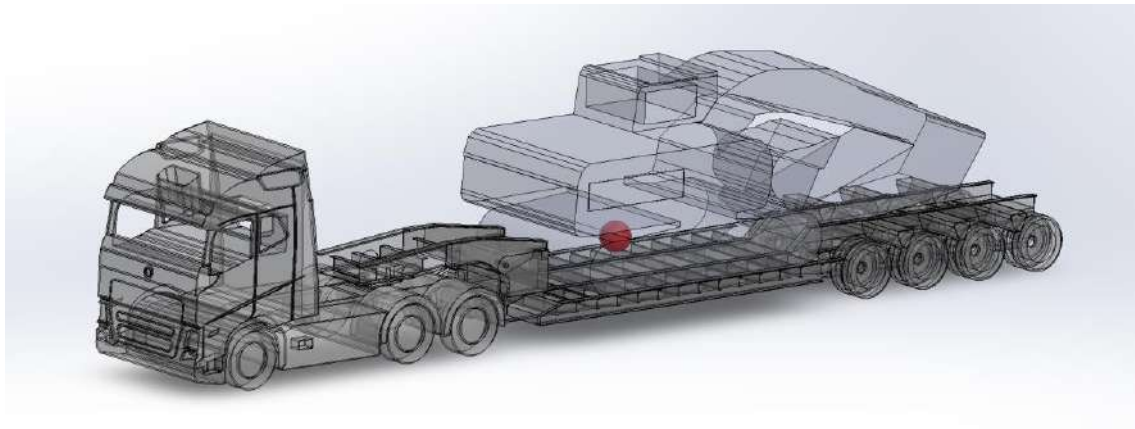


*Figura 5.13: centro de gravedad del tracto Volvo FH 6x2 enganchado con el semirremolque tipo cama cuna.
(FUENTE: propia)*

Tendremos el tracto acoplado con el semirremolque simplificado en el programa SOLIDWORKS, donde se mantiene los pesos, centro de gravedad de los componentes del semirremolque:

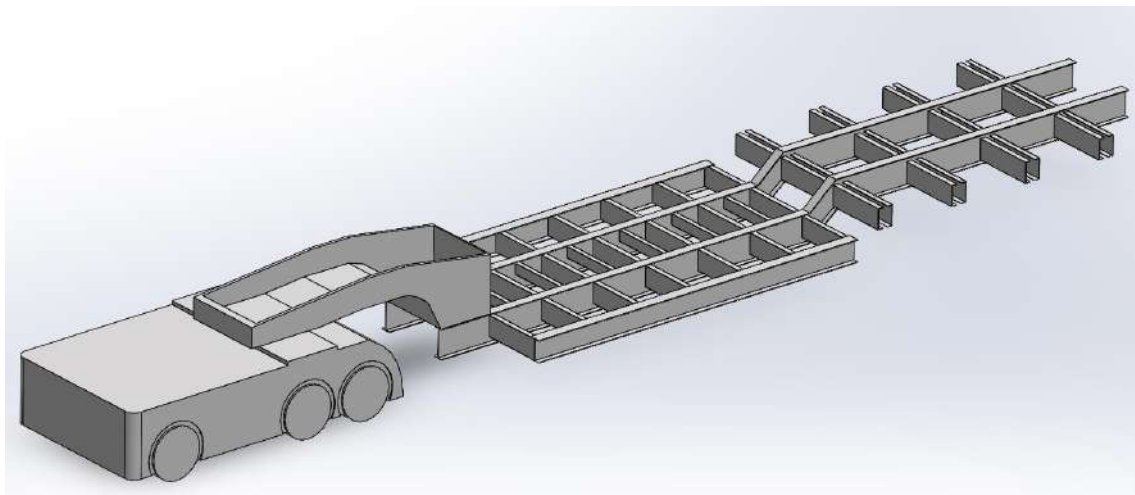


*Figura 5.14: modelo simplificado del tracto Volvo FH 6x2 enganchado con el semirremolque tipo cama cuna.
(FUENTE: propia)*

Obtenido el análisis estático del semirremolque tipo cama cuna en el capítulo anterior, procederemos a calcular las frecuencias naturales de la estructura con una carga de 45 toneladas, esto con el fin de visualizar las frecuencias que debemos evitar cuando esté sometido a fuerzas de excitación provocados por la carretera.

Tendremos 05 modos de vibración con diferentes frecuencias naturales para poder comprender el comportamiento de la estructura, lo tenemos a continuación:

➤ PRIMER MODO DE VIBRACIÓN.

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 5.15 donde vemos modo global que involucra a toda la estructura en FLEXIÓN en dirección vertical que ocurre a 1.05 Hz, con una traslación máxima en la parte central del semirremolque tipo cama cuna.

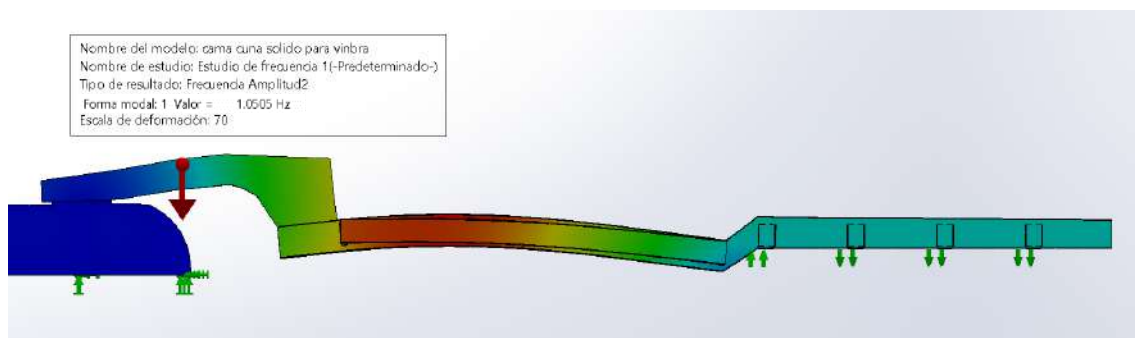


Figura 5.15: primer modo de vibración en el semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

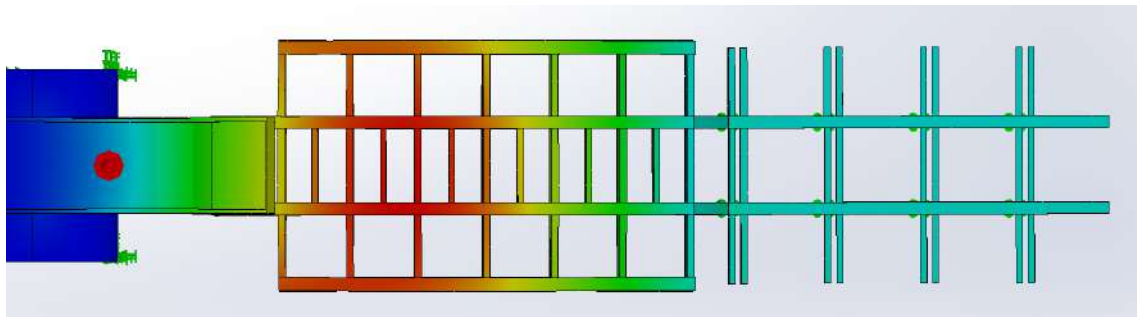


Figura 5.16: vista de planta del primer modo de vibración en el semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

- **SEGUNDO MODO DE VIBRACIÓN:** La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 5.17 donde vemos modo global que involucra a toda la estructura en FLEXIÓN en dirección transversal que ocurre a 3.70 Hz, con una traslación máxima en la parte posterior del semirremolque.

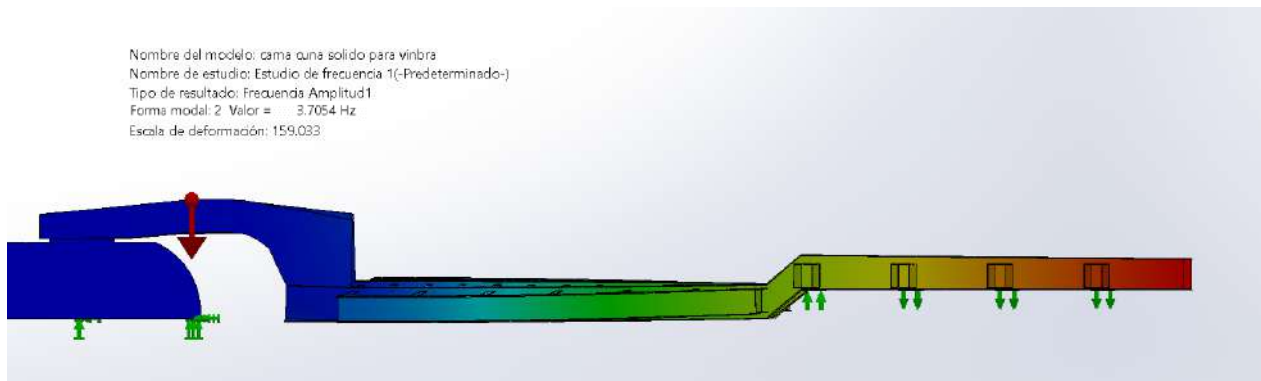


Figura 5.17: segundo modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

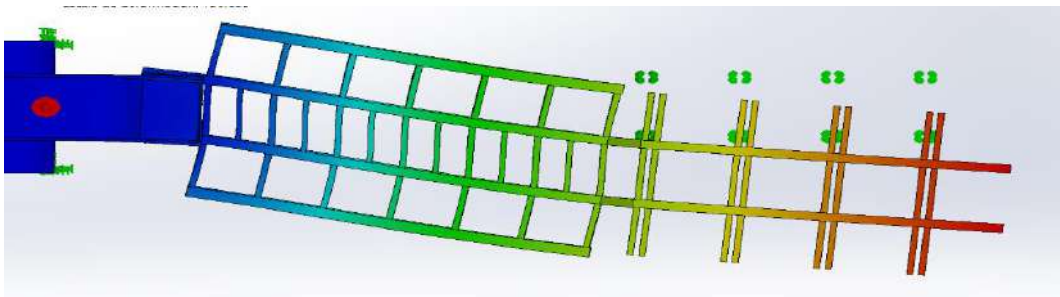


Figura 5.18: vista de planta de segundo modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

➤ TERCER MODO DE VIBRACIÓN

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración a torsión se muestra en la figura 5.19 donde tendrá un valor de 4.74 Hz. Donde reconocemos que los puntos nodales están en la plancha de frotamiento King-pin y en la parte delantera del primer apoyo de la suspensión del semirremolque, la máxima traslación ocurre en la parte posterior de la estructura.

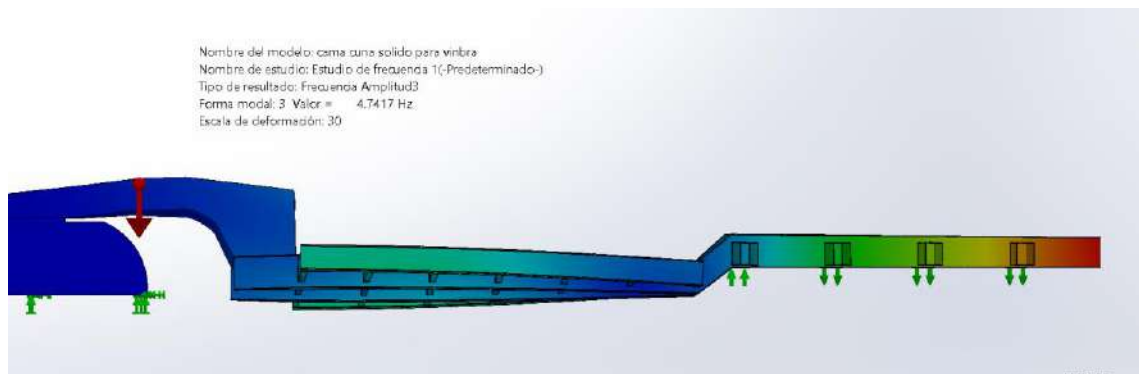


Figura 5.19: tercer modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

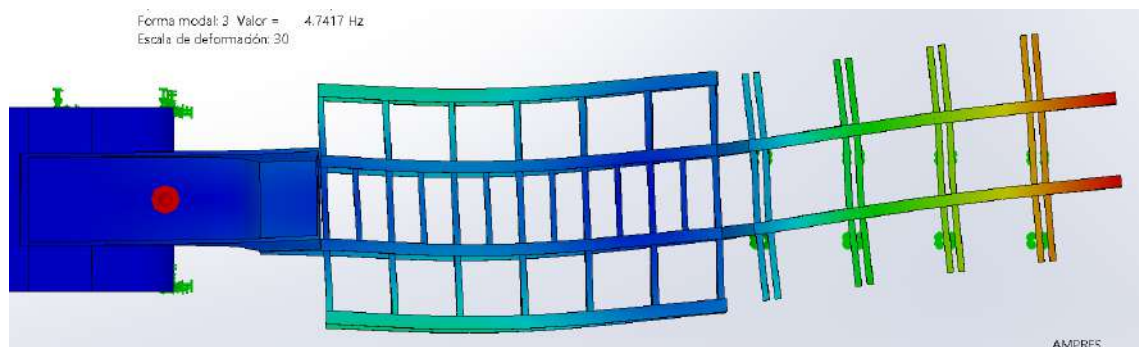


Figura 5.20: vista de planta del tercer modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

➤ CUARTO MODO DE VIBRACIÓN:

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 5.21 donde visualizamos una torsión centrada en las vigas principales de la mesa de carga con un valor de 5.9 Hz. Donde podemos visualizar los puntos nodales están en la plancha de frotamiento King-pin y el segundo apoyo de la suspensión del semirremolque, la traslación se presente en el sector medio de las vigas principales y en la parte posterior de la estructura.

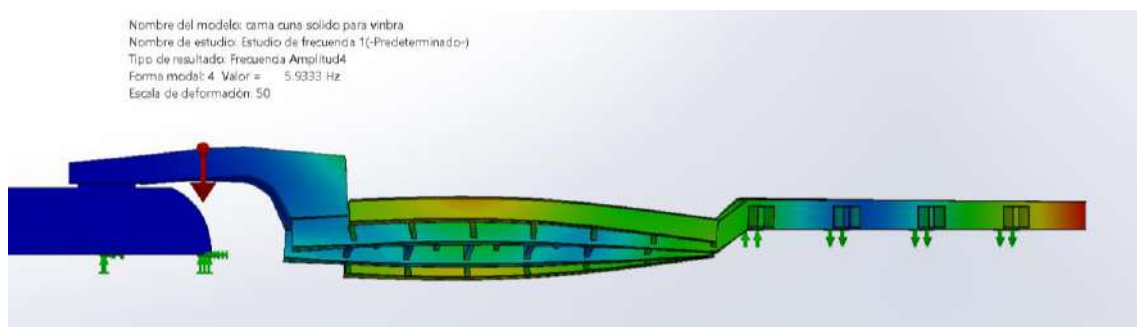


Figura 5.21: cuarto modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

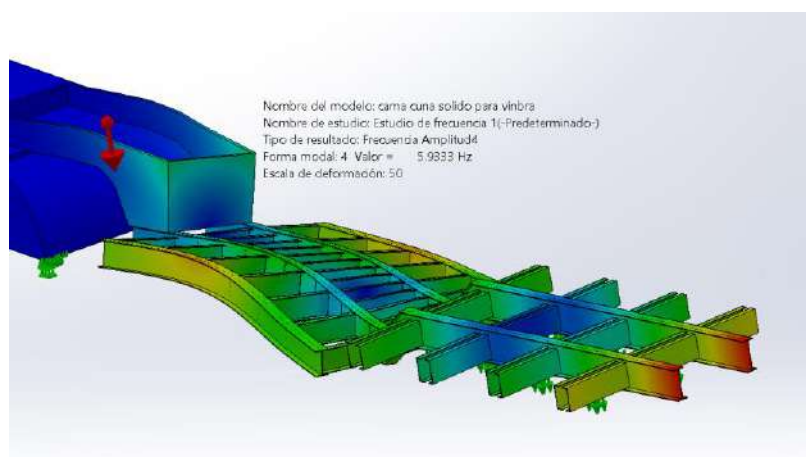


Figura 5.22: vista isométrica posterior del cuarto modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

➤ QUINTO MODO DE VIBRACIÓN.

La frecuencia natural y el correspondiente modo de vibración se muestra en la figura 5.23 donde visualizamos una torsión centrada en las vigas perimetrales con un valor de 6.9588 Hz. Donde podemos visualizar los puntos nodales en la plancha de frotamiento King-pin y el primer apoyo de la suspensión del semirremolque, la traslación se presenta en los bordes perimetrales de la mesa de carga y en la parte posterior de la estructura.

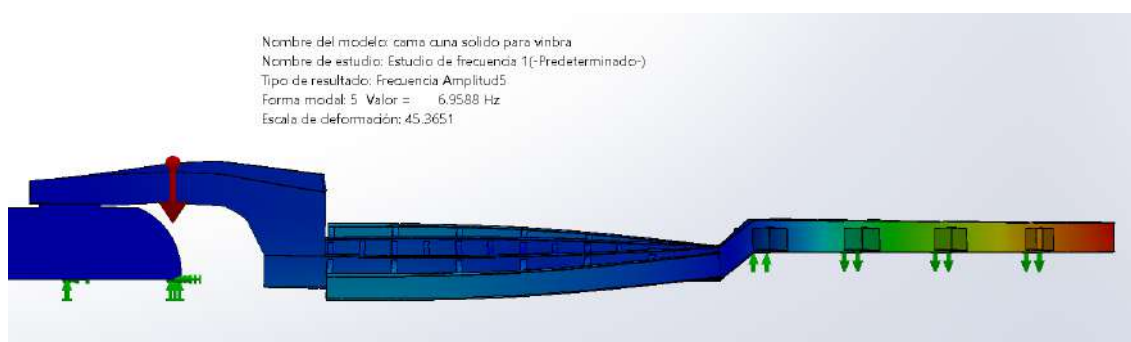


Figura 5.23: quinto modo de vibración del semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

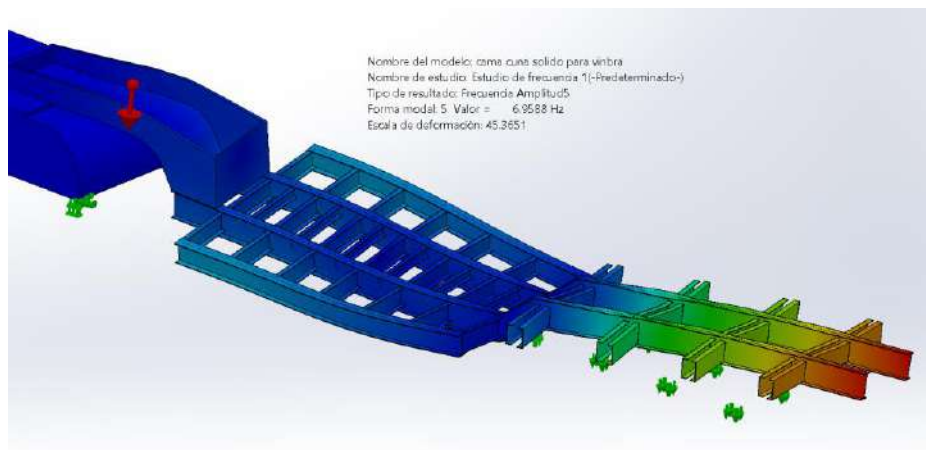


Figura 5.24: vista isométrica posterior del quinto modo de vibración de un semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

Conocido los 05 tipos de frecuencias naturales de vibración y conociendo los modos de vibración podemos localizar los nodos de vibración del semirremolque que son los puntos más estables y no presenta vibraciones debido a su comportamiento dinámico por lo que demuestra la ubicación adecuada del bloque de suspensión en la parte posterior de la estructura y del acople King-pin.

Los valores de las frecuencias naturales de la estructura lo podemos resumir en el siguiente cuadro de detalle:

Nombre de estudio:Estudio de frecuencia 1			
Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	6.6004	1.0505	0.95195
2	23.282	3.7054	0.26988
3	29.793	4.7417	0.2109
4	37.28	5.9333	0.16854
5	43.723	6.9588	0.1437

Figura 5.25: valores de las frecuencias naturales en el semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

5.5.COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA.

Conocido el comportamiento de nuestro semirremolque y sus frecuencias naturales, tendremos que definir los siguientes puntos para el análisis posterior:

➤ SISTEMA DE SUSPENSIÓN:

El sistema de suspensión en semirremolques está conformado por diferente componente (brazo de suspensión tipo ballestas Wattson & chalin, abrazaderas, templadores, eje, neumáticos, sistema de bolsas de aire, controladores de altura), que tiene como objetivo de reducir la transmisión de vibraciones desde la carretera hacia la estructura y cabina del tracto remolcador buscando mayor confort en la marcha. Según Rodríguez Matienzo (2006) en su modelo de suspensión nos brinda el valor de rigidez $k = 2.0 * 10^6$ N/m y el coeficiente de amortiguamiento 84000 Ns/m que es compatible con el utilizado en el semirremolque.

Hallaremos la frecuencia de excitación de la carretera debido al desnivel geométrico que se llegue a presentar, según International Organization for Standardization (2016) Vibración Mecánica – Perfiles de la superficie de la carretera (ISO Standard No. 8608:2016) nos plantea un análisis mediante una ecuación senoidal con diferentes amplitudes que llegan estar presente en los diferentes perfiles de carreteras. para determinar esta ecuación nos apoyaremos en una curva sinusoidal debido a que asumiremos la geometría de un badén (rompemuelles) los cuales están estandarizados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante la Directiva N.01-2011-MTC/14 (reductores de velocidad tipo resalto), que detalla la geometría ideal para realizar

el análisis dinámico, el perfil lo visualizamos en la siguiente figura 5.26 con detalle de sus medidas:

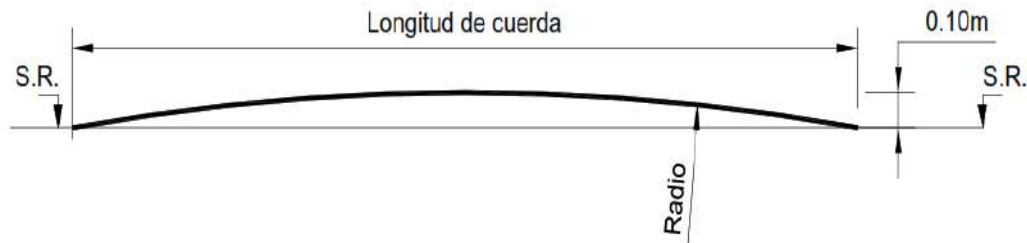


Figura 5.26: vista de perfil de un reductor de velocidad tipo circular (FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Donde tendremos la longitud de onda de nuestra curva senoidal,

Radios y longitudes de cuerda para el resalto de sección circular			
Velocidad Esperada (Km/h)	Radio (m)	Longitud de Cuerda (m)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	15	3.5	10
30	20	4.0	15
35	31	5.0	20
40	53	6.5	25
45	80	8.0	30
50	113	9.5	35

Figura 5.27: valores de las diferentes geometrías de un reductor de velocidad (FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Plantearemos la función de excitación para nuestro análisis dinámico:

$$Q_1 = A * \text{sen}(w * t)$$

$$Q_1 = A * \text{sen}\left(\frac{10 * \pi * v}{18 * S} * t\right)$$

Donde:

- A= 0.1m; amplitud de la onda.
- w; frecuencia de excitación.

- $v = 10 \text{ km/h}$; velocidad del semirremolque.
- $S = 7 \text{ m}$; largo de curva senoidal

Para analizar la estructura, tomaremos un esquema de nuestro semirremolque mostrando sus propiedades de amortiguamiento y rigidez, para nuestro caso de estudio consideraremos los sistemas de suspensión en la parte delantera y posterior dependientes con el fin de establecer un modelo dinámico no lineal en nuestro semirremolque con 03 grados de libertad (desplazamiento vertical de la masa de semirremolque, desplazamiento vertical del neumático delantero, desplazamiento vertical del neumático posterior), para analizar las frecuencias de excitación debido a la carretera, nuestro modelo de análisis será:

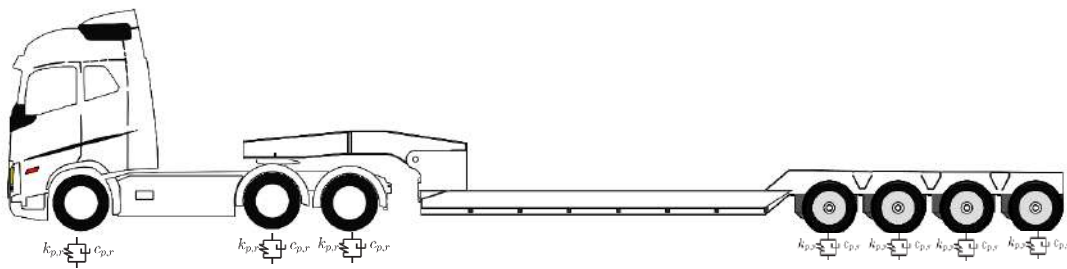


Figura 5.28: modelo simplificado de los sistemas de suspensión, neumáticos y masa del semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

Para lo cual tendremos la ubicación de los sistemas de suspensión:

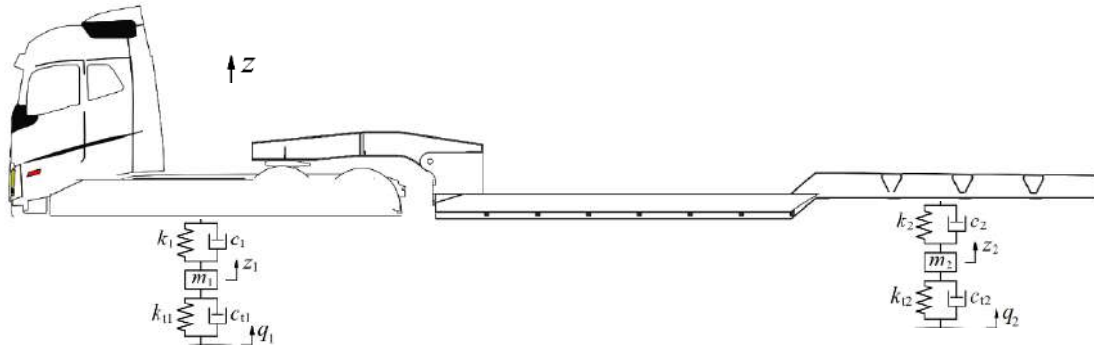


Figura 5.29: valores equivalentes de los sistemas de vibración, neumáticos y masa del semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

Este modelo nos permite conocer como es la disposición del amortiguamiento y la rigidez en el sistema separando elementos como los neumáticos (c_{tx} ; k_{tx}) y el sistema de suspensión (c_1 ; k_1), además, tendremos:

- $m = 64500$ kg.; masa del semirremolque.
- $m_1 = 953$ kg.; masa no suspendida de sistema de suspensión delantero.
- $m_2 = 792$ kg.; masa no suspendida de sistema de suspensión posterior.
- z ; desplazamientos verticales de la masa “ m ”.
- z_1 ; desplazamiento vertical de la masa “ m_1 ”.
- z_2 ; desplazamiento vertical de la masa “ m_2 ”.
- $c_1 = 12200$ Ns/m; coeficiente de amortiguamiento del sistema de suspensión delantero
- $c_2 = 84000$ Ns/m; coeficiente de amortiguamiento del sistema de suspensión posterior.
- $c_{t1} = 6000$ Ns/m; coeficiente de amortiguamiento de los neumáticos delanteros.

- $c_{t2}=3000$ Ns/m; coeficientes de amortiguamiento de los neumáticos posteriores.
- $k_1=10320000$ N/m; coeficiente de rigidez del sistema de suspensión delantero.
- $k_2=20000000$ N/m; coeficiente de rigidez del sistema de suspensión posterior.
- $k_{t1}= 3090000$ N/m; coeficiente de rigidez de las ruedas delanteras.
- $k_{t2}= 2060000$ N/m; coeficiente de rigidez de las ruedas posteriores.

Según Nguyen Vanliem (2019), presenta un modelo de análisis dinámico para vehículos pesados, en donde las ecuaciones dinámicas basados en la segunda ley de newton:

$$m * \ddot{z} + c * \dot{z} + k * z = f$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m * \ddot{z} + (c_1 + c_2) * \dot{z} + (k_1 + k_2) * z - c_1 * \dot{z}_1 - k_1 * z_1 - c_2 * \dot{z}_2 - k_2 * z_2 = 0 \\ m_1 * \ddot{z}_1 + (c_1 + c_{t1}) * \dot{z}_1 + (k_1 + k_{t1}) * z_1 - c_1 * \dot{z} - k_1 * z = c_{t1} * \dot{Q}_1 + k_{t1} * Q_1 \\ m_2 * \ddot{z}_2 + (c_2 + c_{t2}) * \dot{z}_2 + (k_2 + k_{t2}) * z_2 - c_2 * \dot{z} - k_2 * z = c_{t2} * \dot{Q}_1 + k_{t2} * Q_1 \end{array} \right\}$$

Teniendo las ecuaciones diferenciales de sistema, reduciremos a primer orden mediante el cambio de variable:

$$m * \ddot{z} = -(c_1 + c_2) * \dot{z} - (k_1 + k_2) * z + c_1 * \dot{z}_1 + k_1 * z_1 + c_2 * \dot{z}_2 + k_2 * z_2 \dots \dots \dots (Ecu. 01)$$

$$m_1 * \ddot{z}_1 = -(c_1 + c_{t1}) * \dot{z}_1 - (k_1 + k_{t1}) * z_1 + c_1 * \dot{z} + k_1 * z + c_{t1} * \dot{Q}_1 + k_{t1} * Q_1 \dots (Ecu. 02)$$

$$m_2 * \ddot{z}_2 = -(c_2 + c_{t2}) * \dot{z}_2 - (k_2 + k_{t2}) * z_2 + c_2 * \dot{z} + k_2 * z + c_{t2} * \dot{Q}_1 + k_{t2} * Q_1 \dots (Ecu. 03)$$

Planteamos el cambio de variable si:

$$y_1 = z$$

$$y_2 = \dot{z}$$

$$y_3 = z_1$$

$$y_4 = \dot{z}_1$$

$$y_5 = z_2$$

$$y_6 = \dot{z}_2$$

Con el cambio de variable tendremos las siguientes expresiones:

$$\dot{y}_1 = y_2$$

$$m * \dot{y}_2 = -(c_1 + c_2) * y_2 - (k_1 + k_2) * y_1 + c_1 * y_4 + k_1 * y_3 + c_2 * y_6 + k_2 * y_5$$

$$\dot{y}_3 = y_4$$

$$m_1 * \dot{y}_4 = -(c_1 + c_{t1}) * y_4 - (k_1 + k_{t1}) * y_3 + c_1 * y_2 + k_1 * y_1 + c_{t1} * \dot{Q}_1 + k_{t1} * Q_1$$

$$\dot{y}_5 = y_6$$

$$m_2 * \dot{y}_6 = -(c_2 + c_{t2}) * y_6 - (k_2 + k_{t2}) * y_5 + c_2 * y_2 + k_2 * y_1 + c_{t2} * \dot{Q}_1 + k_{t2} * Q_1$$

Para resolver las ecuaciones diferenciales y obtener las gráficas emplearemos el programa MATLAB mediante el código ODE-45 (Ecuación diferencial ordinaria), ingresaremos los datos, ya tenemos reducido a primer orden las ecuaciones diferenciales iniciales y formar una expresión matricial de la forma:

$$[A] * [\dot{y}] = [f]$$

Donde:

- $[A]$: Matriz de coeficiente de las variables y.
- $[\dot{y}]$: Matriz que describe variables.
- $[f]$: Matriz resultado de la ecuación lineal.

Entonces con el cambio de variable realizado, tendremos el comportamiento del sistema en función de la variable “y”, estas expresiones nos ayudaran a poder dar forma a la ecuación lineal que ingresara en el código ODE 45 en donde definiremos las siguientes matrices:

$$[A] * [\dot{y}] = [f]$$

$$[A] * [\dot{y}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \\ \dot{y}_4 \\ \dot{y}_5 \\ \dot{y}_6 \end{bmatrix} = [f]$$

$$[f] = \begin{bmatrix} y_2 \\ -(c_1 + c_2) * y_2 - (k_1 + k_2) * y_1 + c_1 * y_4 + k_1 * y_3 + c_2 * y_6 + k_2 * y_5 \\ y_4 \\ -(c_1 + c_{t1}) * y_4 - (k_1 + k_{t1}) * y_3 + c_1 * y_2 + k_1 * y_1 + c_{t1} * \dot{Q}_1 + k_{t1} * Q_1 \\ y_6 \\ -(c_2 + c_{t2}) * y_6 - (k_2 + k_{t2}) * y_5 + c_2 * y_2 + k_2 * y_1 + c_{t2} * \dot{Q}_1 + k_{t2} * Q_1 \end{bmatrix}$$

Despejando:

$$[\dot{y}] = [A^{-1}] * [f]$$

Esta relación nos brindara las curvas que describen el comportamiento de la estructura mediante el ODE 45 debido a que los valores hallamos de la matriz de variables $[\dot{y}]$ mostraran el comportamiento del desplazamiento vertical definido por las variables (z, z_1, z_2) debido al cambio de variable realizado.

Reemplazaremos valores en la ecuación general de vibración con nuestros datos de la estructura:

Reemplazando en (Ecu. 01):

$$64500 * \ddot{z} = -(12200 + 84000) * \dot{z} - (10320000 + 2000000) * z + 12200 * \dot{z}_1 \\ + 10320000 * z_1 + 84000 * \dot{z}_2 + 2000000 * z_2$$

$$64500 * \ddot{z} = -(96200) * \dot{z} - (12320000) * z + 12200 * \dot{z}_1 + 10320000 * z_1 \\ + 84000 * \dot{z}_2 + 2000000 * z_2$$

Reemplazando en (Ecu. 02):

$$953 * \ddot{z}_1 = -(12200 + 6000) * \dot{z}_1 - (10320000 + 3090000) * z_1 + 1200 * \dot{z} \\ + 10320000 * z + 6000 * \dot{Q}_1 + 3090000 * 0.1 * \text{sen}\left(\frac{10 * \pi * 10 * t}{18 * 7}\right)$$

$$953 * \ddot{z}_1 = -(18200) * \dot{z}_1 - (13410000) * z_1 + 1200 * \dot{z} + 10320000 * z + 6000 \\ * \dot{q}_1 + 309000 * \text{sen}(2.49 * t)$$

Reemplazando en (Ecu. 03):

$$792 * \ddot{z}_2 = -(84000 + 3000) * \dot{z}_2 - (2000000 + 2060000) * z_2 + 84000 * \dot{z} \\ + 2000000 * z + 3000 * \dot{q}_2 + 2060000 * 0.1 * \text{sen}\left(\frac{10 * \pi * 10 * t}{18 * 7}\right)$$

$$792 * \ddot{z}_2 = -(87000) * \dot{z}_2 - (4060000) * z_2 + 84000 * \dot{z} + 2000000 * z + 3000 \\ * \dot{Q}_1 + 206000 * \text{sen}(4.19 * t)$$

Con nuestros valores definidos, tendremos nuestra relación matricial:

$$[A] * [\dot{y}] = [f]$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 64500 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 953 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 792 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \\ \dot{y}_4 \\ \dot{y}_5 \\ \dot{y}_6 \end{bmatrix} = [f]$$

La matriz de fuerzas actuantes en la estructura será

$$[f] = \begin{bmatrix} y_2 \\ -(96200) * y_2 - (12320000) * y_1 + 12200 * y_4 + 10320000 * y_3 + 84000 * y_6 + 2000000 * y_5 \\ y_4 \\ -(18200) * y_4 - (13410000) * y_3 + 1200 * y_2 + 10320000 * y_1 + 6000 * \dot{Q}_1 + 309000 * \text{sen}(4.19 * t) \\ y_6 \\ -(87000) * y_6 - (4060000) * y_5 + 84000 * y_2 + 2000000 * y_1 + 3000 * \dot{Q}_1 + 206000 * \text{sen}(4.19 * t) \end{bmatrix}$$

El código de ODE - 45 que aplicaremos para comprender el comportamiento mediante curvas del desplazamiento vertical en función del tiempo del neumático delantero, posterior y la masa del semirremolque, Tendremos los siguientes resultados.

➤ **CURVA: DESPLAZAMIENTO VERTICAL – TIEMPO.**

(neumáticos delanteros).

Del ODE 45 obtenemos la curva que describe el desplazamiento vertical del neumático delantero respecto al tiempo, donde podemos visualizar una reducción de 82% de la amplitud de excitación llegando a ser de 0.08 m, lo cual es resultado de la absorción de energía en el neumático, en el desarrollo de la

curva notamos que salimos de manera breve de la zona transitoria llegando a tener comportamiento constante.

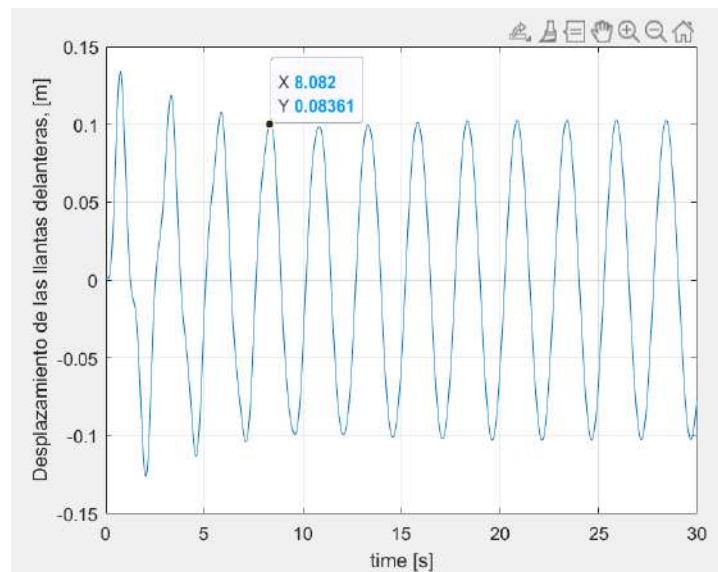


Figura 5.30: curva de desplazamiento de los neumáticos delanteros del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo. (FUENTE: propia)

➤ **CURVA: DESPLAZAMIENTO VERTICAL – TIEMPO.**

(neumáticos posteriores).

Considerando el código ODE – 45, obtenemos la curva que describe el desplazamiento vertical del neumático posterior respecto al tiempo, donde podemos ver la reducción del 90% de la amplitud de vibración teniendo como resultado de 0.09 m. lo cual es resultado de la absorción de energía en el neumático, en el desarrollo de la curva notamos que salimos en pocos segundos de la zona transitoria llegando a tener un comportamiento constante.

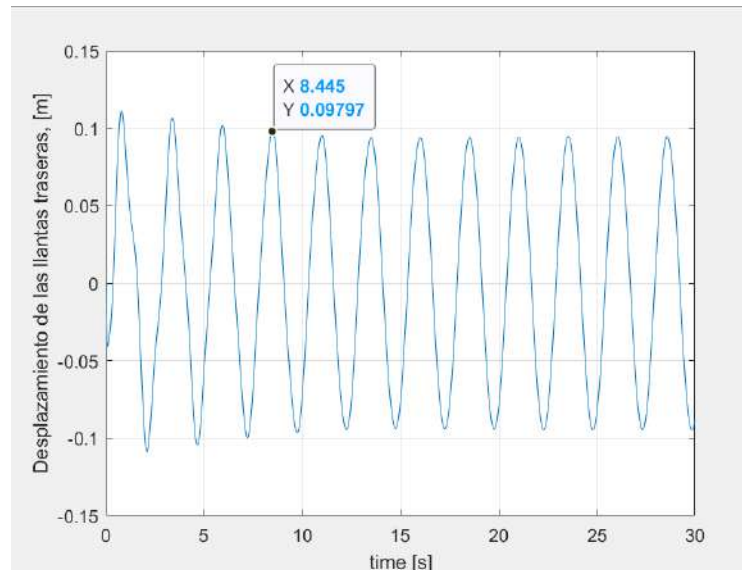


Figura 5.31: curva de desplazamiento de los neumáticos posteriores del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo. (FUENTE: propia)

➤ **CURVA: DESPLAZAMIENTO VERTICAL – TIEMPO.**

(semirremolque cama cuna).

Del ODE 45 obtenemos la curva que describe el desplazamiento vertical de la masa total de semirremolque respecto al tiempo, donde podemos visualizar una reducción de la amplitud de vibración en un 70% llegando a un valor de 0.071m lo cual es resultado de la absorción de energía en el neumático delantero y posterior, en el desarrollo de la curva notamos que salimos de manera breve de la zona transitoria llegando a tener comportamiento constante.

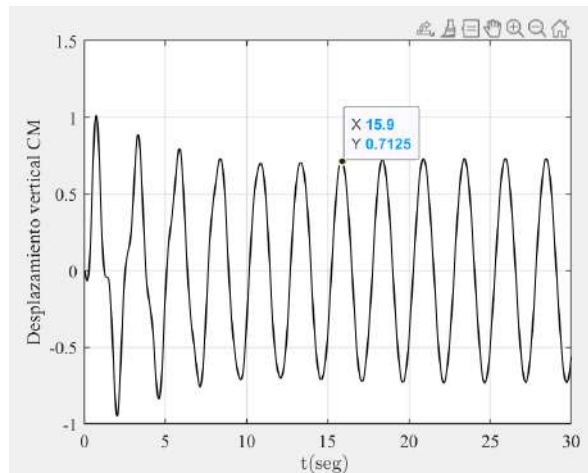


Figura 5.32: curva de desplazamiento de la masa del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo. (FUENTE: propia)

➤ **VELOCIDAD VERTICAL – TIEMPO.** (semirremolque cama cuna).

Del ODE 45 obtenemos la curva que describe la velocidad vertical de la masa del semirremolque respecto al tiempo, donde visualizamos una velocidad máxima de 1.304 m/s lo que nos muestra la influencia de la energía cinética en la estructura de la excitación senoidal. Esta velocidad nos muestra la importancia de la fijación de carga en la estructura para evitar que la carga produzca una aceleración y desplazamiento vertical adicional que sometería en un mayor rango al semirremolque.

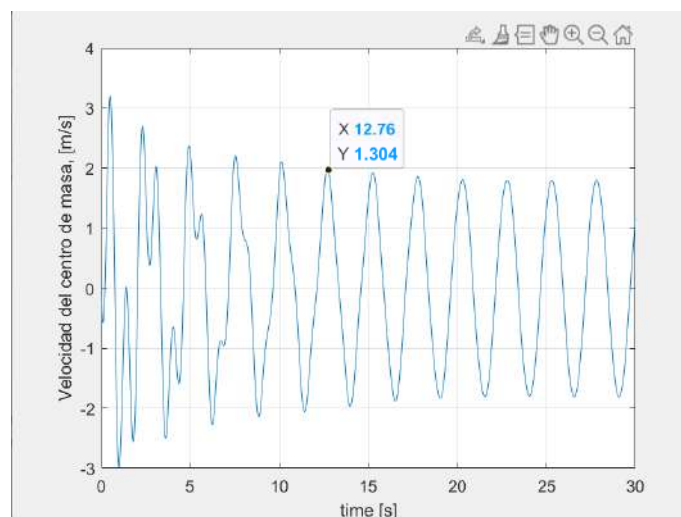


Figura 5.33: curva de velocidad de la masa del semirremolque tipo cama cuna con respecto al tiempo. (FUENTE: propia)

➤ CURVA: DESPLAZAMIENTO VERTICAL – FRECUENCIA DE EXCITACIÓN. (semirremolque cama cuna).

Frente a los anteriores gráficos desarrollados para una velocidad horizontal específica de desplazamiento del semirremolque de 10 m/s y frecuencia de excitación $w_1 = 0.39 \text{ Hz. (} 2.75 \text{ rad/seg)}$ de la carretera hacia el semirremolque obtuvimos el comportamiento en los neumáticos delanteros, posteriores y la masa total de la estructura (desplazamiento vertical).

En la figura 6.34, nos centraremos en el desplazamiento vertical de semirremolque frente a diferentes valores de la frecuencia de excitación tabulados en el programa ODE45 que dependerán de la velocidad horizontal de desplazamiento del semirremolque en donde vemos que la frecuencia de resonancia se encuentra para un valor de $w_{exitacion} = 1.35 \text{ Hz. (} 7.25 \text{ rad/seg)}$ con un desplazamiento vertical máximo de 0.88 m. el cual sucede a 29.07 km/s resultado de la relación entre frecuencia y velocidad.

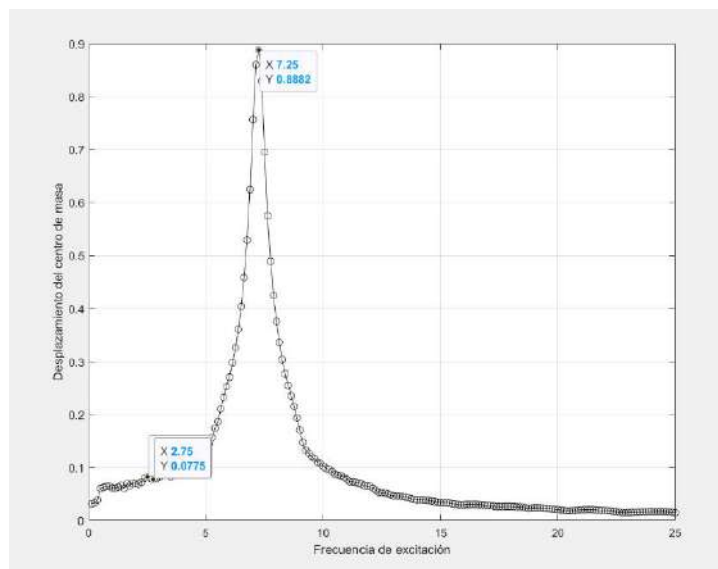


Figura 5.34: curva del desplazamiento vertical de la masa del semirremolque tipo cama cuna con respecto a la frecuencia de excitación. (FUENTE: propia)

Frente a este comportamiento y valores de resonancia, realizaremos la comparación de los valores de frecuencia de excitación de la figura 6.34 con los valores de frecuencia natural del semirremolque determinado con anterioridad para poder comprobar que estas frecuencias naturales no se relacionen demasiado a la frecuencia de resonancia ya que esto produciría grandes desplazamientos que afectarían negativamente a nuestra estructura.

Notamos que la primera frecuencia natural de vibración se aproxima al valor de la frecuencia de excitación, lo cual podemos visualizarlo en su modo de vibración tipo flexión vertical.

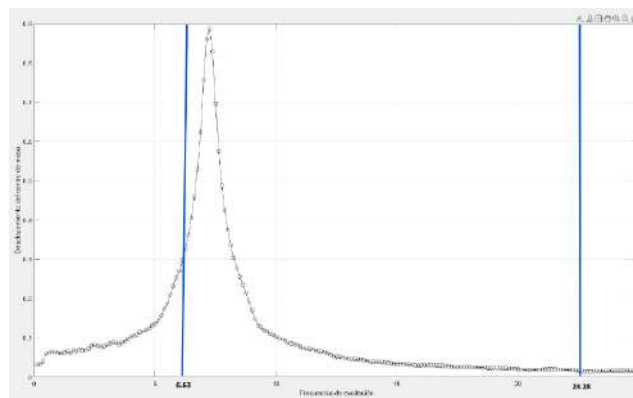


Figura 5.35: valores de las frecuencias naturales del semirremolque tipo cama cuna frente a los valores de frecuencia de excitación producido por la carretera. (FUENTE: propia)

En la circulación diaria que llegara a tener el semirremolque tipo cama cuna presentara diferentes situaciones reales de trabajo y condiciones de carga que varían de un viaje a otro lo que produciría un cambio en los valores de la frecuencia de resonancia frente al que consideramos en nuestro estudio lo cual influiría negativamente en la seguridad, estabilidad de la estructura, conducción del semirremolque. Para evitar estas situaciones adversas hoy en día se tiene el uso de sistemas de suspensión neumática los cuales tienen incorporado un nivel y regulador de altura calibrable que alivia las perturbaciones de manera más eficiente frente al sistema de suspensión de ballestas.

El estudio dinámico realizado en el semirremolque tipo cama cuna busca presentar el comportamiento de la estructura frente a situaciones adversas de trabajo donde tenemos como punto de análisis la frecuencia natural y la frecuencia de resonancia con el objetivo de reducir la amplitud de la curva de excitación para no generar grandes desplazamientos en la estructura que traen fallas por fractura, estrés del material, desgaste prematuro de los componentes y pérdida de rigidez en las sujeciones atornilladas. La proximidad produciría una vibración perceptible pequeña dentro de la estructura lo cual está controlada debido a al primer modo de vibración del semirremolque ya que este muestra que el comportamiento esperado para esta situación de flexión vertical suave, sin embargo el tema importante está en el trincado del material a transportar sobre la mesa de carga ya que un ligero aflojamiento podría producir un movimiento vertical debido a la frecuencia de excitación estudiada, esto traería consigo una aceleración vertical del material a transportar lo que produciría golpes hacia la mesa de carga, inestabilidad del semirremolque, movimiento dinámico libre del material a transportar sobre la mesa de carga. La consecuencia de este fenómeno podría resultar en la liberación del material que afectaría o produciría un accidente mayor y daños considerables en la estructura principal.

CAPITULO VI

ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL CUELLO DESMONTABLE DE UN SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA DE 45 TONELADAS DE CAPACIDAD.

Después de haber realizado el diseño de nuestro cuello desmontable, procederemos a realizar una estimación de los costos que involucran la fabricación de la estructura, donde incluyen costos de mano de obra, materiales a emplear, consumibles.

6.1 COSTOS EN MATERIA PRIMA.

En el cuello desmontable este fabricado en acero en su totalidad la cual se estima según el espesor asumido en las tablas 7.1, tendremos entonces la siguiente tabla:

DESCRIPCION MATERIA PRIMA					
MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD	UNID.	COSTO UNITARIO (\$)	SUB TOTAL (\$)
PLANCHA DE ACERO STREX 700	6000X1500X9mm	1.5	Unid.	2024.65	3036.975
PLANCHA DE ACERO STREX 700	6000X1500X6mm	1	Unid.	1863.42	1863.42
PLANCHA DE ACERO STREX 700	6000X1500X12mm	0.5	Unid.	2259.56	1129.78
PLATINA RECTANGULAR DE ACERO A572 GR50	9000X50.2X19.5mm	1	Unid.	2885.79	2885.79
PLANCHA DE ACERO A572 GR50	500X500X50.8mm	1	Unid.	224.52	224.52
				TOTAL	9140.485

Tabla 6.1: Descripción de costos de la materia prima a utilizar en la fabricación del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

6.2 DIAGRAMA DE PROCESOS EN LA FABRICACIÓN

La fabricación del cuello desmontable se proyecta a terminarlo en un plazo de 25 días laborables, según lo cual se detalla en el siguiente diagrama de Gantt:

INDUSTRIAS FIRME E.I.R.L

RESPONSABLE: RODY BERTY CUYO LIPA

Fecha de inicio del proyecto: 3/06/2024

Incremento de desplazamiento: 0

ESTRUCTURA: CUELLO DESMONTABLE

Leyenda:

Según lo previsto

Riesgo bajo

Riesgo medio

Riesgo alto

Sin asignar

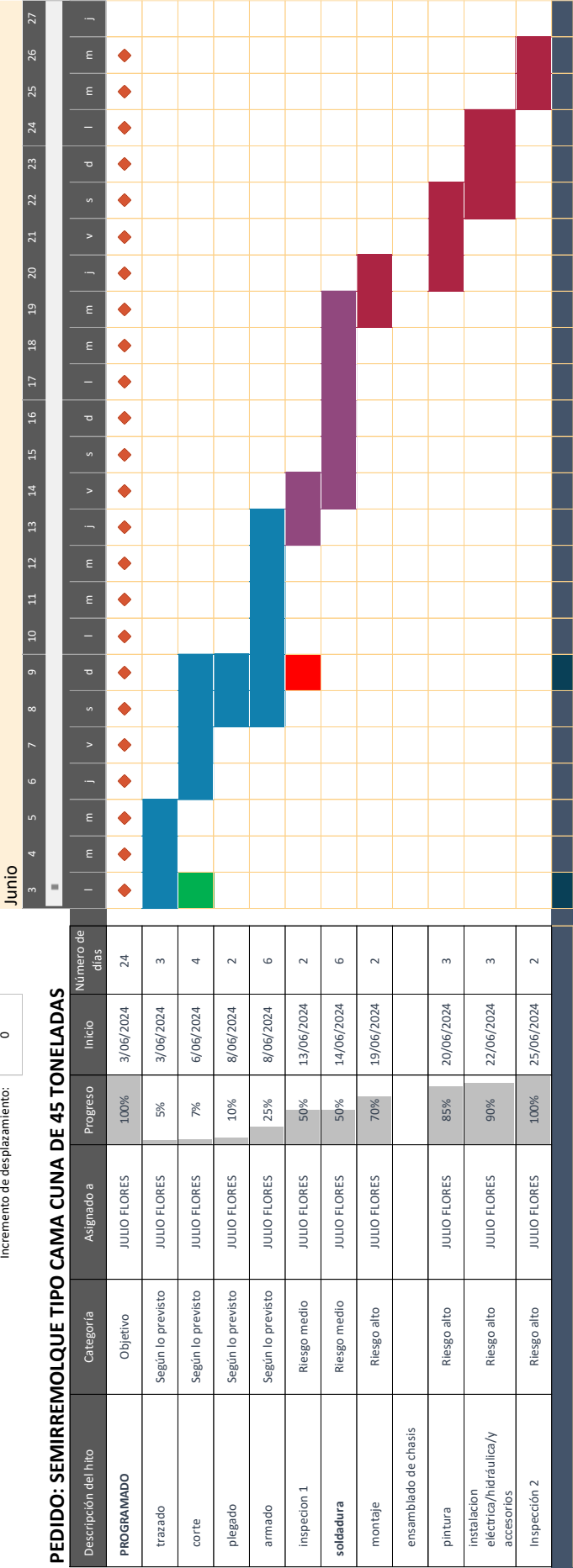


Tabla 6.2: programación de producción para la fabricación del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

6.2 COSTOS DE FABRICACIÓN.

Dentro de este plazo de fabricación del cuello desmontable, se tendrá en consideración los siguientes puntos:

COSTOS DE MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID.	COSTO UNITARIO (\$)	SUB TOTAL (\$)
SUPERVISOR	1.00	UNID.	1200	1200
ARMADOR	2.00	UNID.	500	1000
SOLDADOR	2.00	UNID.	450	900
AYUDANTE	2.00	UNID.	300	600
OPERADOR	1.00	UNID.	300	300
	TOTAL			4000

Tabla 6.3: costos de mano de obra para la fabricación del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

6.3 COSTOS DE CONSUMIBLES.

COSTOS DE CONSUMIBLES				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID.	COSTO UNITARIO (\$)	SUB TOTAL (\$)
OXIGENO GAS INDUSTRIAL	40	M3	1.97	78.8
ARGON GAS INDUSTRIAL	24	M3	17	408
DISCO DE CORTE Y DESBASTE 7"	7	UNID.	32.52	227.64
ALAMBRE AWS A5.20 E71T-1C	30	Kg.	38.55	1156.5
USO DE EQUIPOS SOLDADURA	2	UNID.	30.2	60.4
USO DE EQUIPOS CNC DE CORTE DE PLASMA	1	UNID.	30.2	30.2
INSUMOS DE PANTOGRAFO PLASMA DE CORTE	1	JUEGO	62.2	62.2
INSUMOS DE PINTURA	1	JUEGO	98.2	98.2
			TOTAL	2121.94

Tabla 6.4: costos de consumibles para la fabricación del cuello desmontable. (FUENTE: propia)

6.4 COSTOS TOTAL

COSTO TOTAL	
DESCRIPCION	COSTO
MATERIA PRIMA	9140.485
MANO DE OBRA	4000
COSNUMIBLES	2121.94
DISEÑO Y ELABORACION DE PLANOS	1000
UTILIDAD	5000
TOTAL	21262.425

Tabla 6.5: costo total en la fabricación del cuello desmontable del semirremolque tipo cama cuna. (FUENTE: propia)

Dentro de un servicio de fabricación del cuello desmontable, se realizó la estimación de costos para la estructura de acero, armado, soldado y pintado, lo cual no incluye el sistema hidráulico que hace posible la basculación del cuello desmontable para el acople y desacople de la mesa de carga.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1.CONCLUSIONES.

- Considerando el campo de aplicación, tipo de trabajo del semirremolque cama cuna y diferentes cargas que pueda llegar a transportar durante su vida útil concluimos en tener la capacidad de 45 toneladas en el semirremolque así abasteciendo los requerimientos, seleccionamos la geometría adecuada del cuello desmontable considerando criterios de viabilidad de fabricación, costos de fabricación, seguridad y mantenimiento, seleccionando una opción que nos brinda un larguero con brazo más largo y una caja de soporte que brinda estabilidad, en la fabricación de este componente se realizó una evaluación de la materia prima a emplear considerando capacidad de carga, competitividad de la estructura, resistencia, soldabilidad, corte térmico, plegado y coste del material teniendo como mejor opción el acero de alta resistencia STRENX 700 que nos brinda grandes propiedades mecánicas frente a otros aceros en el mercado.
- En el estudio del análisis estático del cuello desmontable, obtuvimos un centro de gravedad en ($x=1900$ mm, $y=353$ mm, $z=540$ mm). en donde se analizó las cargas muertas y vivas que combinadas llegan a actuar en la estructura con valor la fuerza de corte equivalente será de 242,6 KN y un momento de torsión equivalente de 612,9 KN.m, valores con los cuales comprobamos que no existe una deformación permanente en elementos estructurales del cuello desmontable debido a que no se excede el valor del módulo de plasticidad del elemento, además de comprobar las dimensiones asumidas tienen la capacidad de soportar la carga sin ser afectadas

por la fuerza cortante y el momento de torsión equivalentes ya que la relación cuadrática de tensiones no supera la unidad ($0.32 < 1$).

El cordón de soldadura aplicado durante la producción de la estructura, existirá esfuerzos en la soldadura en los largueros principales sujeta a flexión de $\tau = 102.1$ Pa. En donde aplicara la soldadura G.M.A.W. tipo M.A.G. con el cual tendremos un factor de seguridad de 2.2. los esfuerzos en los puentes transversales sujeta a flexión de $\tau = 33.5$ Pa. con un factor de seguridad de 3.3. dentro de este proceso de soldadura en el acero de alta resistencia STRENGTH el aporte de calor debido al proceso será de 2.8 KJ/mm el cual está dentro de rango admisible para el espesor de plancha sin afectar sus propiedades mecánicas de la materia prima en la zona afectada por el calor.

- Definido las condiciones iniciales en el modelado del cuello desmontable, realizamos la simulación estática teniendo como resultado la tensión máxima en la estructura de 285.5 MPa el cual comparando con la tensión máxima obtenida en el cálculo analítico de 267.5 MPa tendremos una variación de 6.3% que es admisible para validar los resultados, también nos brindara un factor de seguridad mínimo de 2.5 en la estructura, también obtuvimos el valor de la deformación en la estructura con un valor máximo de 9.7 mm en el larguero principal el cual comparando con la deformación calculada de manera analítica de 8.1 mm tendremos una variación de 1.5 mm.
- En análisis dinámico del cuello desmontable, se determinó la frecuencia natural de la estructura con 5 modos de vibración: el primer modo presentó flexión transversal (16.7 Hz.), el segundo modo presentó flexión vertical (22.7 Hz), el

tercer modo presento una torsión longitudinal (34.7 Hz). el cuarto modo que presento una flexión centrada en el larguero principal (97.8 Hz.), el quinto modo de vibración presento una flexión vertical (116.1 Hz.). Estos valores muestran el comportamiento del cuello desmontable frente a diferentes niveles de frecuencias de vibración mostrando que los nodos de la estructura está ubicado en el King pin delantero y en los ganchos de soporte de la mesa de carga los cuales enmarcan que son puntos estables de menor vibración para ser puntos de conexión estable del cuello desmontable con el tracto remolcador y la mesa de carga.

- Conociendo el comportamiento natural de la estructura, se sometió a una vibración forzada senoidal de 100 mm de amplitud con una velocidad horizontal de 10 m/s, que nos brinda la curva de desplazamiento vertical de la suspensión delantera neumática del tracto remolcador el cual absorbe el 18%, en la suspensión posterior mecánica del semirremolque existe una reducción de 10% de la amplitud, esta variación de valores en la amplitud de vibración es debido al tipo de suspensión, un neumático con control de altura en la parte delantera mientras en la parte posterior tendremos una suspensión mecánica de ballestas el cual es utilizado debido a la altura de la mesa de carga de la estructura, en la masa del semirremolque tendremos un desplazamiento de 71 mm con una velocidad vertical de 1.3 m/seg. lo cual es producto de la absorción de energía en la suspensión y propiedades de la estructura, sin embargo, si realizamos el análisis de desplazamiento frente a diferentes velocidades horizontales del semirremolque tendremos el punto de resonancia para la velocidad horizontal de 29 km/h con una frecuencia de excitación de 1.3 Hz (7.3 rad/seg) y un desplazamiento vertical de hasta 880 mm. En donde realizando la comparación con la frecuencia natural del

semirremolque más cercano de 1.1 Hz (6.6 rad/seg) no coincidiendo por lo que no entra en resonancia a estas condiciones adversas de la curva senoidal de excitación planteada.

- Dentro de la estimación de costos para la fabricación del cuello desmontable, programamos un trabajo de 24 días donde tendremos un costo de materia prima de \$.9 140 dólares americanos, un costo de mano de obra calificada de \$.4000 dólares americanos, costo de consumibles con un valor de \$.2 121 dólares americanos, elaboración de diseño y planos con un valor de \$.1 000 dólares americanos. En todo el proceso de fabricación considerando el personal, los equipos a utilizar, las herramientas, local adecuado se considera una utilidad para este trabajo de \$.5 000 dólares americanos según los costos del mercado. Teniendo así un costo final de \$.21 262 dólares americanos en la fabricación del cuello desmontable del semirremolque tipo cama cuna lo que nos muestra la responsabilidad y el cuidado adecuado en el trabajo de diseño y producción de la estructura.

8.2.RECOMENDACIONES.

- En el diseño de la estructura del cuello desmontable de un semirremolque de 45 toneladas de capacidad, se asumió el uso del acero de alta resistencia STRENX 700 donde se muestra su comportamiento mecánico frente a las cargas, en caso de realizar un cambio de material durante la fabricación de la estructura por algún motivo en producción se podría realizar considerando refuerzos locales adecuados según la pieza a cambiar para no afectar el cuello desmontable, sin embargo en el caso de los largueros principales no se puede realizar esta modificación debido al trabajo mecánico existente en este componente estructural.
- Durante la fabricación del cuello desmontable de un semirremolque tipo cama cuna es muy importante con el control de calidad en los componentes estructurales antes de realizar el armado de la estructura debido que al ser una estructura basculante tiene una tolerancia dimensional no mayor a 5mm, por lo que se recomienda emplear equipo pantógrafo CNC plasma y/o laser para realizar los componentes reduciendo tiempo y mostrando un adecuado acabado superficial en el corte.
- El sistema hidráulico dentro de la estructura del cuello desmontable que permite el basculamiento de la estructura para el acople y desacople con la mesa de carga consta de botellas hidráulicas, las cuales en su instalación en la estructura se tendrá un protocolo estricto para las posiciones de las bocinas y soportes de la botella para que no exista el fenómeno denominado “trenzado estructural” en donde la mala alineación de las bocinas y el mas armado de la estructura producirá fuerzas internas que deformaran los largueros afectando la basculación del cuello desmontable.

XI. Bibliografía

(AISC), A. I. (2010). *Especificacion ANSI/AISC 360-10 para construcciones de Acero*.

Santiago de Chile: Asociacion Latinoamericana del Acero (Alacero).

Arquitectos, V. (s.f.). *Propiedades mecanicas del acero estructural*. Obtenido de

www.vortize.com

Budynas, R. G. (2012). *Diseno de ingenieria mecanica de Shigley - Novena edicion*.

Ciudad de Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A.

Calcina Sotela, A. (2016). *Posicionamiento de quinta rueda para disminuir accidentes*

de transito en tracto camiones Volvo FM. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.

Carreno Castillo, H. (2020). *Soldadura por arco electrico con proteccion gaseosa*

MIG/MAG. Arequipa - Peru: Instituto de Educacion Superior TECSUP.

construction, A. i. (2011). *Manual steel construccion*. United States of America.

Constructivo, R. (s.f.). *Constructivo*. Obtenido de

<https://constructivo.com/noticia/cuales-son-los-equipos-de-maquinaria-pesada-mas-usados-en-peru-aqui-te-contamos-1556830941>

Diaz del Castillo R., F. (2019). *Perfiles estructurales*. Mexico: Universidad Nacional

Autonoma de Mexico.

Gudino, S. (2004). *Acero A-36 y mas*. Ecuador.

Han Fui, T. y. (2007). *Static and dinamic structural analysis of 4.5 ton. truck chassis*.

Malasya.

- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecanica de materiales Octava edicion*. Ciudad de Mexico: PEARSON EDUCATION.
- Institute, A. I. (1996). *Especificacion para el diseno de miembros estructurales de acero conformado en frio*. Washington.
- Institute, S. E. (2017). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and Other Structures*. United States of America: American Society of Civil Engineers.
- Lonardy, B. G. (2009). *Analisis dinamico de un chasis de semirremolque de servicio pesado*. Tandil, Argentina: Asociacion Argentina de Mecanica Computacional.
- McCormac, J. C. (2012). *Diseno de estructuras de acero. 5a. Edicion*. ciudad de Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Nguyen Vanllem y Vanquynh, L. (2019). *Low-frequency vibration analysis of heavy vehicle suspension system under various operating conditions*. Vietnam: Thai Nguyen Univercity of Tecnology.
- OSINERGMIN, C. D. (2017). *La industria de la mineria en el Peru* . Lima-Peru: GRAFICA BIBLIOS S.A.
- Petyt, M. (2010). *Introduction to finite element vibration analysis - second edition*. United States of America: Cambridge University Press.
- Rao, S. S. (2012). *Vibraciones Mecanicas*. Mexico: PEARSON EDUCATION.
- Ruiz R., V. y. (2012). *Diseno optimo de un semirremolque para vehiculos de carga*. Bogota, Colombia.
- SSAB. (2024). Obtenido de <https://www.ssab.com/es-mx>

ANEXOS.

ANEXO 01

FICHA TÉCNICA DEL ACERO STRENX 700

Strenx® Section 700MC

Descripción general del producto

Strenx® Section 700MC es una sección de acero conformado en frío compuesta por acero de alta resistencia laminado en caliente con un límite elástico mínimo de 700 MPa.

Su alta resistencia, junto con la rigidez natural de esta sección, facilita la construcción de estructuras más resistentes y ligeras. Algunas de las aplicaciones típicas son las estructuras complejas de soporte de cargas para los sectores de elevación, manipulación y transporte.

El acero de Strenx® Section 700MC cumple o excede los requisitos de la norma EN 10149-2. Sus tolerancias cumplen o superan los requisitos de EN 10162, cuando son de aplicación.

Strenx® Section 700MC está disponible como sección U. Otras formas y variedades, disponibles bajo pedido. La longitud máxima de las secciones es de 21 metros, secciones cortadas a medida disponibles bajo demanda.

Rango de dimensiones

Strenx® Section 700MC está disponible como sección U. Otras formas y variedades, disponibles bajo pedido.

Tipo de producto	Sección U
Longitud inferior (mm)	50 - 400
Longitud lateral (mm)	30 - 200
Espesor de pared (mm)	2.5 - 8.0
longitud máx (mm)	12000

Propiedades mecánicas

Espesor (mm)	Límite de elasticidad $R_{eH}^{1)}$ (min MPa)	Tensión de rotura R_m (MPa)	Elongación A_{80} (min %)	Elongación A_5 (%)	Radio mínimo de plegado interior para plegado de 90° (x t)
2.50 - 3.00	700	750 - 950	10	—	0.8
3.01 - 6.00	700	750 - 950	—	12	1.2
6.01 - 8.0	700	750 - 950	—	12	1.5

Las propiedades mecánicas se ensayan en sentido longitudinal.

¹⁾ Si no se puede aplicar R_{eH} se usa $R_{p0.2}$. Para espesores > 8 mm, el límite elástico mínimo puede ser 20 MPa o inferior.

Propiedades de impacto

Producto	Ensayo longitudinal, mín. energía de impacto, Charpy V probetas 10x10 mm ¹⁾
Strenx® Section 700MC	27 J / -40 °C

¹⁾ Ensayo de impacto de conformidad con EN ISO 148-1 realizado en grosores ≥ 6 mm. El valor mínimo especificado corresponde a una probeta de tamaño estándar.

Composición química (análisis de colada)

C (max %)	Si (max %)	Mn (max %)	P (max %)	S (max %)	Al _{tot} (min %)	Nb (max %)	V (max %)	Ti (max %)
0.12	0.21	2.10	0.020	0.010	0.015	0.090	0.20	0.15

Si este material se va a galvanizar por inmersión en caliente, conforme a las categorías A o B de la norma EN 10149-2, debe especificarse en el momento de realizar el pedido.

Suma de Nb, V y Ti = máx. 0,22 %.

El grano del acero se ha refinado.

Contenido en carbono equivalente CET(CEV)

Espesor (mm)	2.5 - 8.00
Típ CET(CEV)	0.24 (0.38)

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

Tolerancias

Tolerancias conformes a la norma EN 10162 cuando ésta sea de aplicación. Tolerancias más estrechas disponibles bajo pedido.

Condiciones de entrega

Las secciones se perfilan a partir de acero laminado termomecánicamente.

Producción y otras recomendaciones

Soldadura, plegado y mecanizado

Strenx® Section tiene buenas propiedades de soldabilidad, incluida la zona de las esquinas, y es adecuado corte térmico. Se pueden usar todos los métodos de soldadura convencionales con consumibles coincidentes (equivalentes) o similares.

Estas secciones se pueden cortar y mecanizar con herramientas convencionales. También es posible doblar los perfiles. Póngase en contacto con nuestro servicio técnico para obtener más información. Para obtener información sobre la fabricación, consulte los folletos de SSAB en www.ssab.com o póngase en contacto con el servicio de asistencia técnica.

Es importante tomar precauciones de seguridad adecuadas a la hora de plegar, soldar, cortar, rectificar o, en definitiva, al trabajar este producto.

Contacto e información

www.ssab.com/contact



Test Certificate

12400 Highway 43 North, Axis, Alabama 36505, US

Form TC1: Revision 5: Date 22 Aug 2024

Customer: SSAB EMEA AB SUCURSAL DE PERU AVENIDA LA ENCALADA NO. 1420 OFICINA 502, SANTIAGO DE SURCO	Customer P.O.No.: PERU 545	Mill Order No. 41-732612-02	Shipping Manifest: UV205044
	Product Description: STRENX 700 HIGH RESISTAN STEEL PLATE		Ship Date: 26 Mar 24 Cert Date: 26 Mar 24 Heat Treat Type:
	Size: 9.00 X 2500 X 12000 (MM)		Cert No: 850338691 (Page 1 of 1) QUENCHED

Tested Pieces:				Tensiles:								Charpy Impact Tests									
Heat Id	Piece Id	Tested Thickness	Tst Loc	YS (MPA)	UTS (MPA)	%RA	Elong % 50 200 (mm)	Tst Dir	YIELD POINT	Abs. Energy(J) 1 2 3 Avg				% Shear 1 2 3 Avg				Tst Tmp	Tst Dir	Tst Siz (mm)	BDWTT Tmp %Shr
E4B035	D39	9.09 (DISCRT)	C						705 MPA												
E4B062	C02	9.12 (DISCRT)	C						703 MPA												
W4B532	D43	9.12 (DISCRT)	C						705 MPA												

Heat Id		Chemical Analysis																		ORGN	
	C	Mn	P	S	Si	Tot Al	Sol Al	Cu	Ni	Cr	Mo	Cb	V	Ti	Sn	B	N	Ca	IIW		
E4B035	.18	1.38	.010	<.001	.25	.048	.048	.18	.09	.14	.04	.014	.005	.011	.007	.0014	.0036	.0017	.47		USA
E4B062	.18	1.39	.009	<.001	.24	.051	.050	.14	.08	.14	.03	.017	.005	.012	.006	.0013	.0041	.0018	.46		USA
W4B532	.19	1.39	.010	<.001	.24	.048	.048	.15	.08	.14	.03	.015	.005	.012	.008	.0012	.0039	.0015	.47		USA

KILLED STEEL COMPONENT OF THE STEEL AND NO MERCURY WAS INTENTIONALLY ADDED DURING THE MANUFACTURE OF THIS PRODUCT.
CEV (IIW) = C + MN/6 + (CR+MO+V)/5 + (NI+CU)/15
KILLED STEEL, PRODUCED TO A FINE GRAIN PRACTICE
HARDNESS RESULT LABEL HBW = HBW 10MM/3000KG
MTR EN 10204:2004 INSPECTION CERTIFICATE 3.1 COMPLIANT
NO WELD REPAIR HAS BEEN PERFORMED ON THIS MATERIAL.
MATERIAL MARKED WITH AN ASTERISK IS PRODUCED FROM COIL

PRODUCTS SHIPPED:

W4B532 D43	61654035	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654031	PCES:	1, KGS:	1411.14
W4B532 D43	61654030	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654029	PCES:	1, KGS:	1411.14
W4B532 D43	61654028	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654027	PCES:	1, KGS:	1411.14
W4B532 D43	61654026	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654025	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B062 C02	61656217	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653954	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653953	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653952	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653951	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653950	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653949	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653948	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653947	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653946	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653945	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653944	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653943	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653942	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653941	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653940	PCES:	1, KGS:	1411.14

(P) Cust Part #:ITM1026

WE HEREBY CERTIFY THAT THIS MATERIAL WAS TESTED IN ACCORDANCE WITH, AND MEETS THE REQUIREMENTS OF, THE APPROPRIATE SPECIFICATION

Jason Thomas

Director Technical Services



Test Certificate

12400 Highway 43 North, Axis, Alabama 36505, US

Form TC1: Revision 5: Date 22 Aug 2024

Customer: SSAB EMEA AB SUCURSAL DE PERU AVENIDA LA ENCALADA NO. 1420 OFICINA 502, SANTIAGO DE SURCO	Customer P.O.No.: PERU 545	Mill Order No. 41-732612-02	Shipping Manifest: UV205044
	Product Description: STRENX 700 HIGH RESISTAN STEEL PLATE		Ship Date: 26 Mar 24 Cert Date: 26 Mar 24 Heat Treat Type:
	Size: 6.00 X 2500 X 12000 (MM)		QUENCHED

Tested Pieces:				Tensiles:								Charpy Impact Tests											
Heat Id	Piece Id	Tested Thickness	Tst Loc	YS (MPA)	UTS (MPA)	%RA	Elong % 50 200 (mm)		Tst Dir	YIELD POINT	Abs. Energy(J)				% Shear				Tst Tmp	Tst Dir	Tst Siz (mm)	BDWTT Tst %Shr	
											1	2	3	Avg	1	2	3	Avg					
E4B035	D39	6.05 (DISCRT)	C							704 MPA													
E4B062	C02	6.12 (DISCRT)	C							707 MPA													
W4B532	D43	6.07 (DISCRT)	C							708 MPA													

Heat Id		Chemical Analysis																				ORGN
		C	Mn	P	S	Si	Tot Al	Sol Al	Cu	Ni	Cr	Mo	Cb	V	Ti	Sn	B	N	Ca	IIW		
E4B035		.18	1.38	.010	<.001	.25	.048	.048	.18	.09	.14	.04	.014	.005	.011	.007	.0014	.0036	.0017	.47		
E4B062		.18	1.39	.009	<.001	.24	.051	.050	.14	.08	.14	.03	.017	.005	.012	.006	.0013	.0041	.0018	.46		
W4B532		.19	1.39	.010	<.001	.24	.048	.048	.15	.08	.14	.03	.015	.005	.012	.008	.0012	.0039	.0015	.47		

KILLED STEEL COMPONENT OF THE STEEL AND NO MERCURY WAS INTENTIONALLY ADDED DURING THE MANUFACTURE OF THIS PRODUCT.
CEV (IIW) = C + MN/6 + (CR+MO+V)/5 + (NI+CU)/15
KILLED STEEL, PRODUCED TO A FINE GRAIN PRACTICE
HARDNESS RESULT LABEL HBW = HBW 10MM/3000KG
MTR EN 10204:2004 INSPECTION CERTIFICATE 3.1 COMPLIANT
NO WELD REPAIR HAS BEEN PERFORMED ON THIS MATERIAL.
MATERIAL MARKED WITH AN ASTERISK IS PRODUCED FROM COIL

PRODUCTS SHIPPED:

W4B532 D43	61654035	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654031	PCES:	1, KGS:	1411.14
W4B532 D43	61654030	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654029	PCES:	1, KGS:	1411.14
W4B532 D43	61654028	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654027	PCES:	1, KGS:	1411.14
W4B532 D43	61654026	PCES:	1, KGS:	1411.14	W4B532 D43	61654025	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B062 C02	61656217	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653954	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653953	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653952	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653951	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653950	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653949	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653948	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653947	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653946	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653945	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653944	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653943	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653942	PCES:	1, KGS:	1411.14
E4B035 D39	61653941	PCES:	1, KGS:	1411.14	E4B035 D39	61653940	PCES:	1, KGS:	1411.14

(P) Cust Part #:ITM1026

WE HEREBY CERTIFY THAT THIS MATERIAL WAS
TESTED IN ACCORDANCE WITH, AND MEETS THE
REQUIREMENTS OF, THE APPROPRIATE SPECIFICATION

Jason Thomas

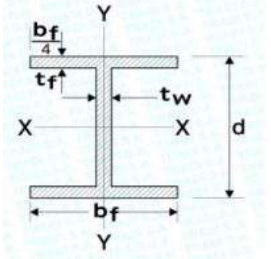
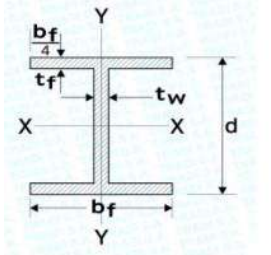
Director Technical Services

ANEXO 02

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SEMIRREMOLQUE CAMA BAJA.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO FICHA TECNICA SEMIREMOLQUE CAMA BAJA

	ESPECIFICACIONES	PROPUESTA TÉCNICA INDUSTRIAS FIRME																																																																																																			
1. GENERALIDADES																																																																																																					
1.1	TIPO DE MAQUINA	SEMIRREMOLQUE CAMABAJA DE 04 EJES TAPADO SOBRE LOS EJES																																																																																																			
1.2	CANTIDAD	Tres (04) unidades																																																																																																			
1.3	FABRICACION	Nacional																																																																																																			
1.4	CAPACIDAD	45 TONELADAS (CAPACIDAD TECNICA)																																																																																																			
1.5	AÑO DE FABRICACION	2024																																																																																																			
2. DIMENSIONES																																																																																																					
2.1	LONGITUD TOTAL	12,000 mm																																																																																																			
2.2	PROYECCION DE ALTURA	1,300 mm																																																																																																			
2.3	ANCHO DE CAMABAJA SIN ALERONES	2,950 mm																																																																																																			
2.4	ANCHO DE CAMABAJA CON ALERONES	3,450 mm																																																																																																			
2.5	ALTURA CAMA UTIL	300 mm																																																																																																			
2.6	CAMA UTIL	6,000 mm																																																																																																			
2.7	PESO DE LA ESTRUCTURA	9,033 kg,																																																																																																			
3. CHASIS																																																																																																					
3.1	VIGA PRINCIPAL	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo laminado H, (W16"X67 lb/pie) <table><thead><tr><th rowspan="2">DESIGNACION pulg x lb/pie *</th><th rowspan="2">AREA DE SECCION A Pulg.²</th><th rowspan="2">ALTURA d Pulg.</th><th colspan="2">ALA</th><th rowspan="2">ESPESOR ALMA tw Pulg.</th><th rowspan="2">PESO Kg/m</th><th colspan="3">EJE X - X</th><th colspan="3">EJE Y - Y</th></tr><tr><th>ANCHO bf Pulg.</th><th>ESPESOR tf Pulg.</th><th>I Pulg.⁴</th><th>S Pulg.³</th><th>r Pulg.</th><th>I' Pulg.⁴</th><th>S' Pulg.³</th><th>r' Pulg.</th></tr></thead><tbody><tr><td>16 x 50</td><td>14.7</td><td>16.3</td><td>7.07</td><td>0.630</td><td>0.380</td><td>74.4</td><td>659.0</td><td>81.0</td><td>6.68</td><td>37.2</td><td>10.5</td><td>1.59</td></tr><tr><td>16 x 57</td><td>16.80</td><td>16.43</td><td>7.120</td><td>0.715</td><td>0.430</td><td>84.83</td><td>758.0</td><td>92.2</td><td>6.72</td><td>43.10</td><td>12.10</td><td>1.6</td></tr><tr><td>16 x 67</td><td>19.6</td><td>16.3</td><td>10.2</td><td>0.665</td><td>0.395</td><td>99.7</td><td>954.0</td><td>117.0</td><td>6.96</td><td>119.0</td><td>23.2</td><td>2.46</td></tr><tr><td>16 x 77</td><td>22.6</td><td>16.5</td><td>10.3</td><td>0.760</td><td>0.455</td><td>114.6</td><td>1110.0</td><td>134.0</td><td>7.00</td><td>138.0</td><td>26.9</td><td>2.47</td></tr><tr><td>18 x 35</td><td>10.30</td><td>17.70</td><td>6.000</td><td>0.425</td><td>0.300</td><td>52.09</td><td>510.0</td><td>57.6</td><td>7.04</td><td>15.30</td><td>5.12</td><td>1.22</td></tr></tbody></table>	DESIGNACION pulg x lb/pie *	AREA DE SECCION A Pulg. ²	ALTURA d Pulg.	ALA		ESPESOR ALMA tw Pulg.	PESO Kg/m	EJE X - X			EJE Y - Y			ANCHO bf Pulg.	ESPESOR tf Pulg.	I Pulg. ⁴	S Pulg. ³	r Pulg.	I' Pulg. ⁴	S' Pulg. ³	r' Pulg.	16 x 50	14.7	16.3	7.07	0.630	0.380	74.4	659.0	81.0	6.68	37.2	10.5	1.59	16 x 57	16.80	16.43	7.120	0.715	0.430	84.83	758.0	92.2	6.72	43.10	12.10	1.6	16 x 67	19.6	16.3	10.2	0.665	0.395	99.7	954.0	117.0	6.96	119.0	23.2	2.46	16 x 77	22.6	16.5	10.3	0.760	0.455	114.6	1110.0	134.0	7.00	138.0	26.9	2.47	18 x 35	10.30	17.70	6.000	0.425	0.300	52.09	510.0	57.6	7.04	15.30	5.12	1.22													
DESIGNACION pulg x lb/pie *	AREA DE SECCION A Pulg. ²	ALTURA d Pulg.				ALA				ESPESOR ALMA tw Pulg.	PESO Kg/m	EJE X - X			EJE Y - Y																																																																																						
			ANCHO bf Pulg.	ESPESOR tf Pulg.	I Pulg. ⁴	S Pulg. ³	r Pulg.	I' Pulg. ⁴	S' Pulg. ³			r' Pulg.																																																																																									
16 x 50	14.7	16.3	7.07	0.630	0.380	74.4	659.0	81.0	6.68	37.2	10.5	1.59																																																																																									
16 x 57	16.80	16.43	7.120	0.715	0.430	84.83	758.0	92.2	6.72	43.10	12.10	1.6																																																																																									
16 x 67	19.6	16.3	10.2	0.665	0.395	99.7	954.0	117.0	6.96	119.0	23.2	2.46																																																																																									
16 x 77	22.6	16.5	10.3	0.760	0.455	114.6	1110.0	134.0	7.00	138.0	26.9	2.47																																																																																									
18 x 35	10.30	17.70	6.000	0.425	0.300	52.09	510.0	57.6	7.04	15.30	5.12	1.22																																																																																									
3.2	DURMIENTES	Durmientes transversales tipo canal "C" con alas atiesadas																																																																																																			
3.3	LATERALES	En acero ASTM A- 572 tipo laminado H (W12"X30 lb/pie) <table><thead><tr><th rowspan="2">DESIGNACION pulg x lb/pie *</th><th rowspan="2">AREA DE SECCION A Pulg.²</th><th rowspan="2">ALTURA d Pulg.</th><th colspan="2">ALA</th><th rowspan="2">ESPESOR ALMA tw Pulg.</th><th rowspan="2">PESO Kg/m</th><th colspan="3">EJE X - X</th><th colspan="3">EJE Y - Y</th></tr><tr><th>ANCHO bf Pulg.</th><th>ESPESOR tf Pulg.</th><th>I Pulg.⁴</th><th>S Pulg.³</th><th>r Pulg.</th><th>I' Pulg.⁴</th><th>S' Pulg.³</th><th>r' Pulg.</th></tr></thead><tbody><tr><td>10 x 68</td><td>19.9</td><td>10.4</td><td>10.1</td><td>0.770</td><td>0.470</td><td>101.2</td><td>394.0</td><td>75.7</td><td>4.44</td><td>134.0</td><td>26.4</td><td>2.59</td></tr><tr><td>12 x 19</td><td>5.57</td><td>12.16</td><td>4.000</td><td>0.350</td><td>0.235</td><td>28.28</td><td>130.0</td><td>21.30</td><td>4.82</td><td>3.76</td><td>1.88</td><td>0.822</td></tr><tr><td>12 x 26</td><td>7.65</td><td>12.22</td><td>6.490</td><td>0.380</td><td>0.230</td><td>38.69</td><td>204.0</td><td>33.4</td><td>5.17</td><td>17.30</td><td>5.34</td><td>1.51</td></tr><tr><td>12 x 30</td><td>8.79</td><td>12.34</td><td>6.520</td><td>0.440</td><td>0.260</td><td>44.64</td><td>238.0</td><td>38.6</td><td>5.21</td><td>20.30</td><td>6.24</td><td>1.52</td></tr><tr><td>12 x 35</td><td>10.30</td><td>12.50</td><td>6.560</td><td>0.520</td><td>0.300</td><td>52.09</td><td>285.0</td><td>45.6</td><td>5.25</td><td>24.50</td><td>7.47</td><td>1.54</td></tr><tr><td>12 x 40</td><td>11.80</td><td>11.94</td><td>8.005</td><td>0.515</td><td>0.295</td><td>59.53</td><td>310.0</td><td>51.9</td><td>5.13</td><td>44.10</td><td>11.00</td><td>1.93</td></tr></tbody></table>	DESIGNACION pulg x lb/pie *	AREA DE SECCION A Pulg. ²	ALTURA d Pulg.	ALA		ESPESOR ALMA tw Pulg.	PESO Kg/m	EJE X - X			EJE Y - Y			ANCHO bf Pulg.	ESPESOR tf Pulg.	I Pulg. ⁴	S Pulg. ³	r Pulg.	I' Pulg. ⁴	S' Pulg. ³	r' Pulg.	10 x 68	19.9	10.4	10.1	0.770	0.470	101.2	394.0	75.7	4.44	134.0	26.4	2.59	12 x 19	5.57	12.16	4.000	0.350	0.235	28.28	130.0	21.30	4.82	3.76	1.88	0.822	12 x 26	7.65	12.22	6.490	0.380	0.230	38.69	204.0	33.4	5.17	17.30	5.34	1.51	12 x 30	8.79	12.34	6.520	0.440	0.260	44.64	238.0	38.6	5.21	20.30	6.24	1.52	12 x 35	10.30	12.50	6.560	0.520	0.300	52.09	285.0	45.6	5.25	24.50	7.47	1.54	12 x 40	11.80	11.94	8.005	0.515	0.295	59.53	310.0	51.9	5.13	44.10	11.00	1.93
DESIGNACION pulg x lb/pie *	AREA DE SECCION A Pulg. ²	ALTURA d Pulg.				ALA				ESPESOR ALMA tw Pulg.	PESO Kg/m	EJE X - X			EJE Y - Y																																																																																						
			ANCHO bf Pulg.	ESPESOR tf Pulg.	I Pulg. ⁴	S Pulg. ³	r Pulg.	I' Pulg. ⁴	S' Pulg. ³			r' Pulg.																																																																																									
10 x 68	19.9	10.4	10.1	0.770	0.470	101.2	394.0	75.7	4.44	134.0	26.4	2.59																																																																																									
12 x 19	5.57	12.16	4.000	0.350	0.235	28.28	130.0	21.30	4.82	3.76	1.88	0.822																																																																																									
12 x 26	7.65	12.22	6.490	0.380	0.230	38.69	204.0	33.4	5.17	17.30	5.34	1.51																																																																																									
12 x 30	8.79	12.34	6.520	0.440	0.260	44.64	238.0	38.6	5.21	20.30	6.24	1.52																																																																																									
12 x 35	10.30	12.50	6.560	0.520	0.300	52.09	285.0	45.6	5.25	24.50	7.47	1.54																																																																																									
12 x 40	11.80	11.94	8.005	0.515	0.295	59.53	310.0	51.9	5.13	44.10	11.00	1.93																																																																																									
3.4	ESTRUCTURA DE RAMPA	Fabricado en acero ASTM A-36 de 8.00 mm tubular con refuerzos de fierro cuadrado de 1", rampa tipo escalera de acceso posterior.																																																																																																			
3.5	CUELLO DESMONTABLE	De modelo gancho fijo, Fabricado en acero de alta resistencia STRENGTH 700 tipo laminado H, (sección variable)																																																																																																			
3.6	PUENTES	Fabricado en acero ASTM A-36 de 8.00 mm de espesor, perfil U																																																																																																			
3.7	ALERONES	Alerones de 250 mm incluye grasera en la zona baja y dos tableros de extension																																																																																																			



4. SUSPENSION		
4.1	TIPO	Mecánica con balancines de 04 ejes soportes soldados debajo del chasis con templadores reforzados, los mismos que cuentan con un sistema de engrase centralizado a ambos lados de la cama baja pudiéndose evidenciar 5 puntos de engrase por lado.
4.2	MUELLES	08 paquetes de muelles de 4" (100x13x9hojas) 16 ton de capacidad, sistema de balancines y soportes soldados bajo el chasis incluye grasera
5. EJES		
5.1	CANTIDAD	Cuatro (04) ejes track 77.5
5.2	MARCA	SUNTECH
5.3	CAPACIDAD	30,000 Lbs (13.5 Ton.)
5.4	BOCAMAZA	Disco, para aro versión europea
5.5	AROS	De 17 aros metálicos de 10 agujeros tipo europeo
5.6	LLANTAS	17 llantas de dimensiones 2 75x70x22.5 procedencia asiática
6. SISTEMA DE FRENOS		
6.1	Accionado por aire comprimido de doble circuito, con válvula de seguridad y tanque de reserva	
6.2	Línea de doble freno neumáticos	
6.3	Instalación de conectores de aire	
7. ESTRUCTURA		
7.1	PISO	Madera Copaiba de 2" en la zona lateral fijado con pernos cabeza de coche y plancha estriada de 1/8 en la zona central de la mesa de carga . Adicional Tablones para alerones
7.2	PLACA DE FROTAMIENTO	JOST 2" (KING PING), pivote central
		Plancha de 12mm placa de acero del frotamiento acero alta resistencia STRENX 700 de 1/2"
7.3	PATAS DE APOYO	Patas de aterrizaje de 02 tiempos
		Marca: JOST
		Capacidad estática: 80 Toneladas, Capacidad de levante 30 Toneladas
7.4	KIT DE FIJACION	04 cadenas de 3/8" x 6 metros
		04 señoritas 1/2"
		04 fajas de 4" con sus respectivo gancho
7.5	PINTURA Y ACABADO	Todas las piezas de acero deberán ser tratadas con 2 capas de pintura anticorrosiva de alta calidad (base sin cromato epoxico)
		Pintura esmalte sintético de color elegido por la entidad
8. SISTEMA ELECTRICO Y LUCES		
8.1	Sistema 24v con enchufe del poste del estándar 7	
8.2	Suministro de corriente mediante un enchufe de siete vías (heptafásico) con cables vulcanizados AWG de acuerdo al reglamento nacional de tránsito.	
8.3	Faros LED laterales, faros posteriores y de placa debidamente distribuida según reglamento	
8.4	Luces posteriores de freno, retroceso, intermitente ámbar y de tráfico (8)	
9. EQUIPAMIENTO		
9.1	01 porta llanta posición delantera	
9.2	Caja de herramientas entre las vigas posición delantera, 01 juego de llaves (una llave de rueda, engrasador)	
9.3	Argollas (08) por cada lado	
9.4	Alarma de retroceso	
9.5	Cintas reflectivas laterales y posteriores según norma MTC	
9.6	Conos de seguridad 04 unidades	
9.7	01 gata de 30 Toneladas	
9.8	Escarpin trasero de jebe	
9.9	Porta tacos, porta conos, porta extintor	

Línea: Eje para carreta

Código Implementos

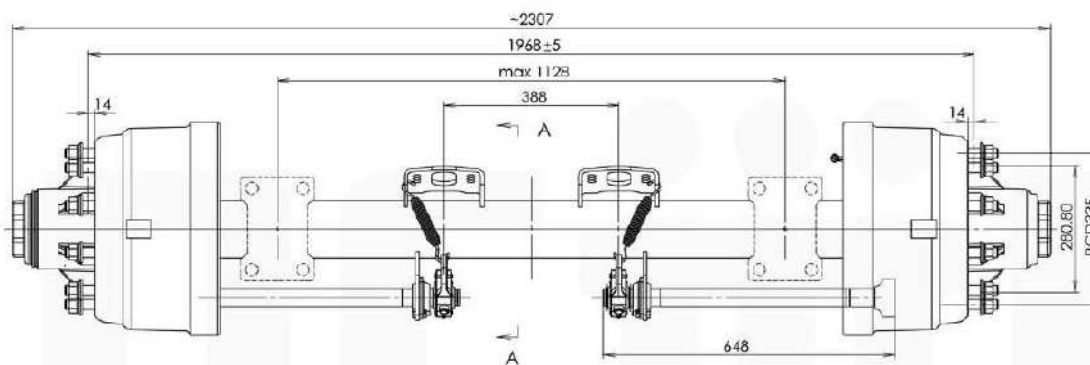
PCMEJE0003

Descripción

EJE DISCO EUROPEO 30LB 77.5 S/CAMARA

DESCRIPCION	INFORMACION
Aplicación	Semi remolques, Remolques y 3er Eje
Capacidad eje	13.000 Kg.
Tubo de eje	Ø 127 x 19
Track	1968 mm / 77.5"
Montaje	Out Board
Frenos	Ø420 x 180 / Levas de freno 10 Estrías y Ratchet
Rodamientos	Gemelos HM518445/10 (Propar)
Lubricación	Por Grasa EP2
Boca maza	Hilo enroscable Metálica
Marca	SUNTECH
Procedencia	China

ISO/TS 16949 : 2009



Cental telefónica: (01) 512-4460
 Fono Ventas: (01) 512-4490
 Av. Argentina N° 4090 Urb. Tarapacá
 Provincia Constitucional del Callao
www.implementos.com.pe

Aros y neumáticos - Caja de carga y equipos - Carrocería - Iluminación - Insumos - Potencia y transmisión
Seguridad y herramientas - Sistema de freno - Suspensión rodado, enganche - Accesorios de remolque

Red de tiendas a nivel nacional: Lima - Piura - Chiclayo - Trujillo - Arequipa

atencionalcliente@implementos.com.pe



ANEXO 03

FICHA TÉCNICA DEL TRACTO REMOLCADOR

VOLVO 540 CV.



FH 6X2 TRACTOR



EVOLUTION PLUS

460/500/540 cv

Cabina Globetrotter
con deflectores

Faros delanteros
y traseros LED

EBS, ESP y
control de tracción

ACC + Frenado
de emergencia

Llantas de aluminio



FICHA TÉCNICA

VOLVO FH 6X2T EVOLUTION PLUS

460/500/540 cv



Volvo Trucks. Acelerando el futuro

Motor

Modelo: Volvo D13C Euro 5 SCR

Características: 12,8 litros, 6 cilindros en línea. Unidades individuales de inyector bomba.

Potencias: 460 / 500 / 540 cv (1.400 - 1.900 rpm)

Torque: 2.300 / 2.500 / 2.600 Nm (1.000 - 1.400 rpm)

Caja de velocidades

Modelo: Volvo I-Shift AT2612F

Tipo: Automatizada sin sincronizados.

Marchas: 12 velocidades adelante y 4 atrás. Incluye sistema I-See Pre Mapeado: Reconocimiento de rutas mediante mapas topográficos pre-instalados y GPS.

Suspensión delantera

Tipo: Ballestas parabólicas de 3 hojas con amortiguadores y barra estabilizadora.

Capacidad: 7.500 kg

Diferencial

Modelo: RSS1360

Relación de reducción: 2,85:1 y opc.

Capacidad de arrastre: 65 Tn Bloqueo de diferencial de serie.

Frenos

Tipo: Frenos a disco con control electrónico. EBS/ABS, control de tracción y control de estabilidad ESP.

Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de válvulas de 510 cv.

Opcional: Retardador hidráulico.

Suspensión trasera

Tipo: Suspensión neumática de 8 fuelles con amortiguadores y barra estabilizadora.

Capacidad: 20.500 kg

Quinta Rueda

Marca: Jost JSK 37CX-Z

Altura de quinta rueda: 185 mm. Opcional 150 mm.

Tanques

Combustible: Aluminio D-Shape de 855 litros. Para e/e 3.200 mm. Distintas opciones de capacidades.

AdBlue: Bajo cabina de 65 litros.

Neumáticos y llantas

Neumáticos: 295/80R22,5

Llantas: Aluminio 9".

Pesos y capacidades (kg)

Capacidad técnica 28.000

Peso del chasis * 8.500

*Peso estimado con 100 lts de combustible y sin chofer.

DIMENSIONES

Cabina Globetrotter. Opcional: Cabina Globetrotter XL. Suspensión neumática de 4 puntos. Deflectores laterales y de techo. Carenados laterales (e/e 3.200 mm)



[A] Altura total [B] Altura libre sobre túnel de motor [C] Ancho desde centro de eje direccional a final de chapa de cabina [D] Distancia entre ejes (opcional 3000/3500/3700 mm) [E] Largo total (variable según [D]). [F] Distancia entre centros del 1º tracción y de la 5ª rueda. Todas las medidas son de referencia, para mayor detalle consultar con Ingeniería de Ventas.

FICHA TÉCNICA

VOLVO FH 6X2T EVOLUTION PLUS

460/500/540 cv

Volvo Trucks. Acelerando el futuro



Puesto de conducción

- Asientos con suspensión neumática.
- Volante de cuero multifunción.
- Columna de dirección ajustable en altura, profundidad y ángulo.
- Tablero 12" digital y display secundario de 9" táctil, con GPS y aplicaciones.
- Espejos con gran angular con control eléctrico y calefacción.
- Espejo lateral auxiliar y espejo frontal.

Descanso y confort

Panel de control multifunción en litera. Cortinas en ventanas y parabrisas. Parasoles tipo persianas. Volteo hidráulico de cabina. Cierre de puertas a distancia, iluminación interior día y noche con dimmer. Portaobjetos superior trasero y litera reclinable. Heladera.

Climatización

Aire acondicionado digital. Techo solar con accionamiento eléctrico. Climatizador de techo.

Seguridad

Cabina de última generación construida bajo el concepto de módulo de supervivencia. Sistemas anti empotramiento frontal FUP. Faros delanteros y traseros de LED y alarma de marcha atrás. Limpia faros delantero.



Pack Seguridad S2

- Airbag
- EBS, TCS (Control de tracción)
- ESP (Control de estabilidad)
- Advertencia de colisión frontal
- ACC (Control Crucero Adaptativo) con función Stop&Go
- Sistema de Frenado de Emergencia
- Aviso de frenado brusco
- LKS (Alerta de desvío de carril)
- DAS (Alerta de cansancio)
- LCS (Sensor de punto ciego)
- Faros auxiliares de esquina

Opcional: Pack Seguridad S3

- Incluye equipamiento del Pack de Seguridad S2
- Dirección Dinámica con asistencia
- Faros de LED Adaptativos

Fotos no contractuales. Las especificaciones técnicas aquí contenidas pueden ser modificadas sin previo aviso por Volvo Trucks y Buses Argentina S.A. Volvo Trucks & Buses Argentina S.A. determinará el alcance de los servicios incluidos en cada contrato, así como, el alcance y plazo de vigencia de los mismos. Volvo Trucks & Buses Argentina S.A. puede en cualquier momento y sin previo aviso, no continuar ofreciendo estos contratos y/o servicios. La prestación de ciertos servicios depende de la disponibilidad de la red de telecomunicaciones de terceros, lo cual no se encuentra bajo control y responsabilidad de Volvo Trucks & Buses Argentina S.A. Algunos equipamientos son opcionales.

ANEXO 04

DIRECTIVA N.01-2011-MTC/14

**REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO SOBRESALTO
PARA EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS.**



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año del Centenario de Machu Picchu para el mundo"

Directiva N° 01- 2011-MTC/14

REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO PARA EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)

**Aprobado por Resolución Directoral
N° 23-2011-MTC/14**

ÍNDICE

I. OBJETIVO

II. FINALIDAD

III. COMPETENCIAS

IV. ALCANCE

V. BASE LEGAL

VI. DEFINICIONES

VII. DISPOSICIONES TÉCNICAS

7.1 RESALTO

7.1.1 DEFINICIÓN

7.1.2 FUNCIÓN

7.1.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

7.1.4 TIPOS DE RESALTO

7.2 ZONAS DE APROXIMACIÓN

7.2.1 DEFINICIÓN

7.2.2 FUNCIÓN

7.2.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

7.2.4 TIPOS

7.3 DISEÑO

7.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

7.3.2 DIMENSIONES DE LOS RESALTOS

7.3.2.1 RESALTO DE SECCIÓN CIRCULAR

7.3.2.2 RESALTO DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL

7.3.2.3 RESALTO VIRTUAL

7.3.2.4 RESALTO DE TIPO COJINES

7.3.3 DIMENSIONES DE LA ZONA DE APROXIMACIÓN

VIII. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

8.1 RESALTO EN CARRETERAS PAVIMENTADAS

8.1.1 MATERIALES

8.1.2 CONSTRUCCIÓN

8.2 RESALTO EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

8.3 ILUMINACIÓN

8.4 SEÑALIZACIÓN

8.4.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

8.4.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

a. Resalto de sección circular y virtual

- b. Resalto de sección trapezoidal
- c. Resalto tipo cojín

8.5 BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA.

IX. MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS

X. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

XI. ANEXOS

- Figura N°01 - Resalto de sección circular
- Figura N°02 - Resalto de sección trapezoidal
- Figura N°03 - Detalle del refuerzo para resalto de concreto Portland
- Figura N°04 - Resalto cojín
- Figura N°05 - Resalto en carreteras no pavimentadas
- Figura N°06 - Bandas transversales de alerta

DIRECTIVA N° 01-2011-MTC/14

REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO PARA EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)

I. OBJETIVO

La presente directiva tiene como objetivo normar y establecer los criterios básicos que deben ser considerados en el diseño, uso, construcción y mantenimiento de los reductores de velocidad tipo Resalto en el Sistema Nacional de Carreteras - SINAC.

II. FINALIDAD

La finalidad de la presente directiva es reglamentar la construcción de los reductores de velocidad tipo resalto, con criterios técnicos que cumplan con su propósito de reducir las velocidades en las carreteras que atraviesan zonas urbanas, para seguridad de los peatones y evitando molestias a los conductores y daños a los vehículos.

III. COMPETENCIAS

La autoridad competente para disponer la instalación de reductores de velocidad tipo Resalto en el Sistema Nacional de Carreteras, de conformidad con el Reglamento de Jerarquización Vial y el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, es la siguiente:

- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por el Gobierno Nacional, a cargo de la Red Vial Nacional.
- Los Gobiernos Regionales, a cargo de su respectiva Red Vial Departamental o Regional.
- Los Gobiernos Locales, a cargo de su respectiva Red Vial Vecinal o Rural.

IV. ALCANCE

La presente Directiva es de alcance nacional y de cumplimiento por parte de las autoridades competentes con jurisdicción para reglamentar u orientar el tránsito en carreteras, que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), que atraviesan zonas urbanas. Asimismo, puede hacerse extensivo su uso en las vías urbanas, a criterio de los Gobiernos Locales.

V. BASE LEGAL

- Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial
- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.
- Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.
- Manual de Diseño Geométrico.
- TUO del Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito.
- Reglamento de Jerarquización Vial.

- Consejo Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile - Reductores de velocidad: cojines.
- Danish Road Standards, Urban Traffic Areas – Part 7: Speed Reducers. Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México- Norma N.PRY-CAR-10-04-006/05 Dispositivos para Control de la Velocidad.

VI. DEFINICIONES

- **Auditoría de Seguridad Vial.-** Procedimiento sistemático en el que un equipo de profesionales calificados e independientes (auditores) comprueban las condiciones de un proyecto de carretera (o tramo) nueva o de intervención de una existente, analizando todos los aspectos y su entorno, que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios (motorizados, peatones, ciclistas, etc.)
- **Auditor de Seguridad Vial.-** Profesional que ejecuta la auditoría que tiene conocimiento y experiencia en seguridad vial.
- **Estudios de Impacto Vial:** Estudios que permiten identificar, analizar cuantitativa y cualitativamente, los efectos que produce sobre la transitabilidad vehicular, el desarrollo de un proyecto privado o público en las áreas adyacentes o de influencia del derecho de vía de la carretera, y prever las medidas administrativas y técnicas adecuadas, que posibiliten mantener, recuperar o mejorar el nivel de servicio existente en la carretera y su entorno.
- **Iluminación Diferencial.-** Es aquella que presenta un contraste respecto a un conjunto o sistema de iluminación existente en un tramo vial.
- **Impacto Vial.-** Cambios en la cantidad de tránsito de vehículos y peatones, que afectan la transitabilidad y nivel de servicio de la carretera, por la implementación de un proyecto privado o público en las áreas adyacentes o de influencia del derecho de vía.
- **Inspección de Seguridad Vial.-** Procedimiento sistemático en el que un equipo de profesionales calificados e independientes (auditores) comprueban las condiciones de una carretera existente (o tramo) en operación, analizando todos los aspectos y su entorno, que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios (motorizados, peatones, ciclistas, etc.)
- **Reductor de Velocidad.-** Tipo de dispositivo para el control de velocidad diseñado con la finalidad de obligar al conductor a disminuir la velocidad de operación.
- **Velocidad Esperada.-** Velocidad de operación que se puede desarrollar para un tránsito efectivo a la llegada al dispositivo.
- **Velocidad de Paso.-** Velocidad de operación resultante para el tránsito en el dispositivo.
- **Zona de Aproximación.-** Área próxima al dispositivo en la cual se diseñará la señalización vial para lograr un sistema de reducción de velocidad eficiente.

- **Zona de conflicto.-** Tramo de la carretera, que atraviesa una zona urbana, en la que las autoridades no puedan ejercer un control adecuado de la velocidad y donde habitualmente se exceden los límites de velocidad permitidos, y por lo que se genera ocurrencias de accidentes, como en cruce de peatones, una intersección a nivel, etc.
- **Zona Rural.-** Área geográfica fuera de las zonas urbanas.
- **Zona Urbana.-** Se considera como área urbana al territorio ocupado por un centro poblado cuyas características lo determinen como tal, por tener calles, plazas, servicios de agua, desagüe, alumbrado y otros servicios.

Para efectos de la presente directiva las definiciones que no están contempladas en este ítem se adoptarán las contenidas en el “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial” aprobado mediante Resolución Ministerial N°660-2008-MTC/02.

VII. DISPOSICIONES TÉCNICAS

7.1 RESALTO

7.1.1 DEFINICIÓN

Es un dispositivo estructural fijo, que opera como reductor de velocidad en los sectores de las carreteras que atraviesan las zonas urbanas, y que consiste en la elevación transversal de la calzada en una sección determinada de la vía.

7.1.2 FUNCIÓN

Reducir la velocidad de operación de los vehículos motorizados al ingresar a una zona de conflicto, asegurando que circulen con una velocidad controlada, lo cual permitirá un tránsito vehicular más seguro, disminuyendo los riesgos de accidentalidad y creando una armonía entre los usuarios de la vía y el entorno de la zona de influencia.

7.1.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

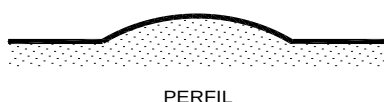
- a. Los reductores de velocidad tipo resalto sólo serán instalados en las carreteras o tramos viales en tangente que atraviesan zonas urbanas, donde la velocidad de operación sea igual o menor a 50 km/h, y serán implementados junto con los elementos de señalización que adviertan al conductor de la presencia de este dispositivo.
- b. Cuando se encuentren velocidades de operación superiores a los 50km/h se deberá implantar una zona de aproximación, que permita reducirla gradualmente hasta la velocidad esperada.
- c. Se implementarán en aquellas zonas donde los vehículos regularmente no cumplen los límites de velocidades de operación establecidas por la señalización de la vía, de acuerdo al Reglamento Nacional de Tránsito –

Código de Tránsito (aprobado por D.S. N° 016-2009-MTC), representando esta acción un factor potencial de ocurrencia de accidentes.

- d. Mediante una Auditoría de Seguridad Vial o Inspección de Seguridad Vial será definido la necesidad, causa, ubicación, tipo, instalación o retiro del resalto de acuerdo a los parámetros técnicos mínimos establecidos en la presente Directiva, donde se debe prever las consecuencias positivas y/o negativas como: potencialidad ocurrencia de accidentes e incidentes, ruidos, molestias para los usuarios, vehículos, etc., y deberá ser aceptado por la comunidad receptora.
- e. Estos dispositivos deben estar puntualmente identificados con colores y forma, que contrasten con la calzada y según lo especificado en la presente directiva.
- f. Se implementaran en zonas de transición de Rural a Urbano y viceversa donde exista iluminación en la vía con un sistema de iluminación diferenciada a efectos de garantizar la visibilidad oportuna del dispositivo, su localización y la presencia de peatones.
- g. La autoridad competente autorizará la construcción del resalto y verificará que cuente con la señalización vertical y horizontal correspondiente, asimismo informará de su ubicación a los servicios de emergencias como: bomberos, ambulancias, policía nacional de carreteras, etc.
- h. Una vez que cesen las causas que justificaron su instalación, el resalto debe ser retirado.

7.1.4 TIPOS DE RESALTO

- a. **Circular.-** Este tipo de resalto es de sección circular y puede colocarse en un solo carril o en toda la sección de la vía.



PERFIL



SECCIÓN TRANSVERSAL

- b. **Trapezoidal.-** Este tipo de resalto es de sección trapezoidal y cubre toda la sección de la vía, también tiene la función de cruceo peatonal.



PERFIL



SECCIÓN TRANSVERSAL

- c. **Virtual.-** Se denomina resalto virtual a una marca en el pavimento, el cual genera en el conductor la sensación de estar observando un resalto, con el propósito de inducirlo a disminuir la velocidad del vehículo. Por lo general se utiliza para complementar resaltos en serie.

- d. Cojines.-** Este tipo de resalto no cubre toda la sección de la vía, su uso es para velocidades del orden de 50 a 60 km/h, con la finalidad de calmar la velocidad pero sin afectar la comodidad de los vehículos de emergencia, sin perjudicar el tiempo de respuesta en asistir, trasladar enfermos o heridos, incendios, etc.



7.2 ZONAS DE APROXIMACIÓN

7.2.1 DEFINICIÓN

Tipo de sistema de reductor de velocidad en área de aproximación de la calzada y adyacente a zona de alto riesgo de accidentes, constituida por señales horizontales y verticales.

7.2.2 FUNCIÓN

Causar una ilusión óptica al conductor para que disminuya la velocidad y/o advertirlo de la presencia de una zona de riesgo de accidentes.

7.2.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

En vías rurales

En tramos de transición de zona rural a urbana y viceversa

En tramos de aproximación a pasos a nivel de peatones.

En tramos de aproximación a reductores de velocidad tipo resalto.

Como complemento a de otros reductores de velocidad.

7.2.4 TIPOS

Sin resalto, con líneas pintadas.

Con resalto, con cintas prefabricadas con un ligero resalto de aproximadamente 3 mm.

7.3 DISEÑO

7.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

- Para realizar el diseño es necesario la visita a la zona por personal técnico calificado quienes evaluarán los impactos del dispositivo, así como la reasignación de flujos por vías alternas a la de la ubicación del resalto.
- Conocer la velocidad de operación en la carretera y la señalización existente.
- Planos de planta y sección de la vía.
- Tipo de tráfico e índice medio diario anual (IMDA)
- Contar con los datos históricos sobre la accidentalidad e incidentes de la zona, denuncias de los residentes del lugar o usuarios de la vía y encuestas.

7.3.2 DIMENSIONES DE LOS RESALTOS

7.3.2.1 RESALTO DE SECCIÓN CIRCULAR

Las dimensiones recomendadas para los resaltos de sección circular de acuerdo a la velocidad esperada se muestran en la Tabla N° 01 y Figura N° 01.

Tabla N° 01
Radios y longitudes de cuerda para el resalto de sección circular

Velocidad Esperada (Km/h)	Radio (m)	Longitud de Cuerda (m)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	15	3.5	10
30	20	4.0	15
35	31	5.0	20
40	53	6.5	25
45	80	8.0	30
50	113	9.5	35

7.3.2.2 RESALTO DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL

Las dimensiones recomendadas para los resalto de sección trapezoidal se muestran en la Tabla N° 02 y Figura N° 02.

Tabla N° 02
Longitudes de rampas y pendientes para resalto de sección trapezoidal

Velocidad Esperada (Km/h)	Longitud de Rampa (m)	Pendiente (%)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	0.8	12.5	5
30	1.0	10.0	10
35	1.3	7.5	15
40	1.7	6.0	20

45	2.0	5.0	25
50	2.5	4.0	30

La máxima elevación recomendada para los tipos de resalto de sección circular y trapezoidal es de 10cm y mínimo de 7cm. Las elevaciones mayores a 10cm ocasionarían daños a los vehículos.

Transitar a una velocidad de 5 Km/h por encima de la velocidad esperada con la dimensión de resalto indicada en las Tablas N° 01 y 02 producirá incomodidad a los ocupantes del vehículo.

7.3.2.3 RESALTO VIRTUAL

Para los resaltos virtuales la dimensión recomendada es de cuatro (4) metros de ancho a lo largo de la calzada.

7.3.2.4 RESALTO DE TIPO COJINES

Las dimensiones recomendadas para los resalto de tipo cojines se muestran en la Figura N° 04. La separación entre los cojines no debe ser mayor al ancho de un vehículo liviano, y la distancia entre cojines y borde de la vereda se recomienda que sea mayor a un metro.

7.3.3 DIMENSIONES DE LA ZONA DE APROXIMACIÓN

Serán líneas transversales al eje de la carretera de color blanco

La distribución de las líneas será en función a un espaciamiento logarítmico

Abarcara solo el carril de circulación en sentido de la aproximación.

La distancia longitudinal y el número de líneas requeridas para estas marcas, está en función de la diferencia de velocidades de proyecto o de operación de la vía y la velocidad requerida para su restricción.

Para el diseño tomar como guía Tabla N° 04 y el ejemplo de aplicación en la Fig N° 06 para el caso de una diferencia de velocidad de 20 km/hr.

La sección de cada línea pintada será de 60 cm. Para el caso de líneas con material prefabricado, también se exigirá bandas de 60 cm de sección.

Las zonas de aproximación será complementada con las respectivas señales verticales tanto en carreteras con superficie de rodadura pavimentada o afirmada.

Las zonas de aproximación en carreteras con superficie de rodadura afirmada se procuraran algún tipo de pavimento económico para la construcción de líneas transversales, caso contrario se implementara con las respectivas señales verticales.

VIII. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

8.1 RESALTO EN CARRETERAS PAVIMENTADAS

8.1.1 MATERIALES

El resalto puede ser de concreto asfáltico (en frío o en caliente), concreto Pórtland, de caucho u otro material.

Las características de los materiales, en lo que corresponda, deberán estar acorde al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras.

La demarcación del resalto, en el caso de utilizar pintura, será conforme a lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. También se podrá utilizar otro tipo de material de especificación especial que cumpla con resaltar la presencia de este elemento.

La calidad de los materiales empleados en la construcción deberá garantizar la estabilidad del resalto, su unión a la calzada y durabilidad.

8.1.2 CONSTRUCCIÓN

En la construcción del resalto de concreto asfáltico se aplicará una impregnación bituminosa o riego de liga para la adherencia en el pavimento existente. La obtención de la forma requerida del resalto será mediante plantillas de madera o metal, una vez obtenida la forma apropiada, debidamente compactada, se agregará gravilla para incrementar la rugosidad. (Ver Figura N° 01 y N° 02).

En el caso de los resaltos de Concreto Portland se debe realizar el corte y retiro del pavimento existente y luego excavar de acuerdo al diseño (Ver Figura N° 01, 02 y 03). Para los resaltos de caucho u otro material, estos podrán ser prefabricados y serán instalados de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

Para evitar la acumulación de agua en los extremos de los resaltos se debe contar con un sistema de drenaje adecuado. Entre las posibles soluciones a considerar, se recomienda construir una canaleta o sumideros a los bordes del resalto.

Con el objetivo de evitar riesgos de accidentes, tanto la construcción, y señalización del resalto son actividades que deben realizarse en forma simultánea. En ningún caso podrán estar desfasadas en el tiempo unas respecto de las otras.

Si se requiere la instalación de resaltos consecutivos, los espaciamientos recomendados entre resaltos en zonas urbanas son los siguientes:

Tabla N° 03
Espaciamiento entre Resaltos en zonas urbanas

Velocidad de paso del primer resalto (km/h)	Espaciamiento (m)						
	20	40	60	80	100	120	140
	Velocidad de operación entre resaltos (km/h)						
20	13	14	15	16	18	19	20
25	15	16	17	18	20	21	22
30	17	18	19	20	22	23	24
35	19	20	21	22	24	25	26

Fuente: Traffic Advisory Leaflet 2/96 del Departamento de Transporte de Londres.

8.2 RESALTO EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

La necesidad de reductores de velocidad tipo resalto también se da en las carreteras no pavimentadas unidireccionales o bidireccionales. En este caso se tomarán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Respecto a su geometría, disposición y señalización, el resalto será conforme a lo previsto en esta norma.
- Se construirán con el mismo tipo de material y características técnicas de capa granular de rodadura existente. También pueden construirse del tipo diferenciado, es decir de tipo de material diferente a la capa granular de rodadura existente, en cuyo caso serán de las mismas características de los materiales utilizados para resalto en carreteras pavimentadas.
- Las características de los materiales, en lo que corresponda, deberán estar acorde al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.

8.3 ILUMINACIÓN

Todos los reductores de velocidad tipo resalto deberán contar con iluminación nocturna a efectos de garantizar su visibilidad, localización y presencia de peatones en su caso, por parte de los conductores. Por lo tanto debe ubicarse cercano a un poste de iluminación, en caso no existiera, se debe considerar su instalación.

En caso que exista iluminación en la vía, el dispositivo debe contar con un sistema de iluminación diferenciada, a efecto de garantizar a los conductores la visibilidad oportuna del dispositivo.

8.4 SEÑALIZACION

Para permitir una apropiada percepción del resalto durante el día, la noche y ante cualquier circunstancia, tanto en la travesía como en el entorno del resalto, se debe de utilizar elementos de señalización que a continuación se detalla:

8.4.1 SEÑALIZACION VERTICAL

El diseñador deberá implementar la instalación de señales verticales: reglamentarias, preventivas e informativas en la zona de aproximación al resalto, de acuerdo al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

Se recomienda que la señal preventiva P-33 sea reforzada con una señal informativa que indique la distancia al resalto o señales preventivas como P- 48, P- 49, P- 56.

De igual manera, el diseñador deberá tener en cuenta la velocidad de operación de la vía y la señalización existente en la zona de aproximación con la finalidad de que el vehículo llegue con la velocidad esperada utilizando para ello la señal reglamentaria R-30.

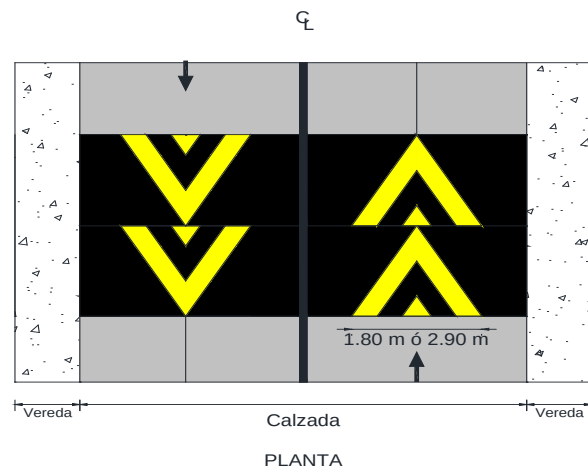
La señalización de ubicación del resalto en carreteras no pavimentadas debe ser diferenciada conforme se muestra en la Figura N° 05 y de conformidad a lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras. También se podrá utilizar otro tipo de material de especificación especial que cumpla con resaltar la presencia de este elemento.

8.4.2 SEÑALIZACION HORIZONTAL

a. Resalto de sección circular y virtual

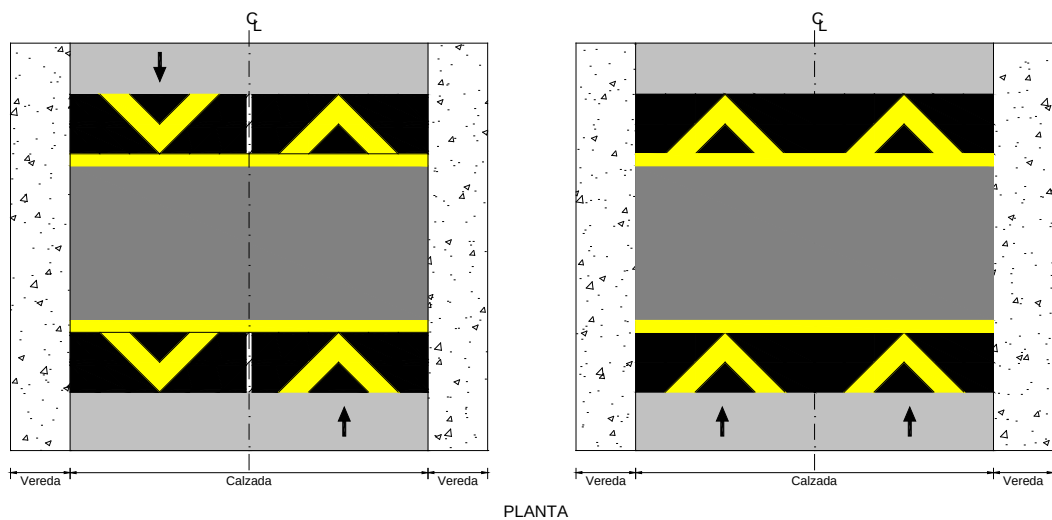
Será pintado con franjas diagonales alternadas, de color negro y amarillo, de treinta (30) o cincuenta (50) centímetros de ancho, y con una inclinación máxima de cuarenta y cinco grados (45°) hacia ambos lados respecto al eje de simetría del carril, abarcando todo el ancho del reductor, para que sea visible en cualquier sentido del tránsito vehicular. La máxima separación entre las líneas diagonales será de 1.80 m ó 2.90 m según la sección del carril. Las dimensiones antes citadas, se aplicaran en función a dar la máxima visibilidad a toda la longitud del resalto y que la señal sea de fácil interpretación.

Como parte de la señalización, cuando se justifique, se puede incorporar tachas retrorreflectivas dentro el cuerpo del resalto y a lo largo de la zona de contacto con la superficie de rodadura, que indique al usuario la presencia de estos elementos en las noches.

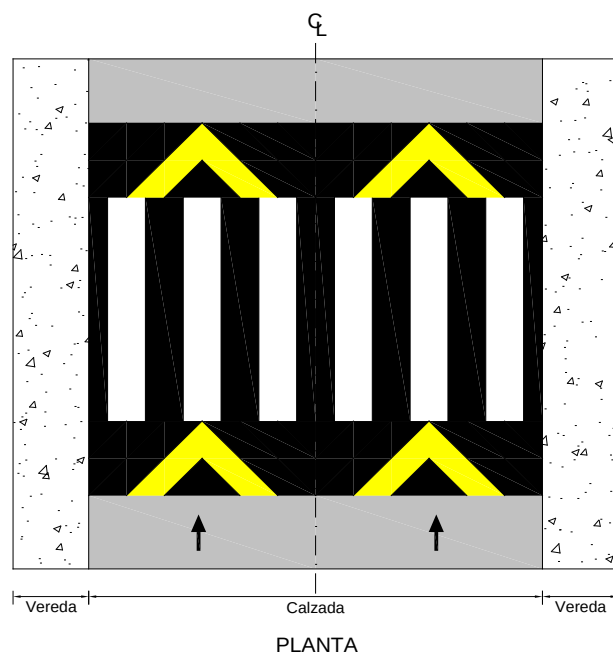


b. Resalto de sección trapezoidal

Será pintado con flechas de color amarillo, de espesor de medio metro (0.50m) y la dirección según el sentido del tránsito. En los bordes de la sección plana se marcarán con líneas de color amarillo y fondo negro.

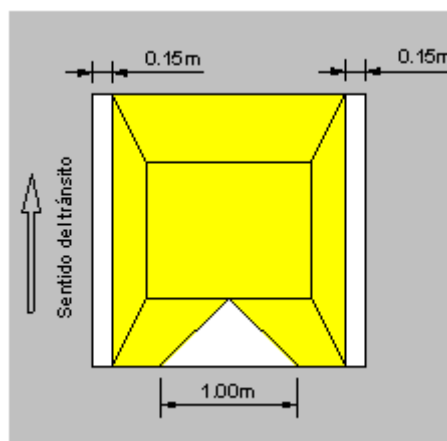


En vías urbanas, en caso se justifique, la sección plana de los resaltos tipo trapezoidal podrá contar con líneas de paso peatonal.



c. Resalto tipo cojín

Será de color amarillo, y a los costados del cojín será demarcado por una línea blanca de quince centímetros (15cm) de ancho a lo largo del cojín, y una flecha de color blanco de un metro de ancho (1m) de acuerdo al sentido del tránsito así como se muestra a continuación.



8.5 BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA

Las bandas transversales de alerta, es otro tipo de reductor de velocidad que puede ser implementado en la zona de aproximación a un reductor de velocidad tipo resalto u otro tipo, zonas de conflicto de tránsito vehicular motorizado y no motorizado, peatonal y en zonas de aproximación a curvas horizontales y verticales en las que se haya detectado un nivel elevado de accidentalidad debido a un exceso de velocidad. (Ver figura N° 06)

Las bandas transversales de alerta están constituidas por grupos de bandas blancas dispuestas en forma transversal a la vía con un espesor promedio de 0,60m, y se clasifican en tres grupos:

- Las fresadas, que son las que quedan por debajo de la rasante del pavimento cuya profundidad no puede ser superior a 10mm.
- Las realzadas, que quedan por encima de la rasante del pavimento cuya altura no puede ser superior a 10mm.
- Las sin realzar, están al mismo nivel del pavimento.

Se recomienda que las bandas fresadas y realzadas no deban instalarse en la proximidad de zonas habitadas ya que pueden producir molestias a causa del ruido que ocasionarían los vehículos al circular sobre ellas. Para su instalación se debe realizar un análisis de impacto acústico en las viviendas cercanas.

En la Tabla N° 04 se muestra el espaciamiento de las bandas alertadoras en función a la diferencia de velocidades, entre la velocidad de operación de la vía con la velocidad esperada al resalto.

IX. MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS

Los resaltos y demás dispositivos de la zona de aproximación (sistema de reducción de velocidad) deberán ser sometidos a labores de conservación, con la finalidad que cumplan con su función prevista y que deben estar a cargo de la Autoridad competente.

X. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

Corresponde a la Autoridad competente realizar una gestión de valoración del impacto y análisis del dispositivo implementado mediante un monitoreo, para ello tendrá en cuenta la información estadística de accidentes un año antes y después de la implementación del sistema de reducción de velocidad, las sugerencias de los propios usuarios mediante encuestas, observaciones y recomendaciones del personal profesional a su cargo, entre otros. De esta manera se evaluará la eficacia de este dispositivo antes y después de su instalación.

Todos los reductores de velocidad tipo resalto instalados en el Sistema Nacional de Carreteras-SINAC deben ser inspeccionados y homologados en un plazo máximo de un (01) año. En caso de no cumplir con los requisitos aquí planteados deben ser eliminados.

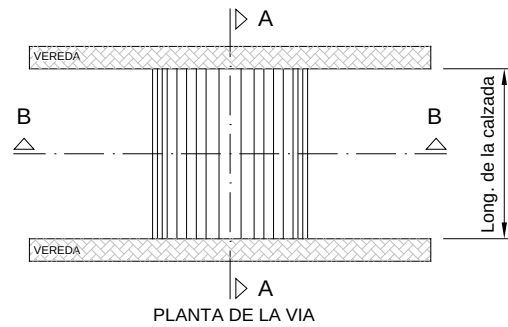
Tabla N° 04
Espaciamiento entre las bandas transversales

DIFERENCIA DE VELOCIDADES (KM/H)	20	30	40	50
NUMERO DE LINEAS	13	20	26	32
e ₁	3,55	3,15	3,10	3,10
e ₂	3,85	3,30	3,20	3,15
e ₃	4,15	3,45	3,30	3,25
e ₄	4,50	3,65	3,45	3,35
e ₅	4,95	3,85	3,60	3,45
e ₆	5,50	4,05	3,75	3,55
e ₇	6,10	4,30	3,90	3,65
e ₈	6,95	4,55	4,05	3,75
e ₉	8,05	4,85	4,25	3,90
e ₁₀	9,55	5,25	4,45	4,05
e ₁₁	11,75	5,65	4,65	4,20
e ₁₂	15,25	6,10	4,90	4,35
e ₁₃		6,70	5,15	4,50
e ₁₄		7,40	5,45	4,70
e ₁₅		8,25	5,80	4,90
e ₁₆		9,30	6,20	5,10
e ₁₇		10,70	6,60	5,35
e ₁₈		12,55	7,15	5,60
e ₁₉		15,25	7,70	5,90
e ₂₀			8,40	6,25
e ₂₁			9,25	6,60
e ₂₂			10,25	7,00
e ₂₃			11,50	7,40
e ₂₄			13,10	7,95
e ₂₅			15,25	8,50
e ₂₆				9,20
e ₂₇				10,00
e ₂₈				10,90
e ₂₉				12,05
e ₃₀				13,50
e ₃₁				15,25
Long. de espaciamento (Σe_i)	84,15	122,30	158,40	194,40
Ancho de línea (ΣAL)	7,80	12,00	15,60	19,20
LONG. TOTAL ($\Sigma e_i + \Sigma AL$)	91,95	134,30	174,00	213,60

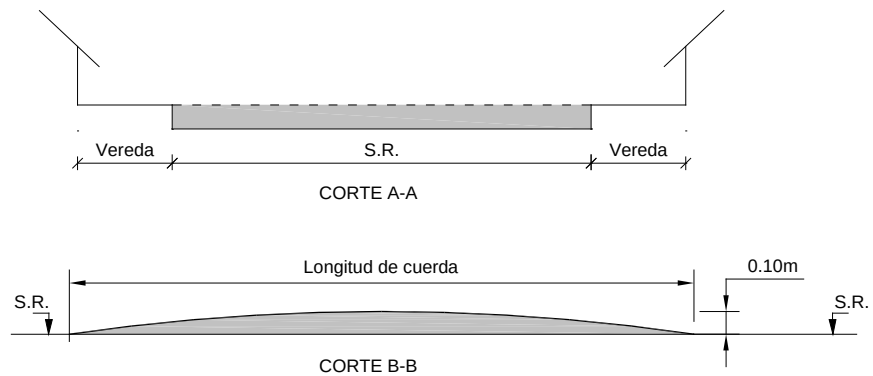
XI. ANEXO

Figura N° 01 - Resalto de Sección Circular

1. PLANTA TIPICA

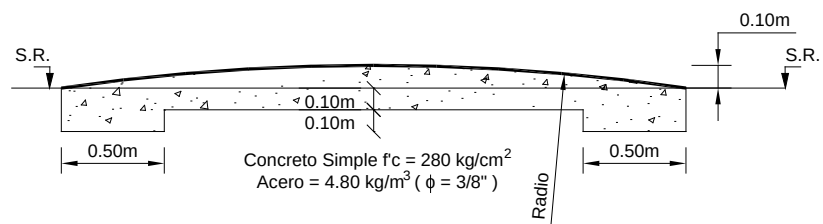


2. DIMENSIONAMIENTO



3. CARACTERISTICAS TECNICAS DE RESALTO

3.1 DE CONCRETO PORTLAND



3.2. DE CONCRETO ASFALTICO

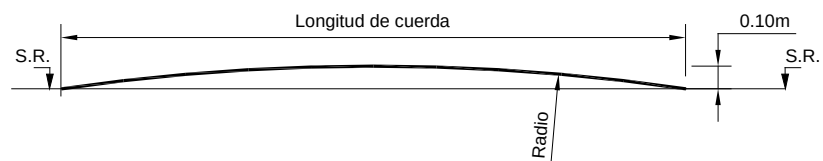
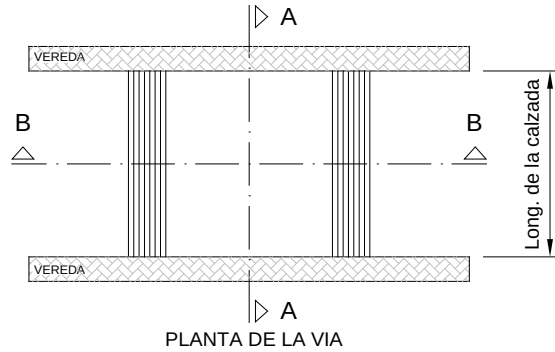
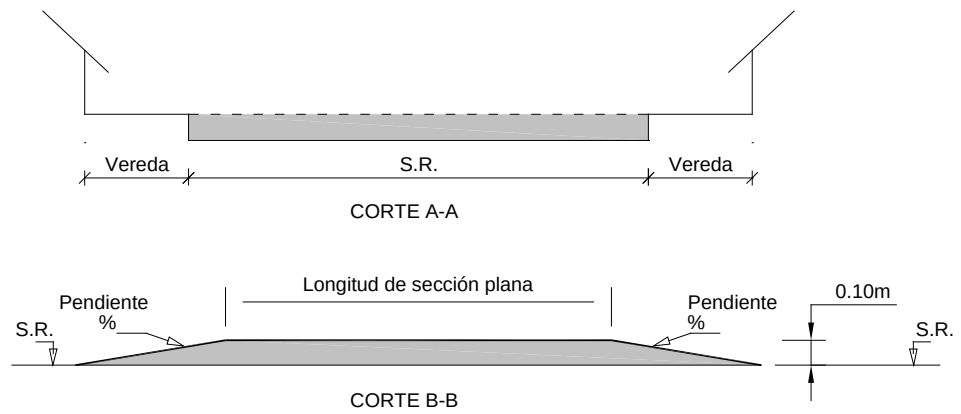


Figura N° 02 - Resalto de Sección Trapezoidal

1. PLANTA TIPICA

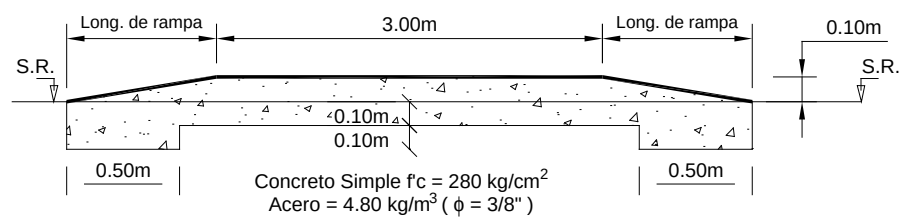


2. DIMENSIONAMIENTO



3. CARACTERISTICAS TECNICAS DE RESALTO

3.1. DE CONCRETO PORTLAND



3.2. DE CONCRETO ASFALTICO

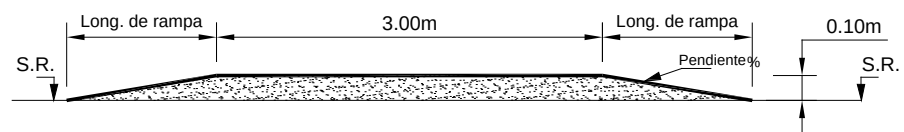
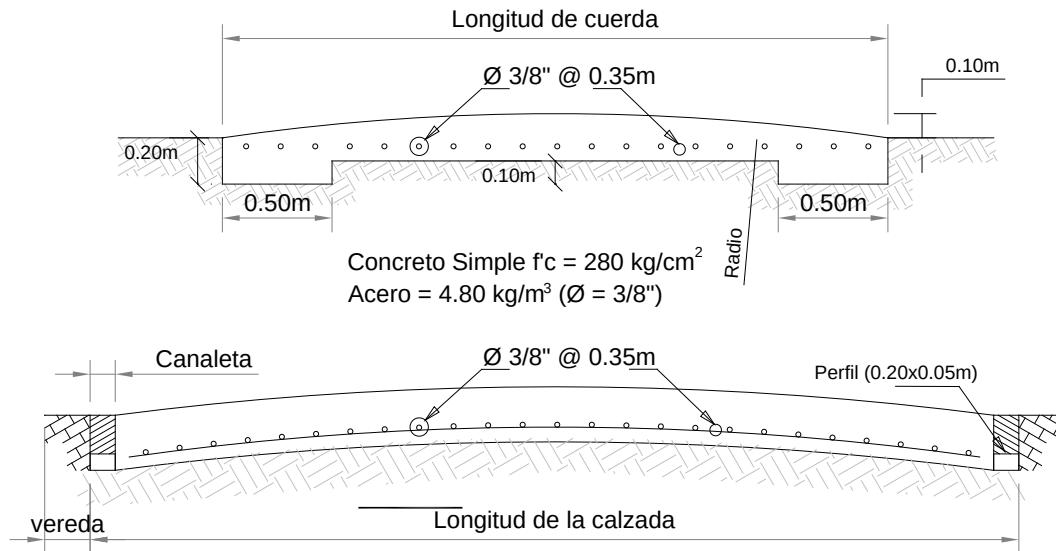


Figura N° 3
Detalle del Refuerzo para Resalto de Concreto Pórtland

Resalto de Sección Circular



Resalto de Sección Trapezoidal

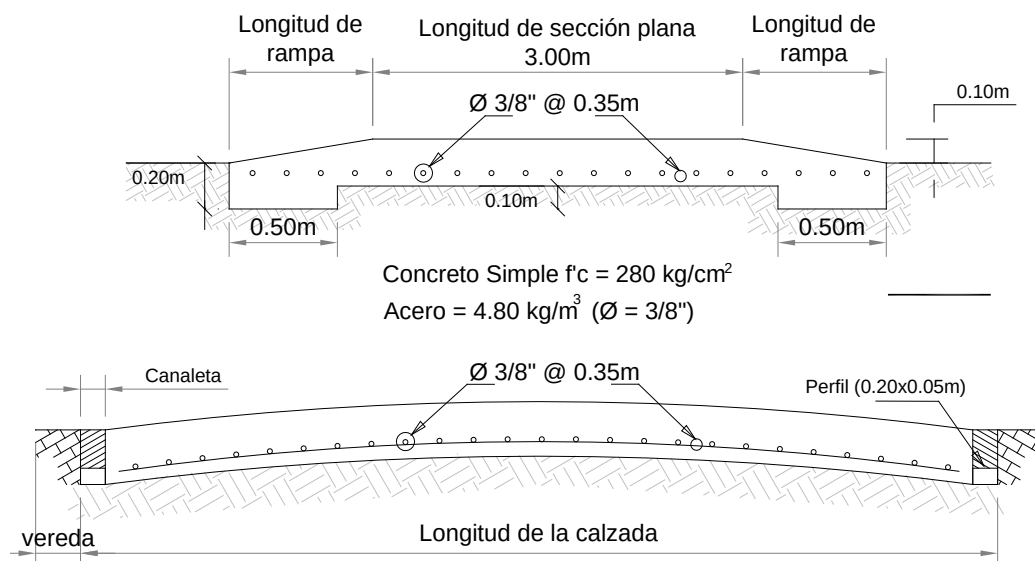
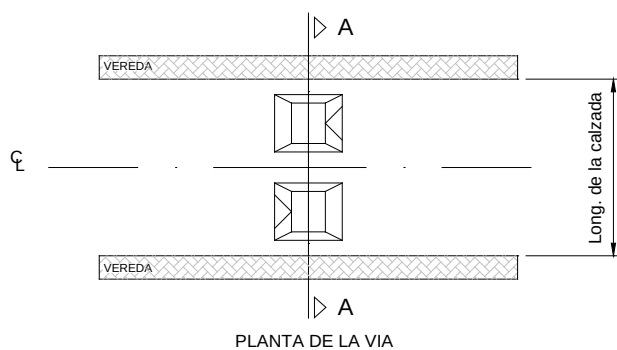
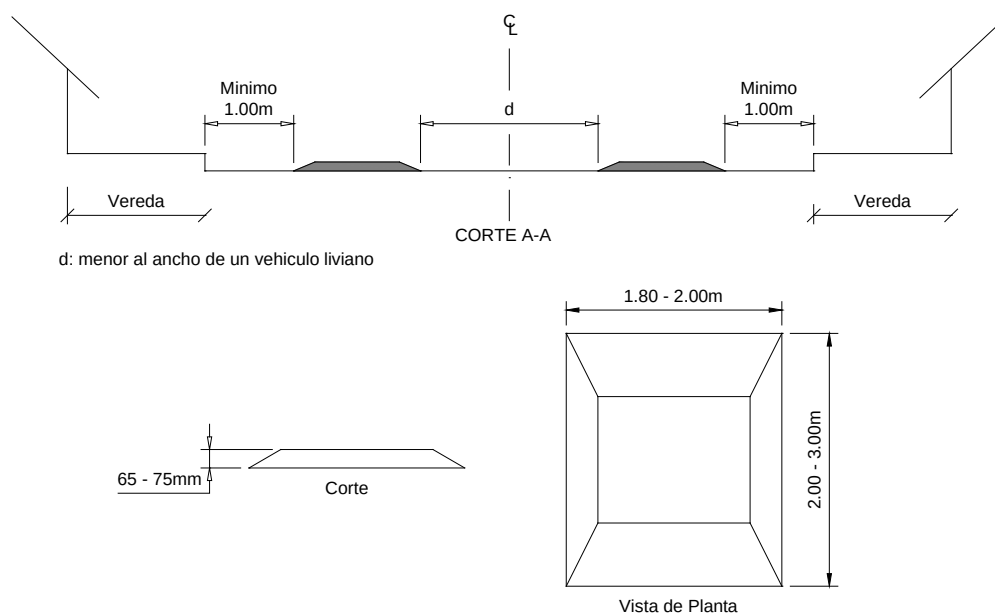


Figura N° 04 - Resalto Cojín

1. PLANTA TIPICA



2. DIMENSIONAMIENTO



3. FUNCIONAMIENTO DEL COJIN

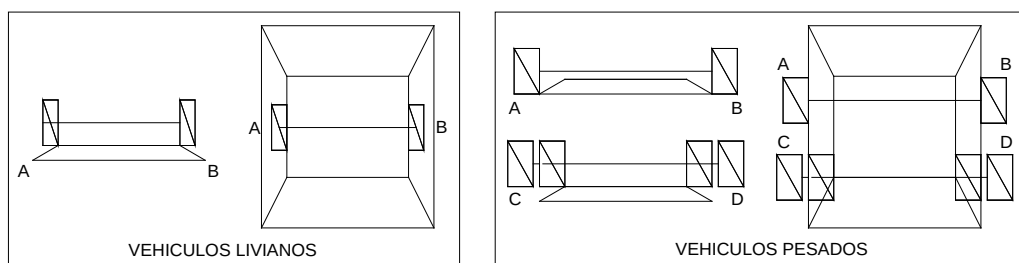


Figura N° 05 - Resalto en carreteras no pavimentadas

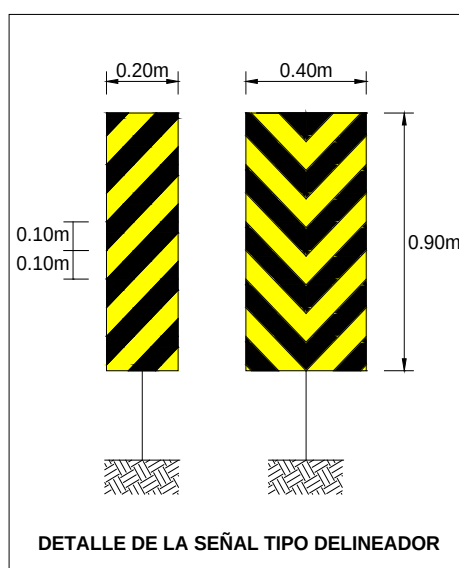
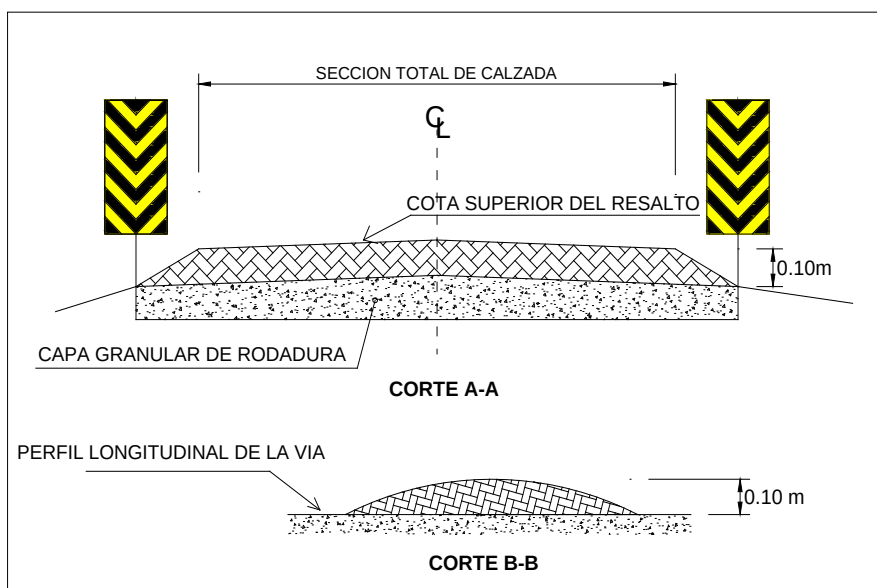
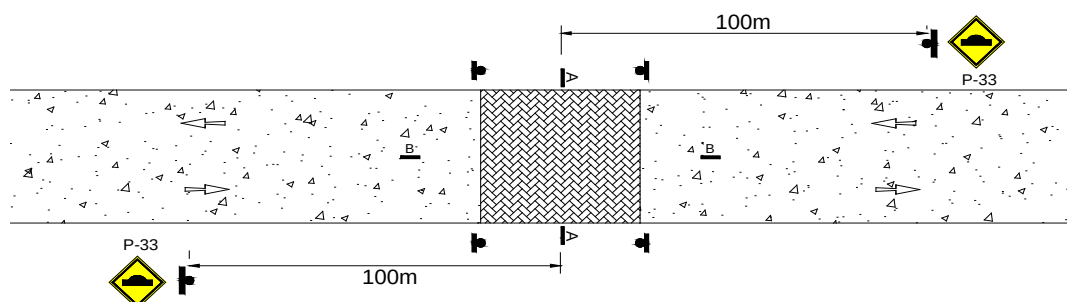
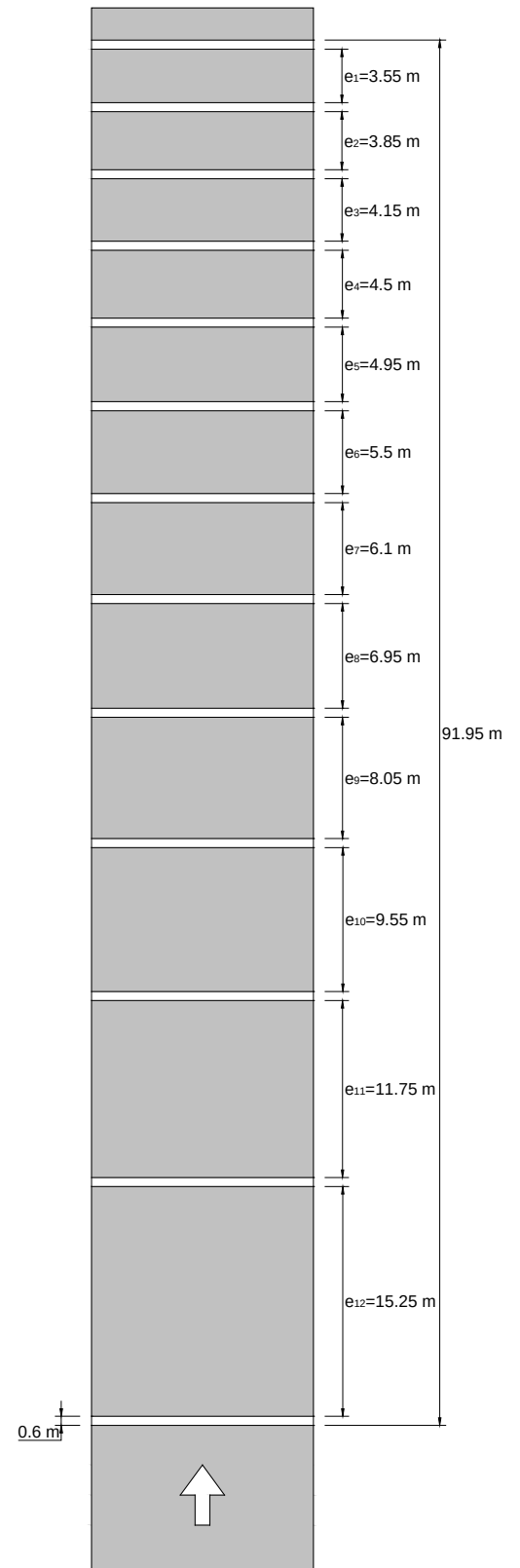
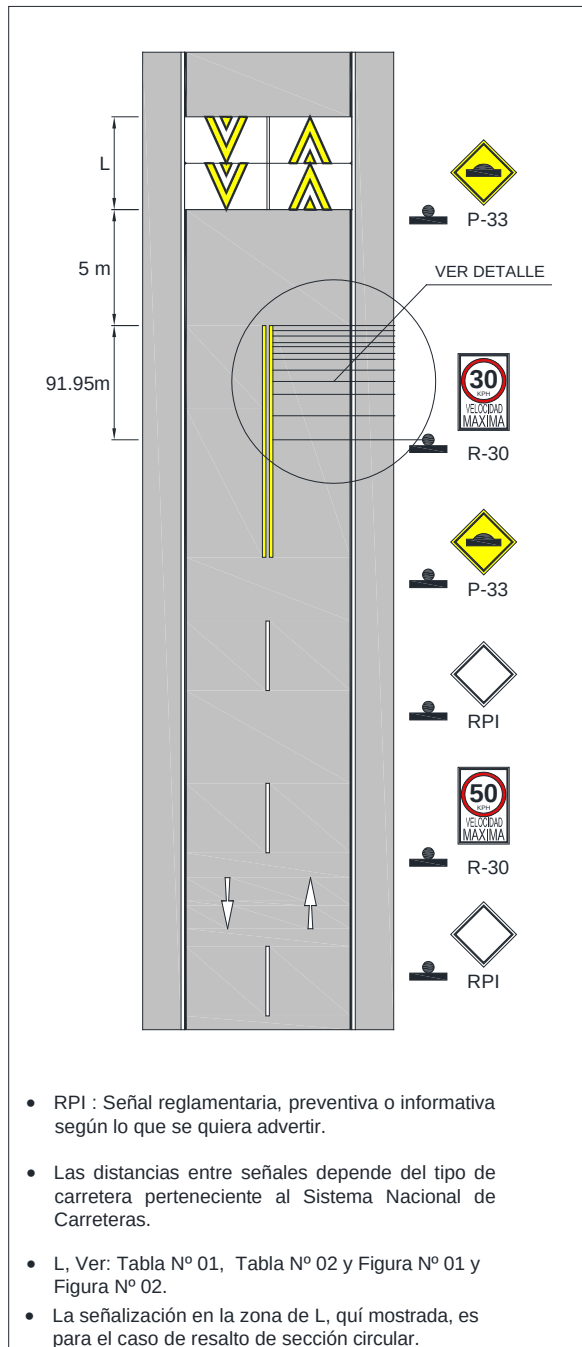


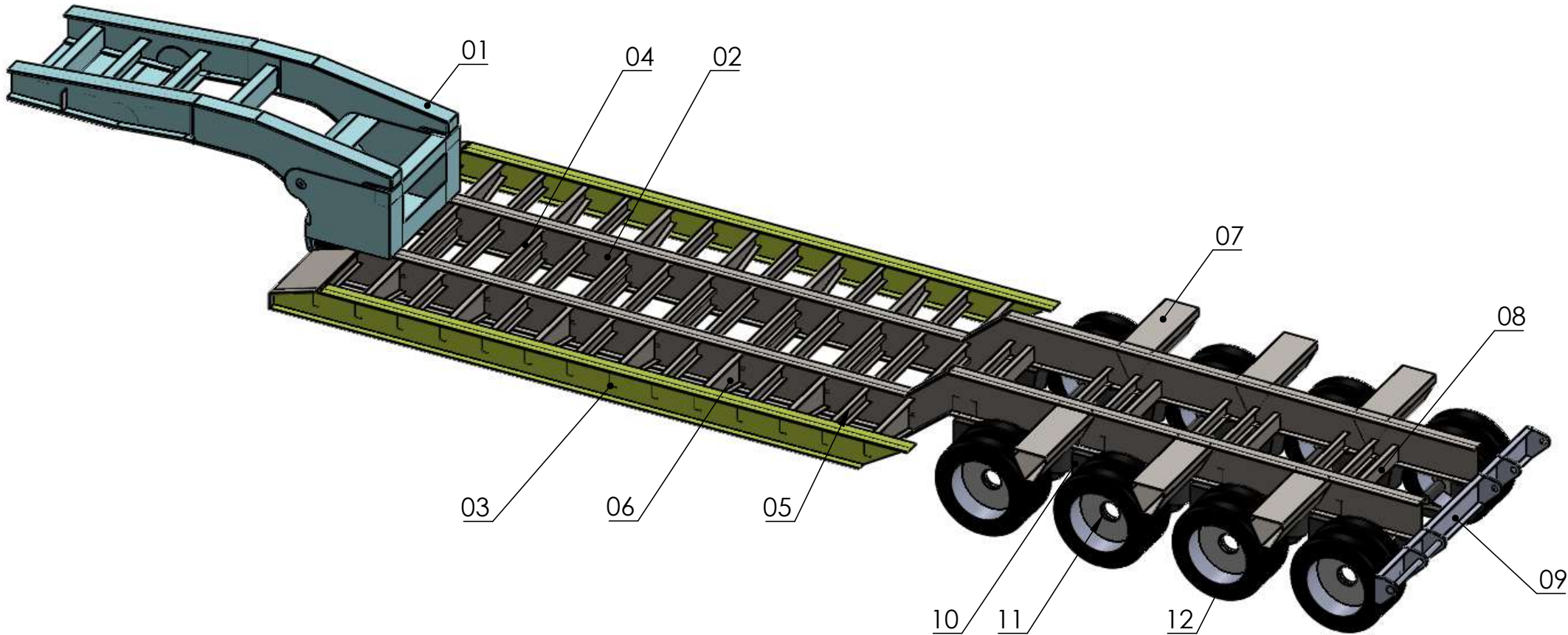
Figura N° 06 - Bandas transversales de alerta



**EJEMPLO: DETALLE
BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA PARA
DIFERENCIA DE VELOCIDAD = 20 KM/HR.**

PLANOS

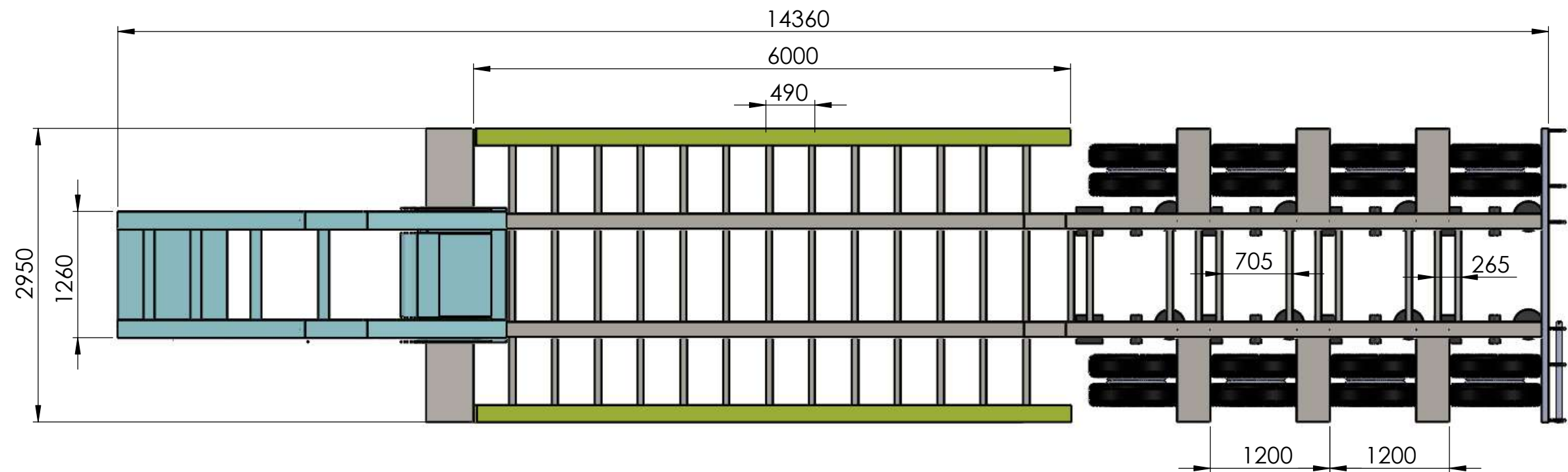
VISTA ISOMETRICO
SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA CUNA -
4 EJES.
(ESC 1:50)



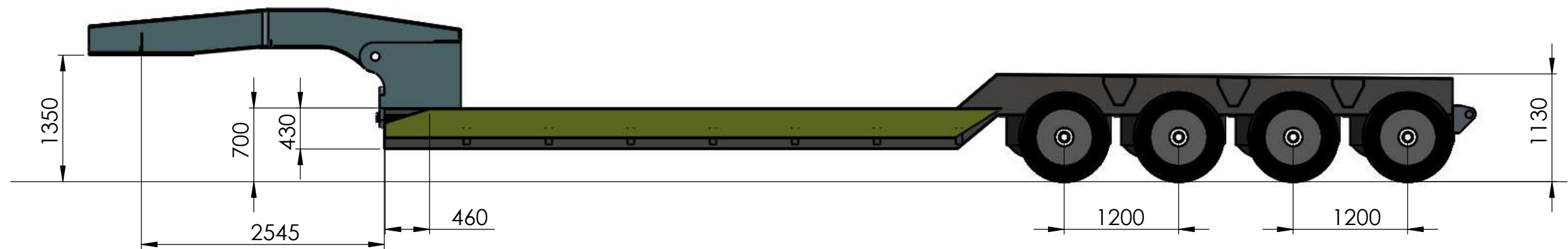
N.	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
1	Cuello desmontable	Fabricado en acero de alta resistencia STREN 700 de seccion variable.	01
2	Viga principal	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo lam. "H" de W16"X67 lb/pie	02
3	Viga perimetral	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo lam. "H" de W12"x30 lb/pie	02
4	Puente transversal central	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo "C" de 8x1080x140mm	20
5	Puente transversal lateral	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo "C" de 8x840x140mm	14
6	Puente lateral tipo pata de gallo	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo "C" de 8x840x140mm	14
7	Puente posterior tipo cubo	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo cubo de 8x840x300mm.	06
8	Puente posterior suspencion	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo "C" de 8x1080x300mm.	12
9	Puente posterior guardavia	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo "C" de 8x2950x300mm.	01
10	Sistema de suspencion	paquete de muelle de 4" (100x13x9 hojas) de 16 ton. de capacidad.	08
11	Ejes posteriores	Ejes posteriores SUNTECH track 77.5 de 13.5 Ton.	04
12	Neumaticos posterior	Neumatico posterior 275x70x22.5 con aro metalico tipo europeo.	16

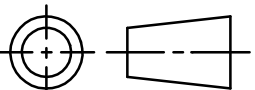
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA	
		INDUSTRIAS FIRME E.I.R.L.	
DIBUJO	Bach.RODY BERTY CUYO LIPA	Cliente	
REVISO			
APROBO			
Tolerancia	S/N	Nombre	ISOMETRICO SEMIRREMOLQUE
Acabado superficial	S/N		
Material	ACERO EST.	PROYECTO:	SEMIRREMOLQUE CAMA CUNA 4 EJES
peso	S/N		
			Escala.1:50
			hoja:1/5

VISTA DE PLANTA. ESC(1:50)

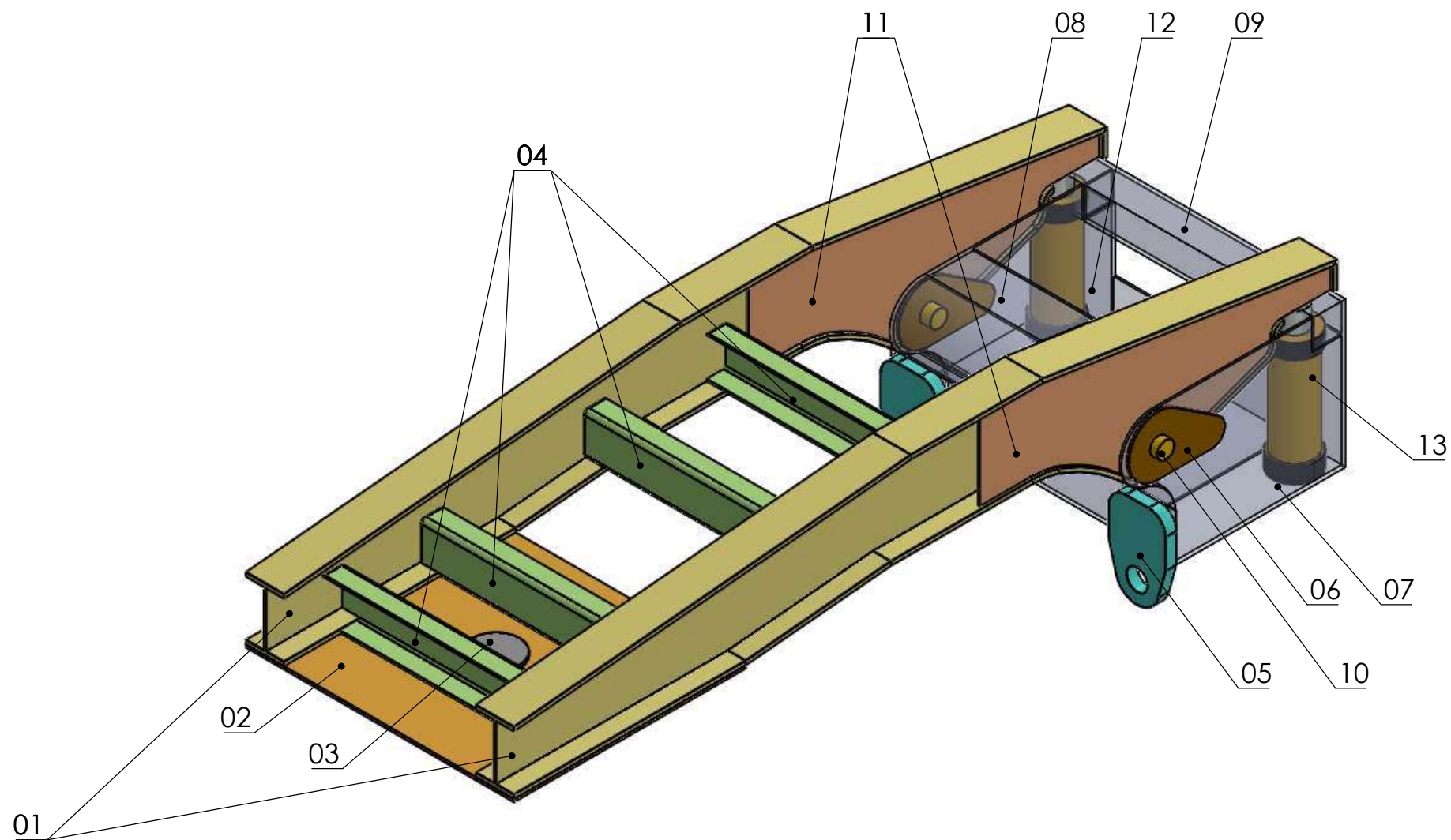


VISTA LATERAL. ESC(1:50)

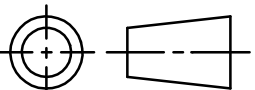


				UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
				ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
		INDUSTRIAS FIRME E.I.R.L.					
DIBUJO	Bach.RODY BERTY CUYO LIPA			Cliente			
REVISO							
APROBO							
Tolerancia	S/N	Nombre		VISTAS PLANTA-LATERAL SEMIRREMOLQUE		Escala.	1:50
Acabado superficial	S/N						
Material	ACERO EST.	PROYECTO:		SEMIRREMOLQUE CAMA CUNA 4 EJES		Hoja:	2/5
peso	S/N						

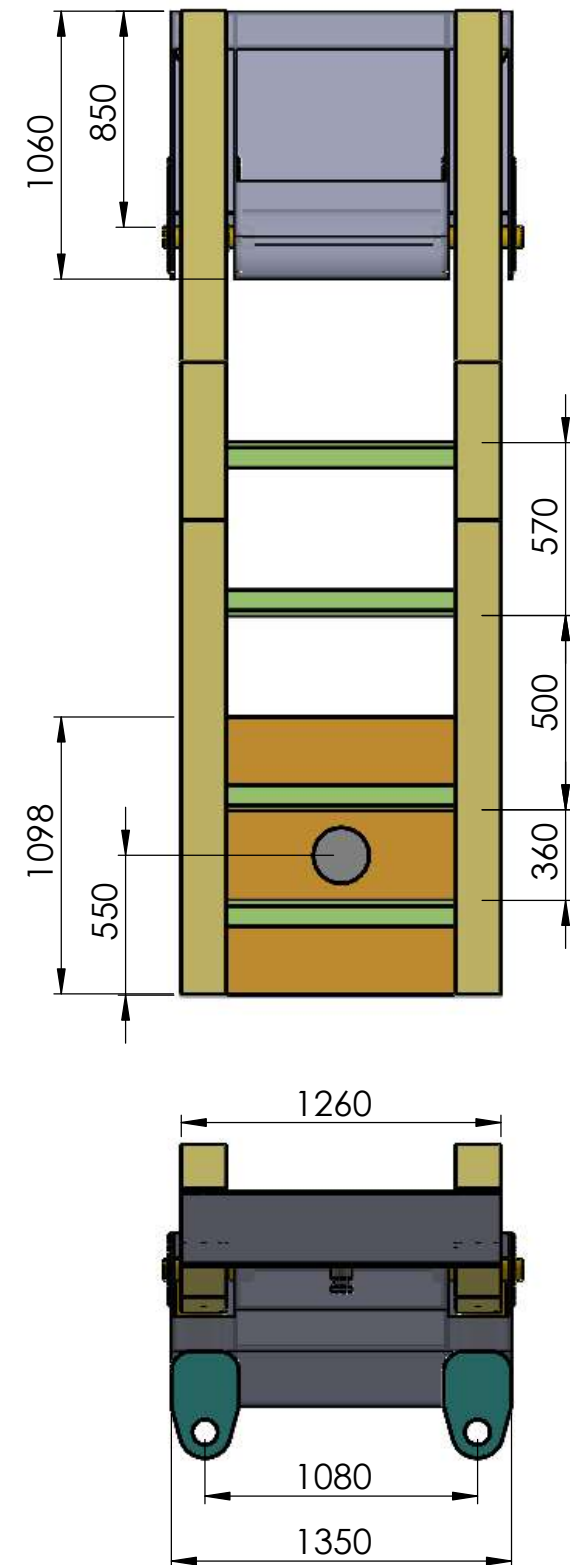
VISTA ISOMETRICO
CUELLO DESMONTABLE
(ESC 1:20)



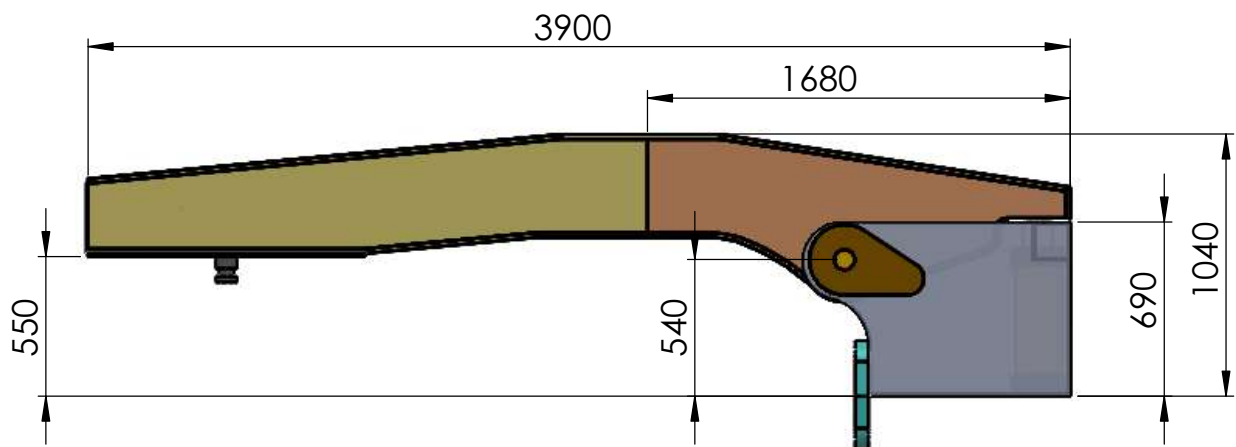
N.	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
1	Larguero principal	Fabricado en acero de alta resistencia STRENX 700 de seccion variable.	02
2	Plancha de arrastre	Fabricado en acero alta resistencia STRENX 700 de 12x1269x1098mm.	01
3	King-pin	Fabricado en acero AISI 4320H con dureza de 420 BRINELL.	01
4	Puente transversal central	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 tipo "C" de 9.53X220X1080mm	04
5	Gancho de soporte	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 de 50.8x350x300mm	02
6	Refuerzo de soporte de eje	Fabricado en acero estructural ASTM A-572 de 8x200x200mm.	04
7	Tapa inferior de caja posterior	Fabricado en acero de alta resistencia STRENX 700 de 6x1350x800mm	01
8	Tapa frontal de caja posterior	Fabricado en acero de alta resistencia STRENX 700 de 6x1350x690mm.	01
9	Puente posterior de caja posterior	Fabricado en acero de alta resistencia STRENX 700 de 6x1350x250mm.	01
10	Ejes principal de basculacion	Fabricado en acero de alta resistencia STRENX 700 de 50.8x350mm	02
11	Refuerzo longuitudinal de largero	Fabricado en acero de alta resistencia STRENX 700 de 6x1800x400mm	04
12	Tapa interior de caja posterior	Fabricado en acero de alta resistencia STRENX 700 de 6x1350x690mm	04
13	Piston hidraulico de basculacion	Piston hidraulico marca HYVA de 3 cuerpos con 30 ton. de capacidad.	02

				UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
		INDUSTRIAS FIRME E.I.R.L.					
DIBUJO		Bach.RODY BERTY CUYO LIPA		Cliente			
REVISO							
APROBO							
Tolerancia		S/N	Nombre		Escala. 1:20		
Acabado superficial		S/N	ISOMETRICO CUELLO DESMONTABLE				
Material		ACERO .	PROYECTO:		Hoja: 3/5		
peso		S/N	SEMIRREMOLQUE CAMA CUNA 4 EJES				

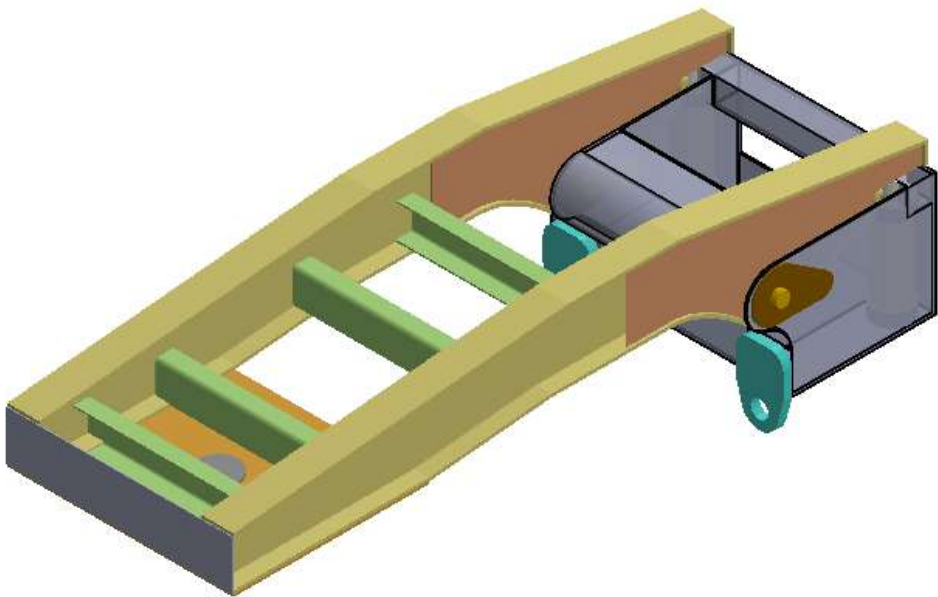
VISTA DE PLANTA. ESC(1:30)



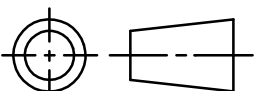
VISTA DE FRONTAL. ESC(1:30)



ISOMETRICO. ESC(1:30)



VISTA DE LATERAL. ESC(1:30)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
		INDUSTRIAS FIRME E.I.R.L.			
DIBUJO	Bach.RODY BERTY CUYO LIPA		Cliente		
REVISO					
APROBO					
Tolerancia	S/N	Nombre			Escala. 1:30
Acabado superficial	S/N	VISTAS CUELLO DESMONTABLE			
Material	ACERO	PROYECTO:			Hoja: 3/5
peso	S/N	SEMIRREMOLQUE CAMA CUNA 4 EJES			

LARGERO PRINCIPAL

MATERIAL: ACERO DE ALTA RESISTENCIA STRENX 700

DETALLE J
ESCALA 1 : 10

PLATINA
RECTANGULAR DE
140X5/8" EN
ACERO
ESTRUCTURAL

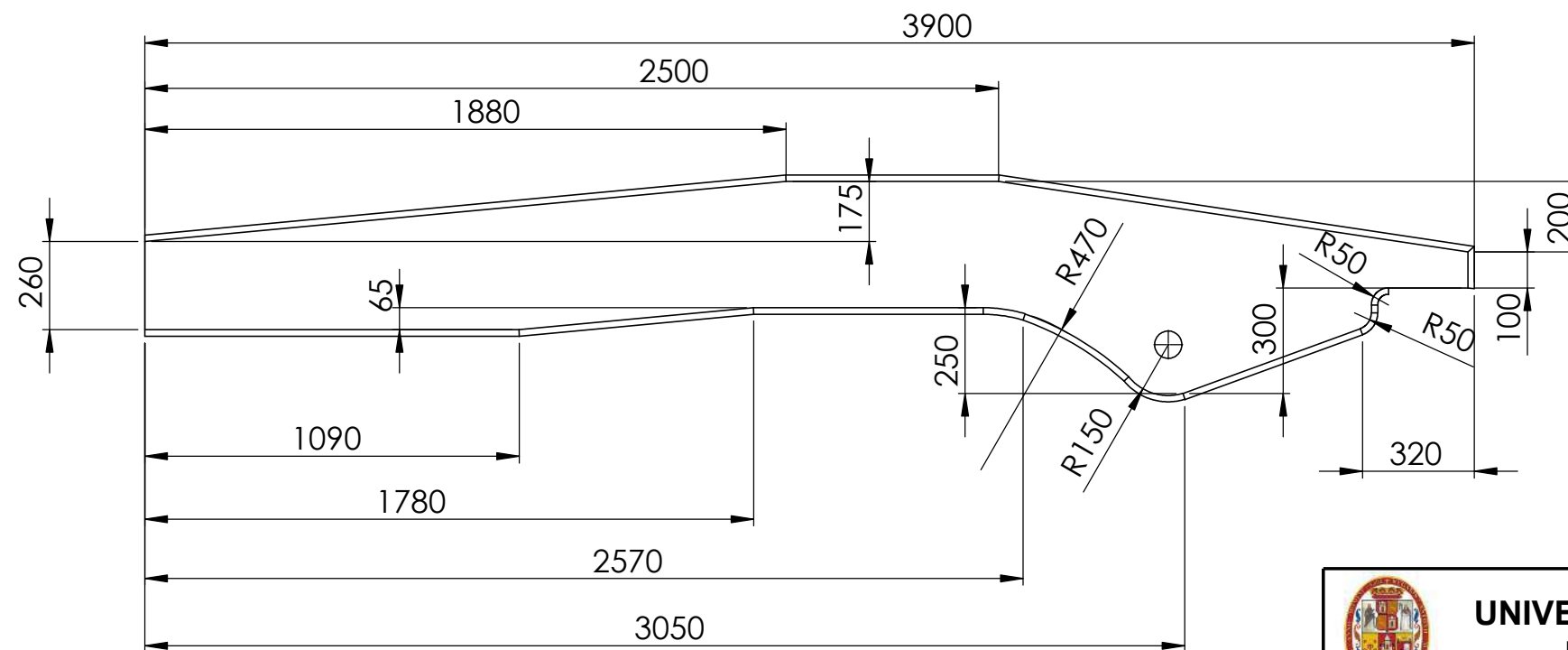
1/2"
1/2"
AWS A5.18
ER70S-6
DIAMETRO:1.0

ISOMETRICO
ESC 1:20

CORTE CIRCULAR
DE 150MM DE
DIAMETRO PARA
ENSAMBLE DE EJE
DE BASCULACION

CONTACTO CON
EL PISTON
HIDRAULICO DE
BASCULACION
DEL LARGERO
PRINCIPAL

VISTA LATERAL
ESC 1:20



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

FIRME

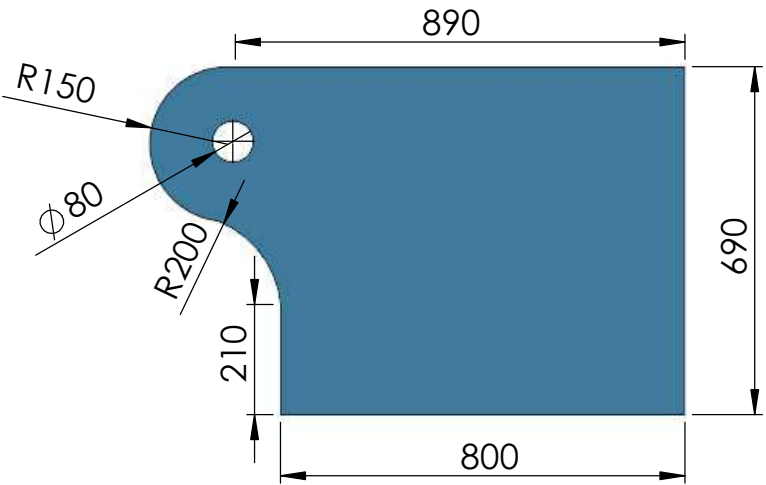
INDUSTRIAS FIRME E.I.R.L.

DIBUJO	Bach. RODY BERTY CUYO LIPA	Cliente			
REVISO					
APROBO					
Tolerancia	S/N	Nombre	LARGERO PRINCIPAL	Escala.	1:30
Acabado superficial	S/N				
Material	ACERO	PROYECTO:	SEMI-REMOLQUE CAMA CUNA 4 EJES	Hoja:	5/5
peso	S/N				

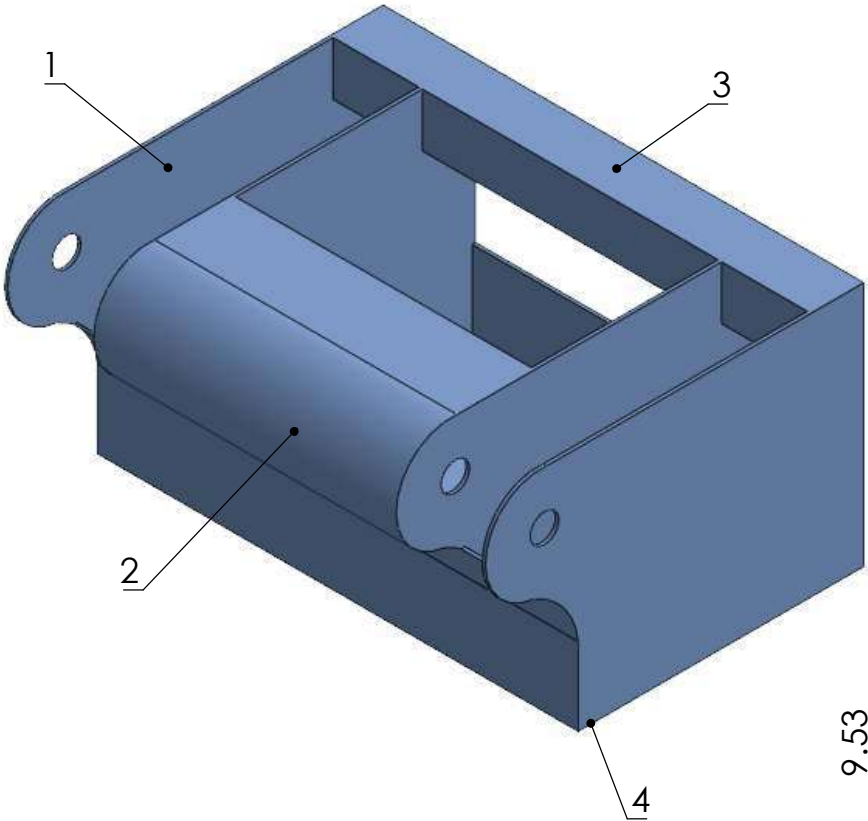
CAJA DE SOPORTE POSTERIOR

MATERIAL: ACERO DE ALTA RESISTENCIA STRENX 700

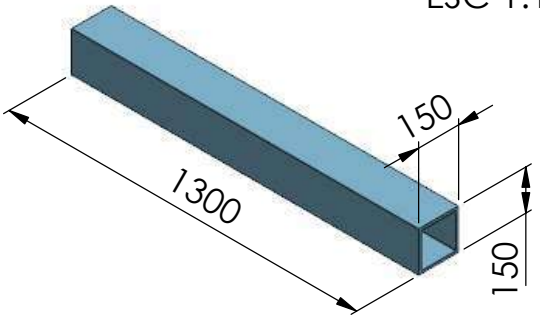
1
TAPA LATERAL
ESC 1:15
CANTIDAD: 04 UNID.



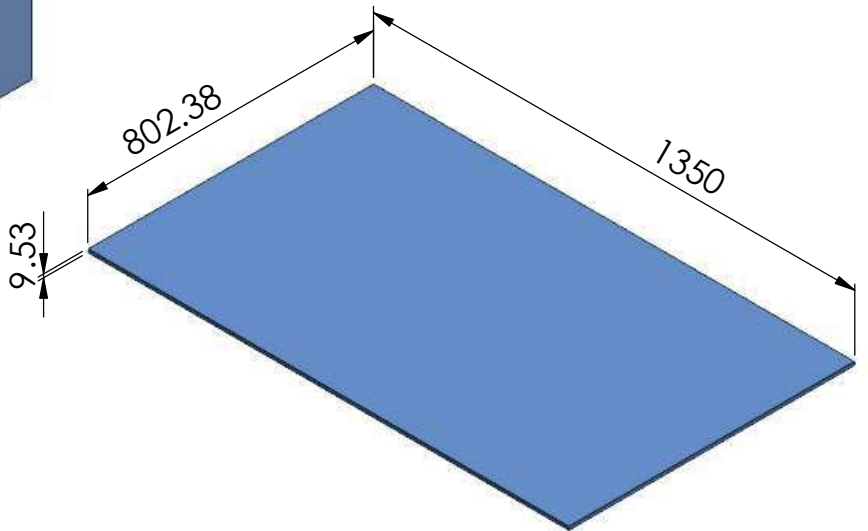
ISOMETRICO
ESC 1:15



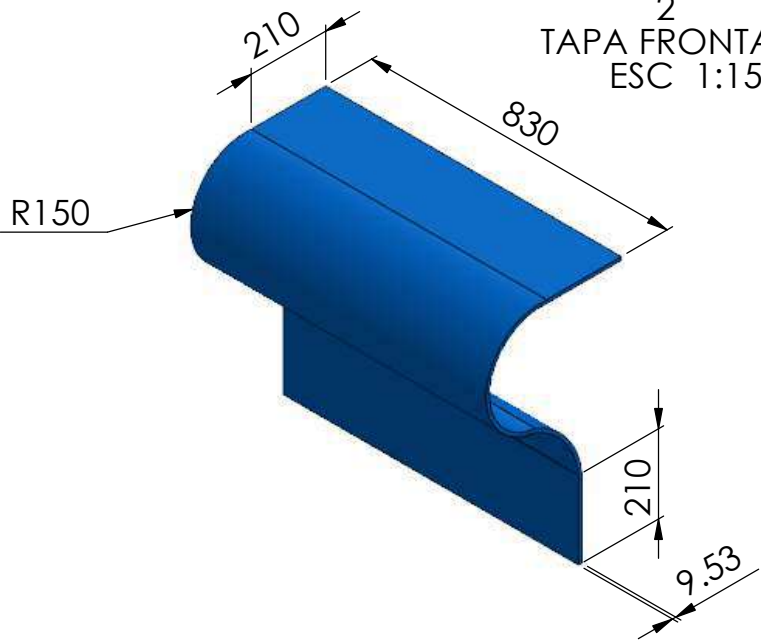
3
PUENTE POSTERIOR
ESC 1:15



4
TAPA INFERIOR
ESC 1:15



2
TAPA FRONTAL
ESC 1:15



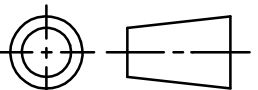
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

FIRME

INDUSTRIAS FIRME E.I.R.L.

DIBUJO Bach.RODY BERTY CUYO LIPA
REVISO
APROBO

Cliente



Tolerancia S/N
Acabado superficial S/N
Material ACERO
peso S/N

Nombre CAJA DE SOPORTE POSTERIOR
PROYECTO: SEMIRREMOLQUE CAMA CUNA 4 EJES

Escala. 1:15

Hoja: 6/6