

**REDISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE POR
CABLE AÉREO DE LA FINCA CAMPO ALEGRE DEL MUNICIPIO DE SAN
RAFAEL – ANTIOQUIA**

**ARMANDO DE JESUS SALAZAR MARIN
DAIMER TORO HOYOS
NESTOR ALEJANDRO BRAVO PAMPLONA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2016**

**REDISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE POR
CABLE AÉREO DE LA FINCA CAMPO ALEGRE DEL MUNICIPIO DE SAN
RAFAEL – ANTIOQUIA**

**ARMANDO DE JESUS SALAZAR MARIN
DAIMER TORO HOYOS
NESTOR ALEJANDRO BRAVO PAMPLONA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
MECÁNICA INDUSTRIAL**

ASESOR METODOLÓGICO

**SAUL RIVERO MEJIA
INGENIERO MECÁNICO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN**

2016

Agradecimientos Al Ingeniero Mecánico de la Universidad de Antioquia JORGE ANDRES SIERRA DEL RÍO, y al asesor del proyecto SAUL EMILIO RIVERO MEJIA, Docentes de la Institución Universitaria Pascual Bravo por el apoyo y asesoría en el planteamiento de todos los cálculos para la formulación del proyecto “Rediseño e implementación de un sistema de transporte por cable aéreo de la finca Campo Alegre del Municipio de San Rafael – Antioquia.”

Que Dios los bendiga y lo ilumine en su diario trasegar.

CONTENIDO

	Pág.
Agradecimientos	
Resumen	10
1. Introducción	11
2. Identificación del problema	12
3. Justificación	13
3.1. Criterios de evaluación	14
3.1.1. Conveniencia	14
3.1.2. Relevancia social	14
3.1.3. Implicaciones prácticas	14
3.1.4. Valor teórico y metodológico	15
4. Objetivos	16
4.1. Objetivo general	16
4.2. Objetivos específicos	16
5. Referencias teóricas	17
5.1. Cables vías	17
5.1.1. Teleférico	18
5.1.2. Cable aéreo	18
5.1.3. Cable remolcador	18
5.1.4. Funicular	18
5.1.5. Monocables	18
5.1.6. Bicables	18
5.1.7. Según el Sistema de Sujeción de los Vehículos al Cable Móvil	19
5.1.8. De acuerdo con el tipo de vehículo	20
5.1.9. Según la situación del puesto de mando	20
5.1.10. Según el sistema de mando del movimiento	20
5.2. El cable y sus componentes	21
5.3. Clasificación de los cables de acero	22
5.4. Clases de arrollamiento	25
5.5. Almas de cables	25
5.6. Análisis estático del cable	26
5.7. Vehículos	31
5.8. Apoyos de la línea	32
6. Metodología	34
6.1. Tipo de estudio	34
6.2. El método	34
6.4. Población	34
6.3. Hipótesis	34
7. Resultados	35
7.1. Calculo del cable	35
7.1.1. Análisis estático del cable	35
7.2. Calculo estructural	48
7.3. Calculo de placa de asentamiento de columnas	51

7.3.1.	Análisis estático	51
7.4.	Equipo de trabajo	57
7.5.	Peso vagón	58
7.6.	Calculo soporte	59
7.6.1.	Vigas curvas en flexión	59
7.7.	Calculo cable carril	63
7.8.	Calculo pasador polea – vagón	65
7.9.	Estudio de campo	67
7.10.	Poleas	74
8.	Conclusiones	77
9.	Recomendaciones	78
	Bibliografía	79

TABLAS

	Pág.
1. Datos del vagón	57
2. Calculo soporte	60
3. Dimensiones nominales	
4. Calculo cable carril	62
5. Calculo perno – eje de la polea	63
6. Especificaciones para pernos de acero	
7. Condiciones de cargas y apoyos para un peso de 200 kg.	72
8. Resultados de esfuerzo equivalente por Von Mises y factor de seguridad para la carga de 200 kg.	72
9. Condiciones de cargas y apoyos para un peso de 500 kg.	73
10. Resultados de esfuerzo equivalente por Von Mises y factor de seguridad para la carga de 400 kg.	73

FIGURAS

	Pág.
1. Pinza fija	19
2. Pinza desembragable	19
3. Transporte de carga a través de cable aéreo	21
4. Sistema motriz de un sistema de transporte por cable aéreo	22
5. Estructura que soporta la carga y tensa el cable	22
7. Clasificación de los cables de acero	26
8. Esquema de catenaria	29
9. Diagrama de flecha máxima	29
10. Esquema de análisis estático	31
11. Esquema general de análisis de las torres de cable aéreo	37
12. Columnas de apoyo del sistema por cable	40
13. Grafica de la longitud del arco del cable	42
14. Características técnicas cable actual	43
15. Factores de seguridad recomendados	45
16. Modelo de cálculo en Excel	47
17. Análisis diversos tipos de cables	48
18. Dimensión actual estructuras Ay B	49
19. Referencias de nodos estructuras Ay B	50
20. Resultados de la muestra	51
21. Dimensiones actuales placas soporte de columnas	52
22. Estado de carga placa de sujeción	53
23. Resultados distribución esfuerzo Von Mises	53
24. Resultados desplazamiento	54
25. Resultados coeficiente de seguridad	54
26. Análisis con lámina de espesor de $\frac{1}{2}$ "	55
27. Vagón del cable aéreo	57
28. Diferencia de curva en viga curva y recta	

29.	Detalles de la polea y cable carril	61
30.	Especificaciones del cable carril	
30.	Pasador polea	63
31.	Factores de seguridad	
32.	Detalle de pasador y perno	
33.	Esquema de análisis estructural para el fondo del vagón	65
34.	Cálculo de la resistencia de la placa del fondo del vagón	66
35.	Para determinar el momento flector máximo de los esfuerzos de carga	67
34.	Para determinar el momento flector máximo de los esfuerzos de carga	68
35.	Para determinar el momento flector máximo de los esfuerzos de carga	69
36.	Calculo determinar el mínimo y máximo de carga de acuerdo al diseño actual	70
37.	Calculo determinar el mínimo y máximo de carga de acuerdo al diseño actual y conclusiones	71

RESUMEN

Los cable vías (cables aéreos) son sistemas económicos, prácticos y de fácil mantenimiento que permiten optimizar el uso del espacio para transporte de productos al interior de las fincas y aún más prácticos, cuando el terreno es muy accidentado con bastante pendiente y con hondonadas que hacen difícil la extracción de la producción agropecuaria para su comercialización en los centros de acopio.

En la actualidad la finca Campo Alegre del municipio de San Rafael cuenta con un sistema de transporte por cable aéreo o garrucha artesanal completamente obsoleta, el cual no posee especificaciones técnicas que garanticen un transporte viable desde los puntos de vista técnico y de seguridad de los productos agropecuarios e insumos que movilizan los pobladores. Además, en la actualidad ésta garrucha se utiliza esporádicamente debido al desconocimiento que se tiene de la capacidad de carga del sistema.

Este proyecto de grado, logró darle viabilidad técnica al cable aéreo a través del modelamiento de los elementos estructurales por medio de los programas Inventor 2015, AutoCAD y Excel; encontrándose según los resultados del modelamiento que es necesario cambiar el vagón por uno de menor peso, para de esta manera poder transportar 350 kilogramos, es decir, 150 kilogramos adicionales a lo que actualmente se transporta.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte es un sector fundamental para el desarrollo de las actividades humanas y en especial para aquellas relacionadas con la producción y comercialización. Los productos agropecuarios están comprendidos dentro de estas generalidades y las características especiales de los alimentos de ese origen que son más o menos perecederos hacen que las condiciones higiénicas y la celeridad de los medios de transporte tengan una incidencia directa sobre la disponibilidad de alimentos; esto afecta además los aspectos sanitarios, la seguridad alimentaria y la economía en general y especial al productor primario, especialmente en la estructura de los costos de la cadena de abastecimiento y precio final de los productos (FAO, 2004).

La finca Campo Alegre del municipio de San Rafael Antioquia viene presentando inconvenientes para transportar los alimentos agropecuarios e insumos para el sostenimiento de dichas actividades. Actualmente el transporte se realiza en mulas dado que la topografía es accidentada y la vía es estrecha, pero esta práctica ha convertido en inviable el negocio, como consecuencia de las pérdidas de algunos productos por magulladuras, demora en el transporte y altos costos de operación.

La finca cuenta con un cable aéreo o garrucha artesanal, la cual no tiene especificaciones técnicas que garanticen el transporte de productos de forma segura y eficiente, y además su uso se efectúa de forma esporádica dado el desconocimiento que se tiene de su capacidad de carga.

De acuerdo al trabajo realizado por los líderes del proyecto, una forma de aumentar la capacidad de carga de la garrucha es cambiar el vagón actual por uno más liviano, es decir, se recomienda reemplazar el vagón que tiene un peso de 300 kilogramos por uno de 200 kilogramos. Este cambio permitirá aumentar la capacidad de carga de la garrucha, reduciendo los costos de transporte, mejorando la seguridad durante la movilización de productos y eliminado en transporte mular.

2. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

La finca Campo Alegre se encuentra ubicada en el municipio de San Rafael, departamento de Antioquia, debido a su topografía accidentada y por la estrechez de la vía mular que circunda parte del perímetro de la finca, transportar alimentos agropecuarios e insumos para el sostenimiento de las actividades de los pobladores es una actividad compleja y dificultosa.

En la actualidad la finca cuenta con una garrucha artesanal, la cual no posee unas especificaciones técnicas que garanticen transportar los productos de la región o de la canasta básica sin riesgo alguno, además de lo anterior, ésta garrucha por el momento se utiliza esporádicamente debido al desconocimiento de la resistencia estructural de todo el sistema.

De acuerdo al diagnóstico realizado por el equipo de trabajo, se evidenció la necesidad de realizar una investigación para determinar la viabilidad de rediseñar la garrucha, entre otras cosas para optimizar su peso, minimizar el tiempo de transporte de un lugar a otro, disminuir los riesgos de volcamientos, reducir los costos de operación y eliminar el transporte de tracción animal, el cual genera pérdidas en los comerciantes, como consecuencia de los deterioros y daños en los productos demandados por los pobladores, tales como los insumos agrícolas.

Adicionalmente transportar carga empleando animales, es una tarea ineficiente que generalmente requiere de una gran cantidad de bestias cuando se trata de cargas muy pesadas.

Ésta dificultad en el transporte de productos agropecuarios, productos perecederos y materias primas e insumos, están ocasionando insostenibilidad del agronegocio de la finca Campo Alegre. Adicionalmente se presentan pérdidas por magulladuras e inocuidad en los productos agrícolas durante el transporte mular dentro de la finca, debido al estado del camino mular y lo accidentado en ciertos lugares de su recorrido.

Se agrega además que el sistema de transporte por garrucha presente obsolescencia tecnológica, dado que en la actualidad se han introducido mejoras y nuevos diseños. Para el caso particular de la garrucha de la Finca Campo Alegre, ésta se utiliza de forma esporádica dado que se desconoce la capacidad real de carga y la resistencia de todos sus elementos estructurales.

De acuerdo a lo anterior surge el interrogante ***¿Es posible transportar los productos agropecuarios e insumos dentro de la finca en un cable aéreo, de forma rápida, liviana, económica y que mantengan su inocuidad e integridad y protegidos para evitar su contaminación y deterioro?***

3. JUSTIFICACIÓN

La Finca Campo Alegre está ubicada en la zona urbana del municipio de San Rafael, cuenta con 10 hectáreas de las cuales en el 80% se ha implementado un Sistema Integral de Producción Sostenible (SIPS), idea que nace como una alternativa de desarrollo agropecuario en las zonas de escasos recursos económicos y que presentan problemas de fertilidad de suelos.

La implementación de este modelo de producción agropecuaria bajo las premisas de operatividad, sencillez, baja inversión, altos rendimientos sostenibles, representa una oportunidad para potenciar el desarrollo agropecuario y mejorar las condiciones socioeconómicas de los grupos familiares a cargo de este proyecto. En la actualidad produce ciento diez toneladas al año.

En el sector agrícola se produce: yuca, plátano dominico hartón, zapote, mandarina, naranja, limones Tahití, hortalizas, tomate chonto en invernadero, aguacate, maíz frijol.

En el sector pecuario: pollos de engorde, gallinas ponedoras, cerdos de ceba, tilapia roja y cachama en estanque artificiales; ganado bovino doble propósito, en donde la leche es utilizada para la producción de queso de banco.

Para el sostenimiento de las diferentes actividades se compran alrededor de doscientos veinte toneladas al año en concentrados para especies menores, fertilizantes, abonos, vacunas, papelería, empaques, melaza, alimentos no perecederos para las familias, artículos de aseo, herramientas y artículos de ferretería, entre otros.

Con las actividades del SIPS se benefician cinco familias con las que logran obtener ingresos económicos para suplir sus necesidades y contar con los productos de la poscosecha para la seguridad alimentaria de los 22 integrantes de estas familias; con la comercialización de la poscosecha y de las especies menores garantiza la sostenibilidad y rentabilidad de la finca.

La subregión de embalses del oriente Antioqueño y en especial el municipio de San Rafael, en donde se encuentra la finca; es un polígono bastante accidentado topográficamente, ya que muchas de sus montañas tienen más un 70% de pendiente, haciéndose en ocasiones difícil la forma de transportar de un lugar a otros los productos de la poscosecha y de los insumos y materias primas para la finca.

3.1. Conveniencia

A través de un diagnóstico rápido y participativo sobre las familias que están a cargo del desarrollo del proyecto, se pudo determinar que el transporte de los productos de la poscosecha y de los insumos para el sostenimiento les genera pérdidas por magulladuras en frutales y hortalizas, pérdida de la cadena de frío en los peces y aves, por demora del transporte mular entre la finca y el sitio en donde recogen los productos para ser llevados al centro de distribución.

De acuerdo a lo anterior, se encuentra que a través de la práctica académica es posible proponer soluciones que permitan enfrentar el problema antes mencionado, más aun cuando la experiencia indica que en las regiones más alejadas de los grandes centros urbanos sus pobladores casi siempre carecen de los recursos necesarios para pagar estudios técnicos especializados.

3.2. Relevancia Social

Para la finca Campo Alegre, era una necesidad revisar la capacidad real de la garrucha, dado que se desconoce cuánta carga se puede transportar sin sobrepasar la resistencia de sus componentes estructurales. Es evidente que con el aumento de la población, la demanda de servicios ha crecido de forma proporcional, por tanto, es un imperativo atender los requerimientos de los pobladores para que puedan transportar sus productos de forma segura, eficiente y acorde a sus necesidades.

De otro lado, si se logra optimizar los servicios de transporte de la garrucha, de tal forma que se minimicen los tiempos de carga, sin pérdidas de la poscosecha, muy seguramente se incrementará la rentabilidad de la empresa, adicional a lo anterior, si se logra implementar un programa buenas prácticas de manufactura en el servicio aumentará la satisfacción de los usuarios y por tanto disminuirán las quejas y devoluciones de productos deteriorados.

3.3. Implicaciones Prácticas

Con el rediseño de la garrucha permitirá optimizar el tiempo del transporte, sin riesgos de daños o pérdida de los productos tanto los que se comercializan como los insumos que ingresan a la finca para el sostenimiento de las actividades del SIPS y amigable con el medio ambiente.

3.4. Valor Teórico y Metodológico

Por medio de ésta práctica académica, los responsables del proyecto tienen una oportunidad no solo para generar nuevos conocimientos sino que además para el futuro podrán desarrollar innovaciones en los servicios de transporte por cable aéreo del país. El evaluar la capacidad de carga y la resistencia de los elementos estructurales de la garrucha se constituyen en un espacio ideal para contrastar la teoría aprendida en el aula de clases con la práctica real.

De otro lado, a través del presente proyecto se está generando una herramienta metodológica que podría servir para determinar la viabilidad técnica de instalación de nuevos sistemas de transporte por cable aéreo en la región, dado que la geografía del departamento es bastante accidentada, y el transporte por cable aéreo es quizás lo más apropiado para la movilidad de los productos de la zona.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Rediseñar e implementar el sistema de transporte por cable aéreo de la finca Campo Alegre del Municipio de San Rafael – Antioquia.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la capacidad de carga del sistema de transporte por cable aéreo de la finca Campo Alegre del Municipio de San Rafael – Antioquia.
- Proponer el rediseño del sistema de transporte por cable aéreo para aumentar su capacidad de carga.

5. REFERENCIAS TEÓRICAS

5.1. CABLES VÍAS

Los cable vías (cables aéreos) son sistemas económicos, prácticos y de fácil mantenimiento que permiten optimizar el uso del espacio para transporte de productos al interior de las plantaciones (Toro Ramírez S.A.S, 2015).

Entre sus ventajas se tiene:

- Rápida instalación.
- Facilidad en el uso, operación y manipulación.
- Alta adaptabilidad al terreno.
- Uso eficiente del espacio.
- Alta flexibilidad en diferentes aplicaciones.
- Bajo impacto medio-ambiental.
- Mejora la calidad de vida de los colaboradores del cultivo/plantación

Casos de éxito

- Plantaciones de banano y plátano
- Cultivos de flores
- Agroindustria de la palma africana
- Ceba intensiva (ganadería estabulada) pasto de corte
- Cultivos de cítricos
- Piscicultura
- Material de construcción

El transporte por cable es considerado como un modo de transporte independiente, diferente de los modos clásicos como carretera, ferrocarril, aéreo, marítimo y tubería. Es evidente que su importancia dentro del campo global del transporte es muy limitado, tanto en lo relativo a su importancia económica como en lo que se refiere al total de toneladas – kilometro y viaje – kilómetro transportados (Vicente, 2009).

En Colombia, de acuerdo al Decreto 1072 de 2004 “Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte por cable de pasajeros y carga.” Define este servicio de la siguiente manera.

5.1.1. **Teleférico:** Es un sistema de cabinas suspendidas de un cable fijo, las que transportan por otro cable móvil, generalmente unido a manera de circuito.

5.1.2. **Cable Aéreo:** Es un sistema compuesto por cables aéreos, en los cuales los vehículos están soportados por uno o más cables, dependiendo del tipo de mecanismo a utilizar, los vehículos son propulsados por un cable tractor o simultáneamente por un sistema de cable sustentador y cable tractor.

5.1.3. **Cable Remolcador:** Es un sistema compuesto por cables utilizados para remolcador pasajeros por zonas de poca pendiente y poca distancia.

5.1.4. **Funicular:** Es un sistema que consiste en vehículos tirados y sustentados por cable que transmiten la tracción al vehículo que se desplaza por rieles o guías instaladas a nivel con la vía, sobre una estructura fija.

Según el número y disposición de sus cables

Pueden ser monocables o bicables:

5.1.5. **Monocables:** Dotados de un solo cable llamado portador – tractor, que sirve como guía o carril y de elemento tractor. En este mismo grupo se incluye aquellos sistemas provistos de más de un cable que, al moverse de forma sincrónica, ejercen de hecho la función de uno solo.

5.1.6. **Bicables:** Dotados de uno o varios cables – carril, que sirven como soporte y guía, y de uno o varios cables tractores.

5.1.7. **Según el Sistema de Sujeción de los Vehículos al Cable Móvil**

Pueden ser instalaciones de pinza fija o instalaciones de pinza desembragable; instalaciones de pinza fija. En los cuales el elemento de acoplamiento queda unido al cable de forma permanente.

Figura 1. Pinza fija



Fuente: FEMECOL, 2015

Instalaciones de pinza desembragable. Son elementos que permiten desacoplar los vehículos del cable.

Figura 2. Pinza desembragable



Fuente: FEMECOL, 2015

5.1.8. De acuerdo con el tipo de vehículo

Pueden ser vehículos cerrados o abiertos:

- Vehículos cerrados: son instalaciones totalmente cubiertas que protegen la carga o pasajeros de las condiciones climáticas.

- Vehículos abiertos: son instalaciones descubiertas como sillas y otros vehículos que no pertenezcan a la categoría anterior.

5.1.9. **Según la situación del puesto de mando**

Pueden ser:

- Con puesto de mando en la estación
- Con puesto de mando en el vehículo

5.1.10. **Según el sistema de mando del movimiento**

Pueden ser manuales o automáticos.

- Manual: en el que la marcha está regulada por un agente situado en la sala de máquinas o bien en los andenes o en los vehículos (telemando).
- Automático: en el que la acción de un agente o de los mismos viajeros, se limita a la puesta en marcha de la instalación, sin ninguna intervención posterior.

Figura 3. Transporte de carga a través de cable aéreo



Fuente: FEMECOL, 2015

Figura 4. Sistema motriz de un sistema de transporte por cable aéreo



Fuente: FEMECOL, 2015

Figura 5. Estructura que soporta la carga y tensa el cable

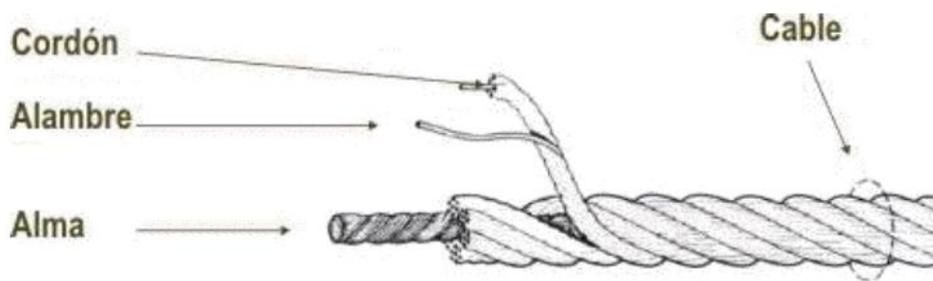


Fuente: FEMECOL, 2015

5.2. EL CABLE Y SUS COMPONENTES

Los cables de acero están constituidos por alambres de acero, generalmente trenzados en hélice (espiral) formando las unidades que se denominan torones (cordones) los cuales posteriormente son cableados alrededor de un centro que puede ser de acero o de fibra. El número de torones (cordones) en el cable puede variar según las propiedades que se desean obtener (EMCOCABLES, 2010).

Figura 6. Componentes de un cable de acero



Fuente: ESPINOZA y ARISTIZÁBAL, 2005

Alambres. El alambre es obtenido por estiramiento al reducir el diámetro del alambroón, haciéndolo pasar por dados o matrices mediante la aplicación de una fuerza axial.

Las propiedades del alambre dependen básicamente de su composición química, microestructura, nivel de inclusiones, tamaño de grano, segregaciones y condiciones del proceso.

Todos los alambres deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas ASTM A 1007, JIS G 3525, API 9 A, RRW 410 F, ISO 2232.

Torones. Están formados por alambres que pueden ser todos del mismo o de diferentes diámetros, trenzados helicoidalmente sobre un alma central.

Alma. El alma o núcleo es el eje central de un cable, alrededor del cual van enrollados los torones. Se utiliza alma de acero, fibra natural o sintética.

5.3. CLASIFICACIÓN DE LOS CABLES DE ACERO

Los cables se clasifican según su diámetro, número de torones, número de alambres, tipo de alma o núcleo y construcción (EMCOCABLES, 2010):

Torón común de capa simple. El ejemplo más común de construcción de capa simple es el torón de siete alambres. Tiene un alambre central y seis alambres del mismo diámetro que lo rodean. La composición más común es $1+6=7$ (ver Tabla 1(a)).

Torón seale. Construcción que en la última capa tiene los alambres de mayor diámetro que la capa interior, dándole al Torón mayor resistencia a la abrasión. La composición más común es $1+9+9=19$ (ver Tabla 1(b)).

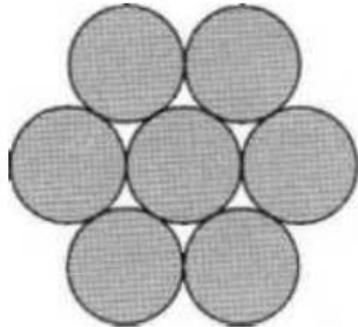
Torón filler. Se distingue por tener entre dos capas de alambres, otros hilos más finos que rellenan los espacios existentes entre las mismas. Este tipo de torón se utiliza cuando se requieren cables de mayor sección metálica y con buena resistencia al aplastamiento. La composición más común es $1+6/6+12=25$ (ver Tabla 1(c)).

Torón warrington. Se caracteriza por tener una capa exterior formada por alambres de dos diámetros diferentes, alternando su posición dentro de la corona. El tipo de torón más usado es $1+6+6/6=19$ (ver Tabla 1(d)).

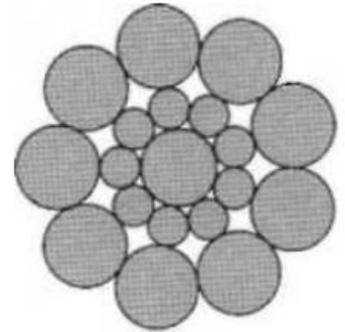
Torón warrington seale. Es una combinación de las mencionadas anteriormente y conjuga las mejores características de ambas: la conjunción de alambres finos interiores aporta flexibilidad, mientras que la última capa de alambres relativamente gruesos, aportan resistencia a la abrasión. La construcción más usual es $1+7+7/7+14=36$ (ver Tabla 1(e)).

Cable de acero 6x26. Es un cable que combina la resistencia a la flexión y a la abrasión, dando un buen comportamiento en uso: $1+5+(5+5)+10=26$ (ver Tabla 1(f)).

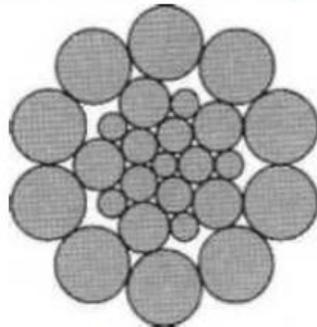
Figura 7. Clasificación de los cables de acero



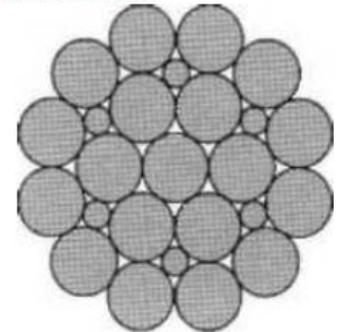
(a) Torón común de capa simple.



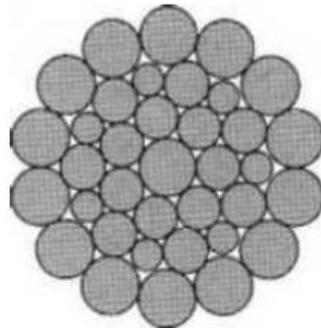
(b) Torón seale.



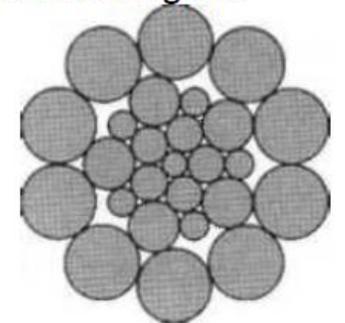
(c) Torón filler.



(d) Torón warrington.



(e) Torón warrington seale.



(f) Cable de acero 6x26.

Fuente: EMCONBABLES, 2010

5.4. CLASES DE ARROLLAMIENTO

Los cables pueden tener arrollamiento cruzado o lang (Espinoza y Aristizabal, 2005)

Arrollamiento cruzado. Es aquel en el que los cordones están arrollados en sentido contrario al de los alambres que lo forman.

Ventajas:

- Es de manipulación más fácil que el cable lang.
- Tiene menos tendencia a girar y a descablearse.

Por su estructura es más resistente al aplastamiento y a las deformaciones.

Inconvenientes

Menor resistencia al rozamiento, debido a que posee una menor superficie de contacto con las poleas.

Arrollamiento lang. Los alambres en el cordón y los cordones en el cable están arrollados en el mismo sentido.

Ventajas

- Tienen una gran resistencia al desgaste por rozamiento.
- Es más flexible que el cable cruzado.

Inconvenientes

Se debe manipular con precaución para evitar la formación de "cocas".

Tiene gran tendencia a descablearse (para evitar el descableado se deben preformar los alambres).

5.5. ALMAS DE CABLES

El alma del cable es un soporte interior destinado a que los cordones, bajo la carga y presiones de trabajo, no pierdan su apoyo y posición, y los alambres de dos cordones adyacentes no se entallen entre sí.

Pueden ser de fibra o acero (Espinoza y Aristizabal, 2005)

Alma de fibra. Son cuerdas de fibras vegetales resistentes, fuertemente impregnadas de una grasa especial.

Características

- Proporciona a los cordones un asiento elástico para evitar el desgaste por rozamiento y entalladuras entre los diferentes cordones.
- Constituye un depósito de lubricante que asegura el engrase interior durante largo tiempo.
- Aumenta la elasticidad y flexibilidad del cable.
- No resiste el trabajo a temperaturas elevadas.

Alma de acero. El alma de acero consiste de otro cable formado por cordones o por alambres, dependiendo de los requerimientos de trabajo.

Características

- Resistente al aplastamiento.
- Ideal para trabajar en instalaciones a la intemperie.
- No permite gran flexibilidad.

5.6. ANÁLISIS ESTÁTICO DEL CABLE

El análisis se hace asumiendo las siguientes características de la instalación (CEBALLOS y HENAO, 1999).

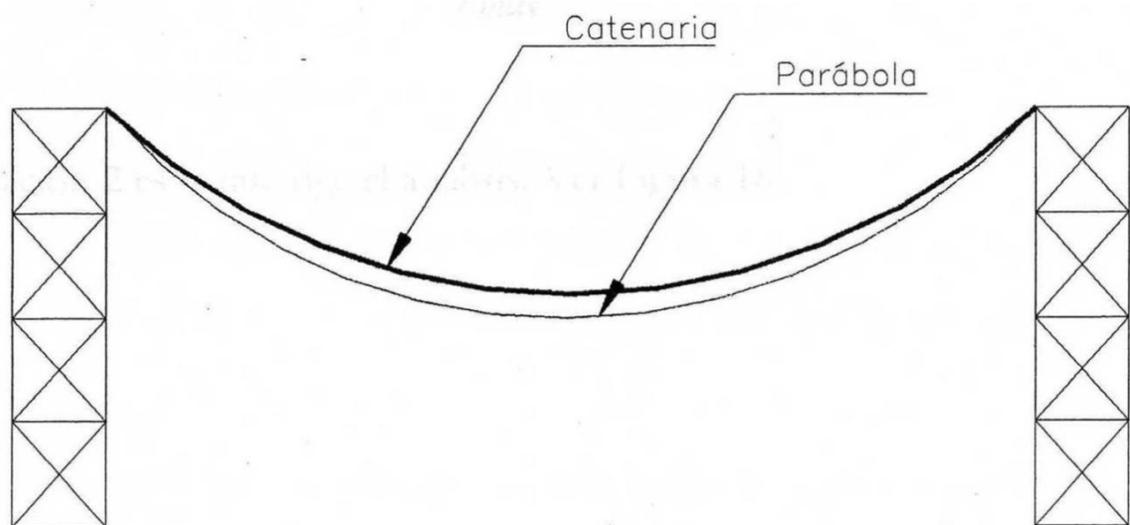
Flecha e inclinación del cable tensado por un contrapeso en el extremo inferior.

La carga se supone aplicada en el centro del primer tramo para calcular la flecha máxima en este.

El peso del cable se toma como una carga distribuida uniformemente repartida en toda su longitud.

Un cable por ser una estructura flexible, al suspenderlo, forma una curva llamada catenaria que precisa un cálculo complejo, es debido a esta dificultad que este análisis se realiza asumiendo la curva como una parábola, el error en esta solución es despreciable (ver Figura 8).

Figura 8. Esquema de catenaria



Fuente: EMCONBABLES, 2010

La característica principal de la curva es que en el punto medio se encuentra su mayor deflexión a la cual se le denomina flecha máxima (F_{max}) dada en metros (ver Figura 9.)

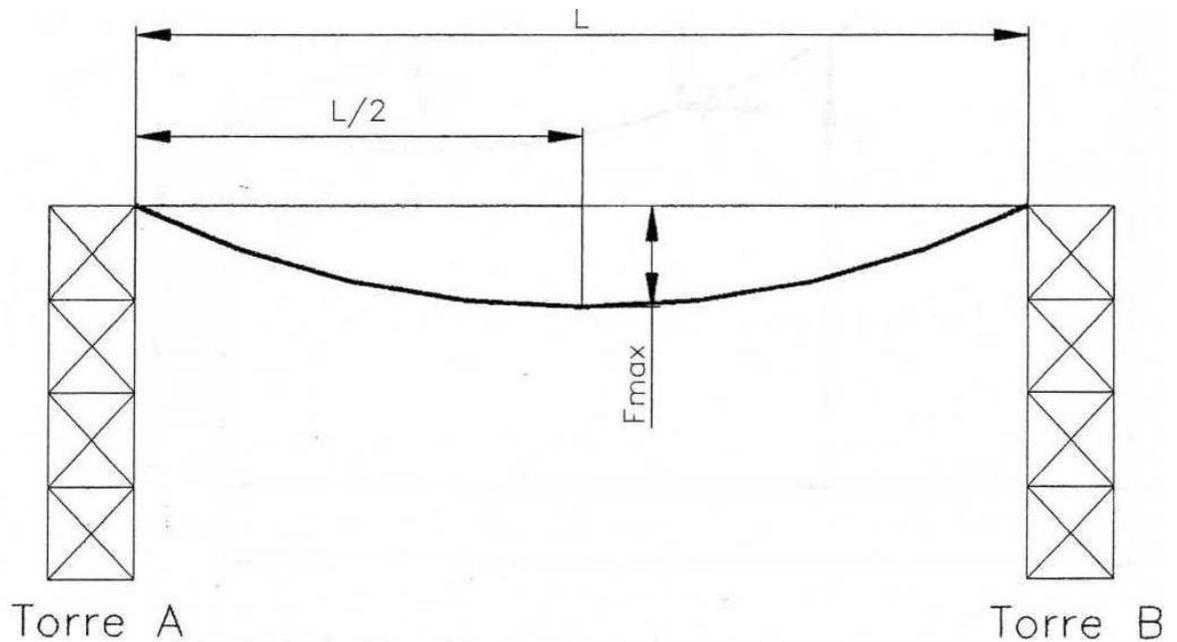
Figura 9. Diagrama de flecha máxima

Recomendación:

$$\frac{L}{20} \leq F_{max} \leq \frac{L}{30}$$

Donde L es la longitud horizontal. Se asume que el valor promedio de estos valores:

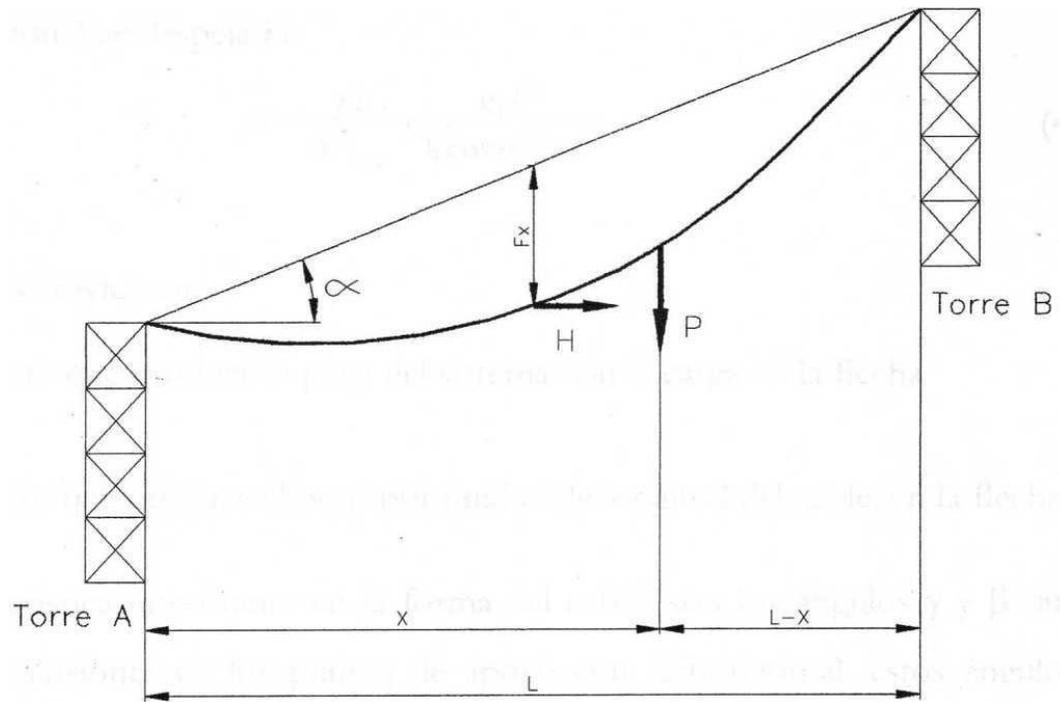
$$F_{max} = \frac{L}{25} \quad (1)$$



Fuente: EMCONBABLES 2010

La ecuación 2 es la que rige el análisis (ver Figura 11).

Figura 10. Esquema de análisis estático



Fuente: EMCONBABLES, 2010

$$F = \left(\frac{P}{L} + \frac{g_t}{2 \cos a} \right) \cdot \frac{(L-x)x}{H} \quad (2)$$

Donde:

Fmax: flecha en la función de la posición x [m].

P: peso total (carga y peso de vehículo) [Kg].

L: longitud horizontal entre puntos de apoyo [m].

H: tensión horizontal en cualquier punto del cable [Kg].

g_t : Peso por unidad de longitud del cable [Kg/m].

α : pendiente de la cuerda que une los puntos de apoyo del cable [Grados].

Para tener una mejor comprensión de la formula se analiza el punto medio $X = \frac{L}{2}$ en donde la flecha es máxima; la formula se transforma en:

$$F_{max} = \frac{p^L}{4H} + \frac{g_t L^2}{8 \cos a H} \quad (3)$$

De la ecuación 3 se despeja H:

$$H = \frac{p^L}{4F_{max}} + \frac{g_t L^2}{8 \cos a F_{max}} \quad (4)$$

La fórmula se divide en:

$$\frac{p^L}{4F_{max}} = \text{Flecha que se produce por el efecto del peso del vehículo y la carga.}$$

$$\frac{g_t L^2}{8 \cos a F_{max}} = \text{Flecha que se produce por el efecto del propio peso del cable.}$$

Otra característica importante en la forma del cable, son los ángulos γ y β que forman las tensiones en los puntos de apoyo con la horizontal, estos ángulos permiten hallar la tensión máxima y mínima en el cable.

Si el punto A es el nivel inferior, la fórmula que rige el ángulo γ es;

$$\tan \gamma = \tan a - \frac{g_t \frac{l}{2} + p}{H} \quad (5)$$

Siendo l : longitud de la cuerda que une los puntos de apoyo del cable.

Si el punto B es el nivel superior, la fórmula que rige el ángulo β es;

$$\tan \beta = \tan \alpha + \frac{g t_2^2 + p}{H} \quad (6)$$

Con las ecuaciones 4 y 5 se hallan las tensiones en el nivel inferior y superior con la ayuda de las siguientes formulas:

$$\text{Tensión en el nivel superior. } T\alpha = H / \cos \gamma \quad (7)$$

$$\text{Tensión en el nivel inferior. } T\beta = H / \cos \beta \quad (8)$$

5.7. VEHÍCULOS

Existe una gran variedad de vehículos dependiendo fundamentalmente del tipo de instalación, y una gran variedad de los materiales que se emplean para su construcción, pero las características comunes a todos ellos son las referidas a la seguridad del viajero y su comodidad. En el caso de transporte de carga los vehículos son diseñados dependiendo del producto a transportar y de la forma que se desea el montaje y desmontaje de la carga en dicho vehículo.

Cargas

Para realizar un dimensionado de los vehículos se tienen que tener en cuenta dos tipos de cargas: las principales y las complementarias. Las cargas principales son el peso propio, la carga útil y el apoyo de los cables. Mientras que las cargas complementarias son la carga del viento, los esfuerzos de frenada, los esfuerzos producidos por los elementos de guiado y por los amortiguadores de balanceo, las oscilaciones longitudinales y transversales, los esfuerzos de torsión y los esfuerzos dinámicos producidos por el paso sobre los apoyos de la línea.

Todos los elementos relacionados con los vehículos, se calculan con un coeficiente de seguridad no inferior a 5. Dicho cálculo se verifica teniendo en cuenta los esfuerzos de torsión, flexión y especialmente la fatiga.

Elementos de enganche

Son los elementos que enlazan los vehículos con los cables, se pueden realizar por medio de terminales, mordazas fijas, mordazas automáticas o dispositivos que actúen por rozamiento entre superficies curvas y el cable deformado bajo presión.

5.8. APOYOS DE LÍNEA

Son los apoyos enclavados sobre el terreno sobre los que se realiza el trazado del cable de la instalación que soportan las cargas transmitidas por la propia instalación.

Cargas

En el cálculo de las resistencias de estos apoyos y de sus correspondientes cimentaciones se tienen en cuenta las siguientes cargas:

- El peso propio.
- El conjunto de las cargas de apoyo de todos los cables.
- El rozamiento entre el cable carril y las zapatas de apoyo:
- Coeficiente 0,15 para cable tipo cerrado.
- Coeficiente 0,20 para cable de cordones.
- La carga del viento sobre los cables y sobre las obras de la línea.
- El peso propio de los vehículos.
- El efecto dinámico debido al movimiento.
- El efecto dinámico debido a las aceleraciones y las frenadas.

Existen varios tipos de transportadores mecánicos. El empleo de uno u otro sistema depende de la longitud del trayecto, capacidad requerida del material a transportar, el procedimiento de arrastre de las cargas, el tipo, el costo y el mantenimiento de la instalación.

Un sistema de transporte por cable aéreo tiene dos tipos de cables: el portante y el tractor.

El cable portante: Se mantiene elevado por medio de torres, evitando el contacto entre los vehículos y el terreno. Tiene como función principal servir de pista de rodamiento para la cabina, la garrucha o el vehículo. El cable portante permanece estático y va anclado al terreno, llevando en uno de sus extremos un dispositivo tensor o contrapeso,

El cable aéreo tractor: es un cable móvil al que se le imprime movimiento por medio de un sistema motriz. A este cable se fijan las cargas o cabinas transportadoras.

6. METODOLOGÍA

6.1. Tipo de estudio

El desarrollo del siguiente tiene las siguientes características:

Para el caso particular, se trata de estudio tipo exploratorio, en donde los responsables del proyecto han tenido que hacer hipótesis y tomar datos e información experimental para a partir de ellos utilizar modelos matemáticos que arrojen resultados válidos para el cumplimiento de los objetivos.

6.2. El método

Como método de trabajo, se ha optado por la observación. Aquí fue necesario medir variables a partir del comportamiento de la garrucha para distintas condiciones de trabajo, tanto de carga como ambientales. Para la realización del diagnóstico de los componentes estructurales. Adicionalmente se realizaron modelaciones por medio de un programa CAD el cual arrojó resultados de interés para la evaluación de la garrucha.

6.3. Población

Por último, se realizaron entrevistas a algunas personas de la región, que laboran en las diferentes actividades agrícolas, tales como la siembra, producción y poscosecha. De la misma manera se entrevistó al administrador de la finca para obtener datos relevantes para el proyecto.

6.4. Hipótesis

Debido al exceso de peso del vagón metálico del cable vuelo o garrucha es factible que los diferentes componentes mecánicos y eléctricos de este sistema, no puedan resistir su peso y el de los productos agropecuarios e insumos sin que se pueda presentar algún tipo riesgo de daños en los productos por volcamiento en el transporte.

Con el rediseño del cable o garrucha se podrá optimizar su peso permitiendo transportar más carga de productos agropecuarios e insumos, evitando su volcamiento, ahorrando tiempo y reduciendo los costos de operación.

7. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos del proyecto.

Se aclara que se emplearon los siguientes programas: Inventor 2015, AutoCAD y Excel.

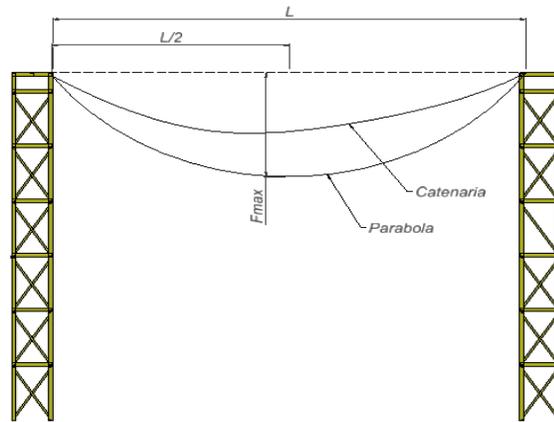
Se resalta que según el modelamiento realizado de todos los componentes del cable aéreo, se determinó que se requiere cambiar el vagón, ya que este tiene un peso excesivo y no permite transportar entre 200 y 350 kilos por viaje.

7.1. CALCULO DEL CABLE

7.1.1. Análisis estático del cable

- Flecha e inclinación del cable tensado por un contrapeso en el extremo inferior.
- La carga se supone aplicada en el centro del primer tramo para calcular la flecha máxima en este.
- El peso del cable se toma como una carga distribuida uniformemente en toda su longitud.
- Un cable por ser una estructura flexible, al suspenderlo, forma una curva llamada catenaria la cual requiere de un cálculo complejo, para nuestro caso debido a esta dificultad se asume la curva como una parábola, encontrándose que el error en esta solución es despreciable

Figura 11. Esquema general de análisis de las torres de cable aéreo



Fuente: Elaboración propia

El rango de análisis recomendado para el análisis de la deformación máxima del cable varía entre los siguientes valores

$$\frac{L}{20} \leq F_{max} \leq \frac{L}{30}$$

Por consiguiente se asume un promedio entre estos valores

$$F_{max} = \frac{L}{25}$$

$L =$ Luz del cable $\square\square m$

$x =$ Distancia horizontal recorrido del carro $\square\square m$

$P =$ Carga en izaje $= P_{carro} + P_{carga} \square\square Kg$

$F_{max} =$ Deflexion en funcion de la posicion $x \square\square m$

$H =$ Tension horizontal en cualquier punto del cable $\square\square Kg$

$$g_t = \frac{\text{Peso}}{L \text{ cable}} \Leftrightarrow \frac{Kg}{m}$$

$\alpha =$ Pendiente de cuerda \Leftrightarrow grados.

A partir de la siguiente ecuación se determina la deflexión a una distancia x

$$F = \left[\frac{P}{L} + \frac{g_t}{2 \cos \alpha} \right] \frac{[L - x]}{H} * x$$

Con

$$x = \frac{x}{2}$$

$$F = \left[\frac{P}{L} + \frac{g_t}{2 \cos \alpha} \right] \frac{[L - \frac{x}{2}]}{H} * \frac{x}{2}$$

$$F_{max} = \left[\frac{PL}{4H} + \frac{g_t * L^2}{8H \cos \alpha} \right]$$

Con la cual se puede determinar la deflexión máxima del cable

Despejando H podremos encontrar la Tensión horizontal en cualquier punto del cable

$$H = \left[\frac{PL}{4F_{max}} + \frac{g_t * L^2}{8F_{max} \cos \alpha} \right]$$

La componente 1 de la ecuación representa la deflexión que produce por el efecto del peso del vehículo y la carga

La componente 2 representa la deflexión que se produce por efecto del peso del cable

Por consiguiente ahora determinamos los ángulos que forman las tensiones en los puntos de apoyo con la horizontal

$$\tan \gamma = \tan \alpha - \frac{g_t \frac{l}{2} + P}{H}$$

Donde

l = Longitud de la cuerda que une los puntos de apoyo del cable

$$\tan \beta = \tan \alpha + \frac{g_t \frac{l}{2} + P}{H}$$

Por tal motivo las tensiones en los puntos de apoyo se determinan con las siguientes ecuaciones

$$T_a = \frac{H}{\cos \gamma} = \text{Tension nivel inferior}$$

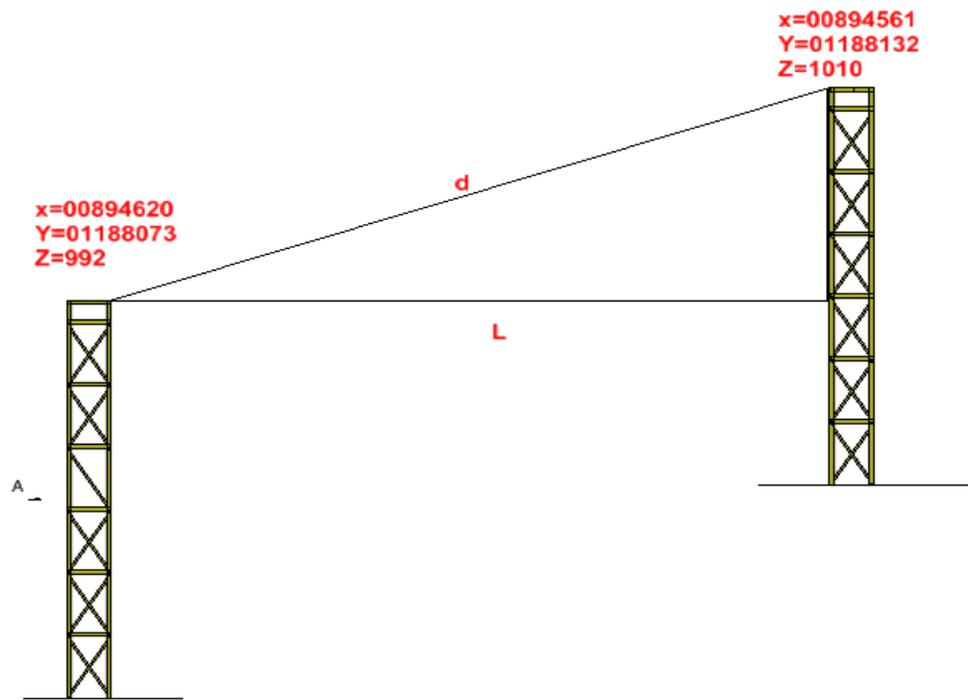
$$T_b = \frac{H}{\cos \beta} = \text{Tension nivel superior}$$

En base a la posición geográfica de la zona y con ayuda del sistema google earth es posible determinar las coordenadas de los puntos A y B los cuales representan las columnas de apoyo del sistema por cable.

Fuente. Mejía Vargas. Andrés Felipe. 2011. Diseño y Construcción de un Sistema de Carga por Medio de Cables para Topografía de Gran Pendiente. Escuela Ingeniería Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería Mecánica.

Solución

Figura 12. Columnas de apoyo del sistema por cable



Coordenadas actuales torres soporte

Fuente: Elaboración propia

Se determina la distancia d entre los puntos A y B por medio de la siguiente ecuación

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$d = \sqrt{(00894561 - 00894620)^2 + (01188132 - 01188073)^2}$$

$$d = 83,4m$$

La pendiente o inclinación m se determina con la relación

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{01188132 - 01188073}{00894561 - 00894620}$$

$$m = -1$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Calculamos la longitud horizontal L la cual es la distancia horizontal entre las torres según se muestra en la figura 12.

$$\text{Cos } \alpha = \frac{L}{d}$$

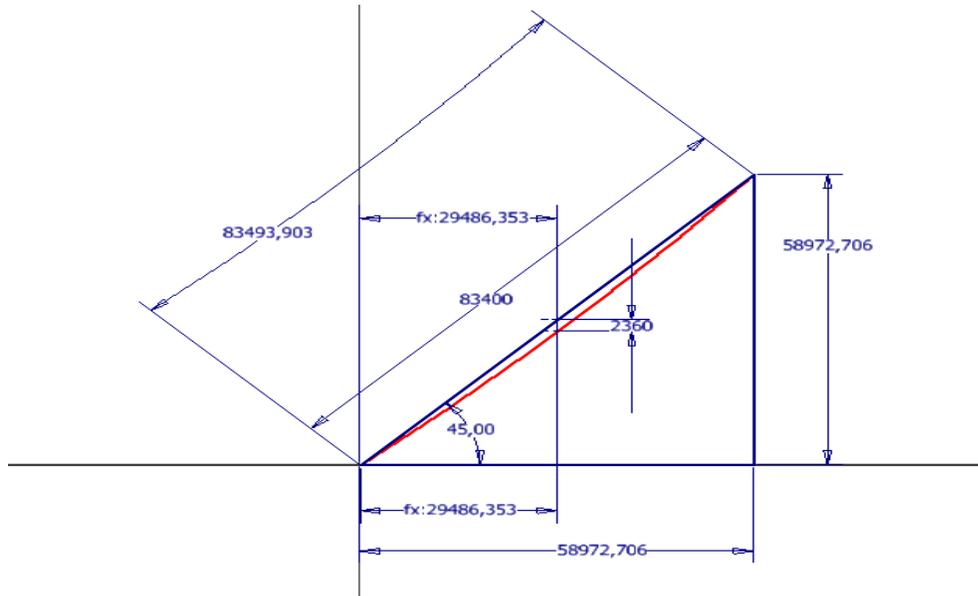
$$L = 83,4 \text{ m Cos } 45^\circ$$

$$L = 59 \text{ m}$$

Ahora se determina la longitud del arco del cable de forma gráfica como se muestra a continuación

Figura 13. Grafica de la longitud del arco del cable

1



Determinación grafica de la longitud del arco del cable

Fuente: elaboración propia

l = Longitud de la cuerda que une los puntos de apoyo del cable

l = 83,5m

Asumiendo

$$F_{max} = \frac{L}{25}$$

$$F_{max} = 2,36 m$$

Este valor es la deflexión máxima del cable la cual ocurre en el punto medio

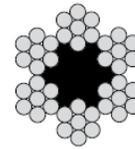
Conocida Fmax determinamos H la tensión horizontal del cable

$$H = \left[\frac{PL}{4F_{max}} + \frac{g_t * L^2}{8F_{max} \cos \alpha} \right]$$

Del catálogo de la empresa emcocables determinamos las propiedades características del cable actual es cual es un cable tipo 6x7 con Alma de fibra

Figura 14. Características técnicas cable actual

6X7 ALMA DE FIBRA (AF)



Construcción del Cable	
Item	Cantidad
Torones	6
Torones Externos	6
Capa de Torones	1
Alambres en Cable	30 A 54

Construcción del Torón	
Item	Cantidad
Alambres	5 A 9
Alambres Externos	4 A 8
Capa de Alambres	1

TABLA 2									
Diámetro		Peso Aprox.		Carga mínima de Rotura				Rango Diámetro	
pulg	mm	lb/ft	kg/m	IPS tons	1770 kN	EIPS tons	1960 kN	Min pulg	Max pulg
1/4	6	0,08	0,124	2,64	21,2	2,90	23,4	0,236	0,248
	7	0,11	0,169					0,276	0,289
5/16	8	0,15	0,217	4,10	37,6	4,51	41,6	0,313	0,328
	9	0,19	0,279					0,315	0,331
3/8	10	0,23	0,345	5,86	47,6	6,45	52,7	0,354	0,372
	11	0,28	0,417					0,375	0,394
7/16	12	0,29	0,426	7,93	71,1	8,72	78,7	0,394	0,413
	13	0,33	0,497					0,433	0,455
1/2	14	0,37	0,556	10,3	84,6	11,3	93,7	0,438	0,459
	15	0,39	0,583					0,472	0,496
9/16	16	0,45	0,676	13,0	115	14,3	128	0,500	0,525
	17	0,47	0,704					0,512	0,537
5/8	18	0,47	0,704	15,9				0,551	0,579
	19	0,58	0,869					0,563	0,591
								0,625	0,656

Características técnicas cable actual

Fuente: Emcocables

Actualmente el sistema funciona para una carga de 200 Kg, se analizara también el caso para 500 Kg de carga.

Análisis para 200 Kg de carga

$\phi_{cable} = 1/2"$ configuración 6x7 AF

$$P_{carro} = 93 \text{ Kg}$$

$$P_{carga} = 200 \text{ Kg}$$

$$g_t = 0,556 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$F_{max} = 2,36 \text{ m}$$

$$L = 59 \text{ m}$$

Determinamos la carga nominal P

$$P = P_{carro} + P_{carga}$$

$$P = 293 \text{ Kg}$$

$$H = \left[\frac{293 \text{ Kg} \times 59 \text{ m}}{4 \times 2,36 \text{ m}} + \frac{0,556 \text{ Kg/m} * (56 \text{ m})^2}{8 \times 2,36 \text{ m} \text{ Cos } 45^\circ} \right]$$

$$H = 1999,43 \text{ Kg}$$

Por lo tanto lo tanto la fuerza resultante sobre el cable será

$$F_{Trabajo} = H + P$$

$$F_{Trabajo} = 2292,43 \text{ Kg}$$

Determinamos el factor de seguridad del cable

$$F_s = \frac{F_{max\ ruptura}}{F_{trabajo}}$$

$$F_s = \frac{F_{max\ ruptura}}{F_{trabajo}}$$

$$F_s = \frac{10300 \text{ Kg}}{2292,43 \text{ Kg}}$$

$$F_s = 5,1$$

El cual está dentro del rango establecido para dicha aplicación de cable teleférico

Figura 15. Factores de seguridad recomendados

FACTORES DE SEGURIDAD RECOMENDADOS	
Sector	Construcción
Cables fijos. Cables de puentes colgantes	3-4
Cables carriles para teleféricos	3.5-5
Cables tractores para teleféricos	5-7
Cables de labor, elevación y grúas	5-9
Cables para instalaciones importantes	8-12
Cables para transporte de personal	8-12
Cables para planos inclinados	5-8
Cables para pozos de extracción	8-12
Cables para ascensor	8-17
Cables para cabrestantes y trenajes	4-8

Factores de seguridad recomendados Emcocables

Fuente: Emcocables

Análisis para 500 Kg de carga

$$\phi_{cable} = 1/2" \text{ configuracion } 6x7 \text{ AF}$$

$$P_{carro} = 93 \text{ Kg}$$

$$P_{carga} = 500 \text{ Kg}$$

$$g_t = 0,556 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$F_{max} = 2,36 \text{ m}$$

$$L = 59 \text{ m}$$

Determinamos la carga nominal P

$$P = P_{carro} + P_{Carga}$$

$$P = 593 \text{ Kg}$$

$$H = \left[\frac{593 \text{ Kg} \times 59 \text{ m}}{4 \times 2,36 \text{ m}} + \frac{0,556 \text{ Kg / m} * (56\text{m})^2}{8 \times 2,36 \text{ m} \text{ Cos } 45^\circ} \right]$$

$$H = 3874,43 \text{ Kg}$$

Por lo tanto lo tanto la fuerza resultante sobre el cable será

$$F_{Trabajo} = H + P$$

$$F_{Trabajo} = 4467,43 \text{ Kg}$$

Determinamos el factor de seguridad del cable

$$F_s = \frac{F_{max \text{ ruptura}}}{F_{trabajo}}$$

$$F_s = \frac{10300 \text{ Kg}}{4467,43 \text{ Kg}}$$

$$F_s = 2,3$$

El factor de seguridad encontrado para una carga de 500 Kg no está dentro del rango especificado según las recomendaciones del fabricante del cable por tal motivo no es recomendable sobrecargar el carro a estos niveles, ya que existe la probabilidad de que pueda ocurrir una falla, por consiguiente el carro podría transportar una carga en el rango de los 200 kg a 350 kg aproximadamente.

A fin de realizar un análisis para diversas configuraciones y diámetros de cable se crea un modelo de cálculo bajo la plataforma de Excel los resultados obtenidos son los siguientes.

Figura 16. Modelo de cálculo en Excel

CALCULO DE SISTEMA DE CABLE TELEFERICO			
		Valor	Unidad
<i>Diametro cable</i>	Ø cable	0,50	0,50 Pulgadas
<i>Peso por unidad de longitud del cable</i>	gt	0,65	0,65 Kg/m
<i>Carga de ruptura del cable</i>	C-ruptura	9343,95	9343,95 Kg
<i>Peso total (carga y peso vagon)</i>	p	293,63	500,00 Kg
<i>Longitud de la cuerda entre apoyos</i>	l	83,40	83,40 m
<i>Pendiente de la cuerda entre apoyos</i>	α	45,00	45,00 Grados
<i>Longitud horizontal entre apoyos</i>	L	59,00	59,00 m
<i>Flecha en maxima</i>	Fmax	2,36	2,36 m
<i>Tension horizontal del cable</i>	H	2003,36	3293,18 Kg
<i>Orientacion de la tension en el extremo-INFERIOR</i>	γ	0,70	0,70 Radianes
<i>Orientacion de la tension en el extremo-SUPERIOR</i>	β	0,86	0,86 Radianes
<i>Tension en el extremo-INFERIOR</i>	Ta	2621,43	4305,92 Kg
<i>Tension en el extremo-SUPERIOR</i>	Tb	3062,25	5037,66 Kg
<i>Factor de seguridad</i>	Fs	3,05	1,85 adimensional

FACTORES DE SEGURIDAD RECOMENDADOS	
Sector	Construcción
Cables fijos. Cables de puentes colgantes	3-4
Cables carriles para teleféricos	3.5-5
Cables tractores para teleféricos	5-7
Cables de labor, elevación y grúas	5-9
Cables para instalaciones importantes	8-12
Cables para transporte de personal	8-12
Cables para planos inclinados	5-8
Cables para pozos de extracción	8-12
Cables para ascensor	8-17
Cables para cabrestantes y trenajes	4-8

Modelo de cálculo en Excel

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Análisis diversos tipos de cables

CABLE Ø 1/2 " 6X7 AA							
	Fmax m	gt Kg /m	H Kg	P	Ptotal	Prup Kg	Fs
P1=200kg	2,36	0,645	1999,43	293	2292,43	11100	4,84
P2=300Kg	2,36	0,645	2624,43	393	3017,43	11100	3,68
P3=400kg	2,36	0,645	3249,43	493	3742,43	11100	2,97
P4=500 Kg	2,36	0,645	3874,43	593	4467,43	11100	2,48
P5=600Kg	2,36	0,645	4499,43	693	5192,43	11100	2,14

CABLE Ø 9/16 " 6X7 AA							
	Fmax m	gt Kg /m	H Kg	P	Ptotal	Prup Kg	Fs
P1=200kg	2,36	0,817	2044,28	293	2337,28	14000	5,99
P2=300Kg	2,36	0,817	2669,28	393	3062,28	14000	4,57
P3=400kg	2,36	0,817	3294,28	493	3787,28	14000	3,70
P4=500 Kg	2,36	0,817	3919,28	593	4512,28	14000	3,10
P5=600Kg	2,36	0,817	4544,28	693	5237,28	14000	2,67

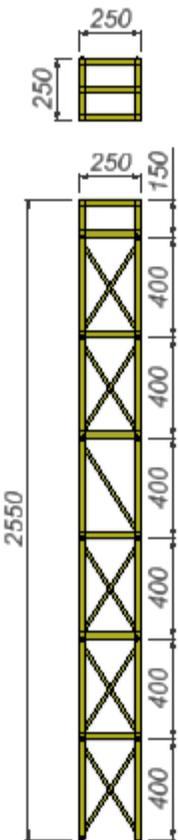
CABLE Ø 9/16 " 6X7 AA							
	Fmax m	gt Kg /m	H Kg	P	Ptotal	Prup Kg	Fs
P1=200kg	2,36	1,008	2094,08	293	2387,08	17100	7,16
P2=300Kg	2,36	1,008	2719,08	393	3112,08	17100	5,49
P3=400kg	2,36	1,008	3344,08	493	3837,08	17100	4,46
P4=500 Kg	2,36	1,008	3969,08	593	4562,08	17100	3,75
P5=600Kg	2,36	1,008	4594,08	693	5287,08	17100	3,23

Fuente: Emcocables

7.2. CALCULO ESTRUCTURA

Se realiza un dimensionamiento inicial en base a las dimensiones tomadas en campo a fin de generar la estructura en un modelo CAD para su posterior análisis por medio del software Inventor en el entorno de cálculo estructural.

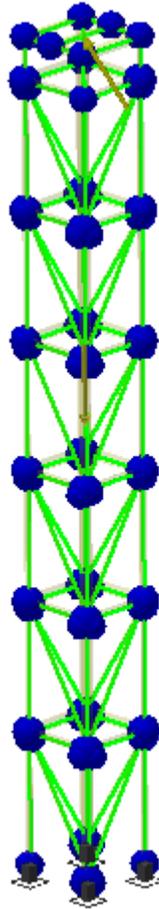
Figura 18. Dimensión actual estructuras Ay B



Dimensión actual estructuras Ay B

Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Referencias de nodos estructuras Ay B

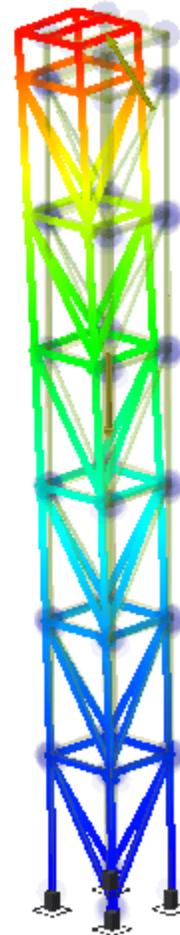
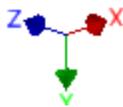
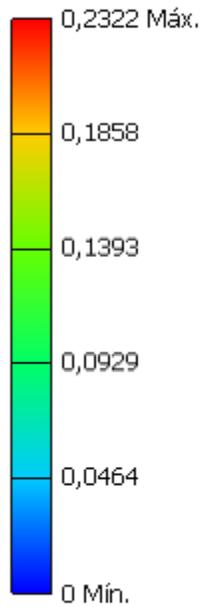


Referencias de nodos estructuras Ay B

Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Resultados de la muestra

Tipo: Desplazamiento
Unidades: mm
4/01/2016, 3:31:25 p. m.



Fuente: Elaboración propia

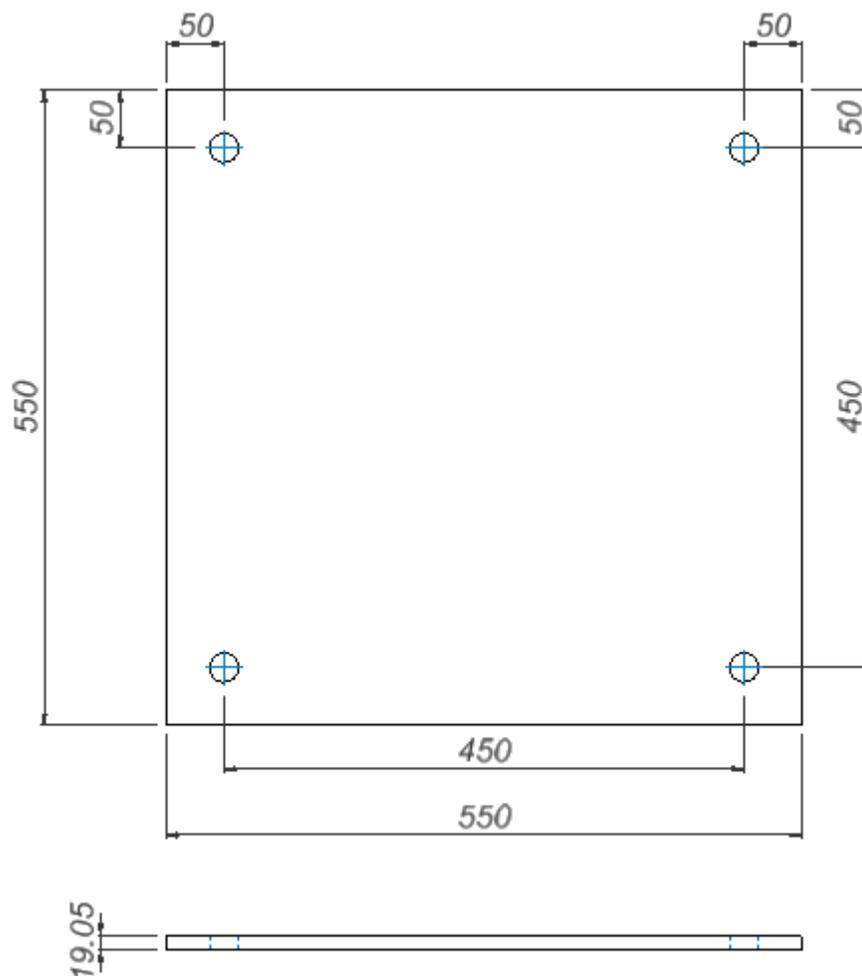
Los resultados muestran que la estructura está en condiciones más que óptimas para resistir la carga de trabajo, las componentes estructurales con la cual está fabricada están sobredimensionadas para el tipo de carga, la deformación máxima que se presenta es de 0.2 mm.

7.3. CALCULO DE PLACA DE ASENTAMIENTO DE COLUMNAS

7.3.1. Análisis estático

En base a las dimensiones actuales se realiza el modelo CAD de la placa, a fin de determinar por medio de un análisis de elementos finitos la distribución de los esfuerzos debido a las cargas predominantes a continuación se muestra el estado de carga de la placa

Figura 21. Dimensiones actuales placas soporte de columnas



Dimensiones actuales placas soporte de columnas

Fuente: Elaboración propia

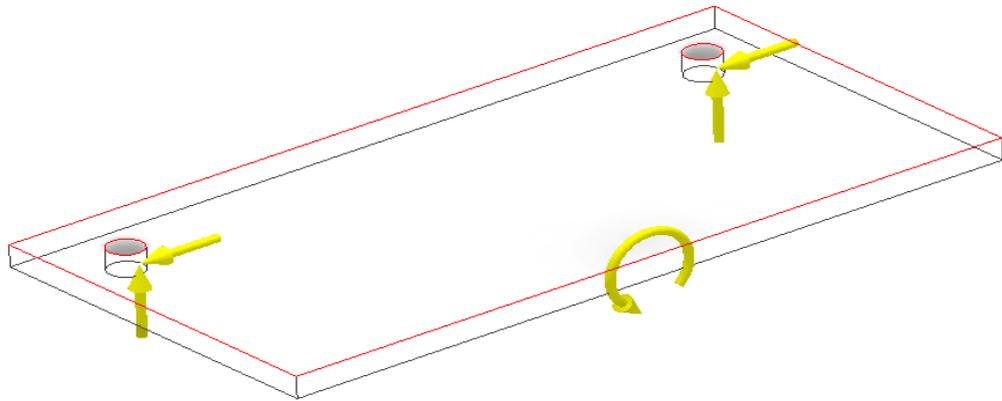
Debido a la simetría de la placa de análisis en el plano medio a fin de simplificar el análisis.

$$M_A = 43954875 \text{ N mm}$$

$$F_Y = 4098,06 \text{ N}$$

$$F_X = 4883,87 \text{ N}$$

Figura 22. Estado de carga placa de sujeción

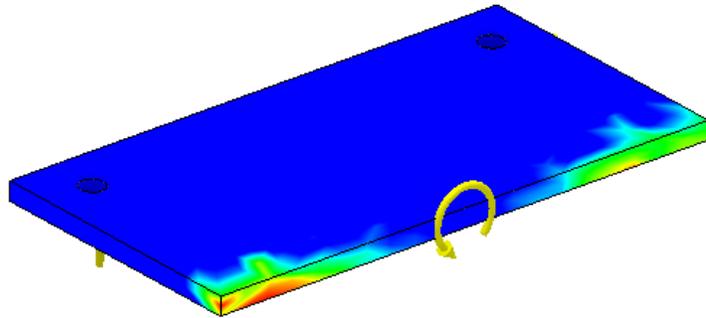
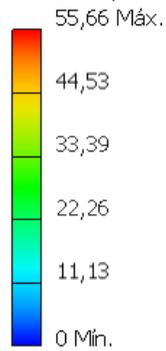


Estado de carga placa de sujeción

Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Resultados distribución esfuerzo Von Mises

Tipo: Tensión de Von Mises
Unidad: MPa
4/01/2016, 9:19:41 p. m.

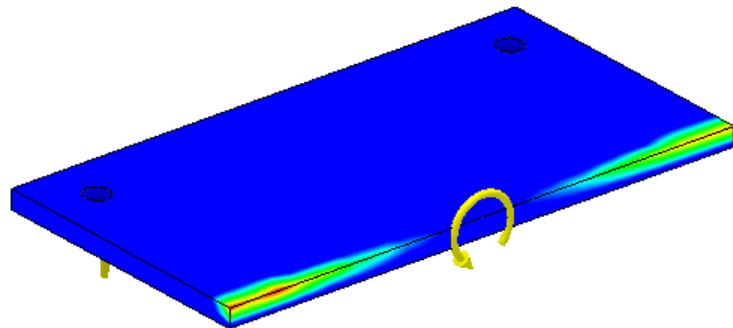
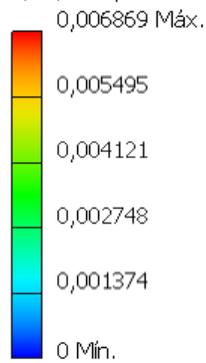


Resultados distribución esfuerzo Von Mises

Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Resultados desplazamiento

Tipo: Desplazamiento
Unidad: mm
4/01/2016, 9:23:05 p. m.

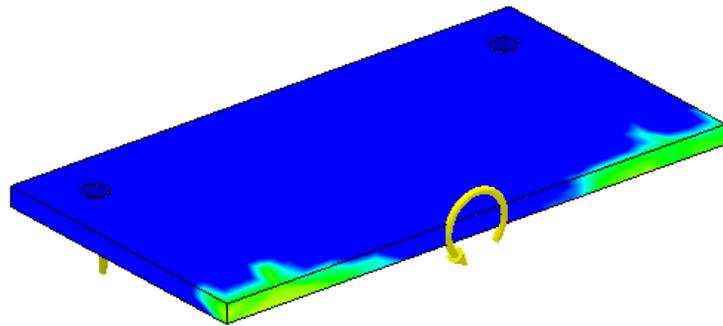
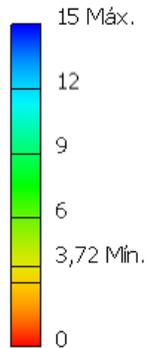


Resultados desplazamiento

Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Resultados coeficiente de seguridad

Tipo: Coeficiente de seguridad
Unidad: ul
4/01/2016, 9:23:59 p. m.



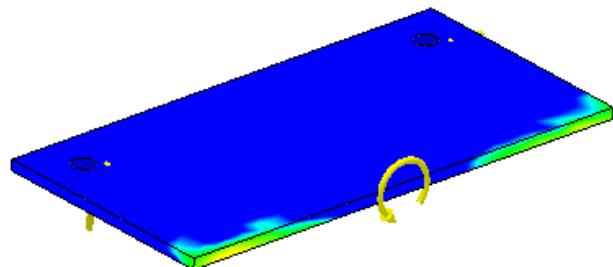
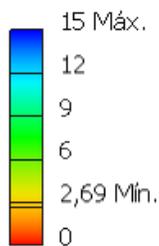
Resultados coeficiente de seguridad

Fuente: Elaboración propia

Se analiza el caso para un espesor de lámina de $\frac{1}{2}$ " con lo cual se obtienen los siguientes resultados

Figura 26. Análisis con lámina de espesor de $\frac{1}{2}$ "

Tipo: Coeficiente de seguridad
Unidad: ul
4/01/2016, 9:26:13 p. m.



Tipo: Tensión de Von Mises

Unidad: MPa

4/01/2016, 9:27:47 p. m.

76,99 Máx.

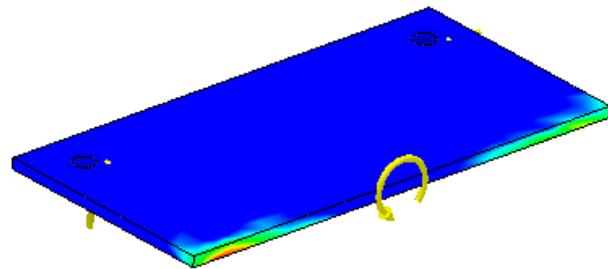
61,59

46,19

30,8

15,4

0 Mín.



Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente los resultados muestran que es posible implementar una placa de 1/2" sin que afecte el comportamiento de esta desde su parte funcional como parte estructural, el factor de seguridad mínimo encontrado es de 2,69 el cual es un valor óptimo para dicha aplicación.

7.4. Equipo de trabajo

<p>Capacidad del vagon</p>	<p>Verificacion del peso y la capacidad para transportar 200 y 500 kg .</p>	
<p>Capacidad del sistema de acople vagon-cable carril</p>	<p>Verificacion del peso y la capacidad para transportar 200 kg y 500 kg , analisis en gancho de sujecion, polea y perno .</p>	
<p>Capacidad del cable carril</p>	<p>Verificacion de la capacidad para transportar 200 kg y 500 kg.</p>	
<p>Capacidad de las torres</p>	<p>Verificacion de la capacidad para transportar 200 kg y 500 kg.</p>	
<p>Capacidad de los anclajes cable-tierra</p>	<p>Verificacion de la capacidad para transportar 200 kg y 500 kg.</p>	<p>colocar foto del anclaje que nola encuentro</p>
<p>Capacidad del cable de arrastre</p>	<p>Verificacion de la capacidad para transportar 200 kg y 500 kg a velocidad de 0,5 m/s</p>	
<p>Capacidad del motoreductor</p>	<p>Verificacion de la capacidad para transportar 200 kg y 500 kg a velocidad de 0,5 m/s</p>	

Fuente Elaboración propia

7.5. Peso vagón

Tabla 1. Datos del vagón

Datos del Vagon			
Ancho	690		mm
Largo	1450		mm
Alto	500		mm
espesor alfajor [mm]	2,5		4
Peso alfajor [kg/m ²]	20,68		33,08
Area total 4 tapas laterales	2,14		m ²
Perimetro aristas angulo 1x1 0,8	12,144		m
longitud varilla Ø 1/2" soportes C	6,1		m
Peso vagon	94		kg
Carga	200	500	kg
Peso total	294	594	kg
	2880	5823	N
No apoyos a cable carril	2		unidades
lim elastico alfajor	250		MPa
Area tapa fondo	1,0005		m ²
	0,00276		m ²
carga maxima			MN
			N
			Kg

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Vagón del cable aéreo



Fuente: Elaboración propia

7.6. CALCULO SOPORTE

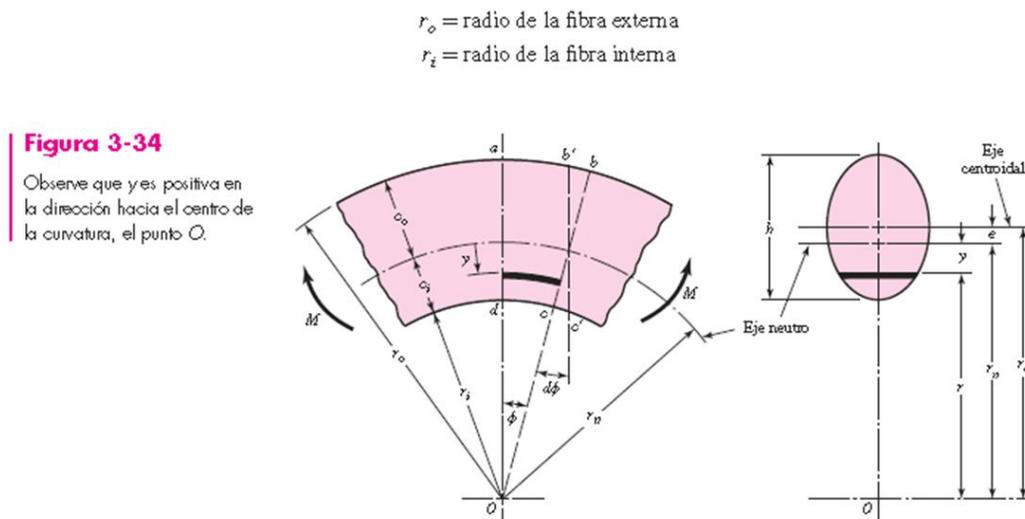
7.6.1. Vigas curvas en flexión

La distribución del esfuerzo en un elemento curvo en flexión se determina usando los siguientes supuestos:

- La sección transversal tiene un eje de simetría en un plano a lo largo de la longitud de la viga.
- Las secciones transversales planas permanecen planas después de la flexión.
- El módulo de elasticidad es igual en tensión que en compresión.

Se determinara que el eje que el eje neutro y el eje centroidal de una viga curva, a diferencia de una viga recta, no coinciden; también se observa que el esfuerzo no varía en forma lineal desde el eje neutro. La notación que se indica en la figura 3-34 se define como sigue:

Figura 28. Diferencia de curva en viga curva y recta



Fuente, Diseño en ingeniería mecánica Shigley. 8ª edición.

h = altura de la sección

C_0 = Distancia desde el eje neutro hasta la fibra exterior

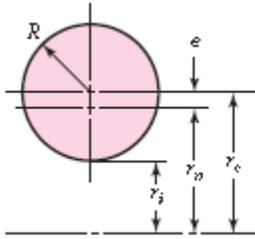
C_i = distancia desde el eje neutro hasta la fibra interior

r_n = radio del eje neutro

r_c = radio del eje centroidal

e = distancia desde el eje centroidal hasta el eje neutro

M = momento flexionante; un M positivo disminuye la curvatura



$$r_o = r_i + R$$

$$r_n = \frac{R^2}{2(r_c - \sqrt{r_c^2 - R^2})}$$

Fuente, diseño en ingeniería mecánica Shigley. 8ª edición.

Tabla 2. Calculo soporte

	200 Kg	500 Kg	Unidad
Datos			
Ø	0,5		Pulgadas
A	0,00013		m ²
F	1440	2912	N
ri	0,50		Pulgadas
	0,01		m
ro	1,25		Pulgadas
	0,03		m
R	0,25		Pulgadas
	0,01		m
rc	0,75		Pulgadas
	0,02		m
rn	0,73		Pulgadas
	0,02		m
excentricidad-e	0,02		Pulgadas
	0,00054		m
M= F*rc	27	55	N m
Limite de fluencia-	Minimo	236	MPa
	Maximo	538	MPa
σ (ri)	193113370,94	390417279,59	Pa
	193	390	MPa
σ (ro)	-154490696,75	-312333823,67	Pa
	-154	-312	MPa
σ-maximo	193	390	MPa
Factor de seguridad-FS			
FS Minimo	1,2	0,6	Adimensional
FS Maximo	2,8	1,4	Adimensional
RESULTADO	OK	OK	

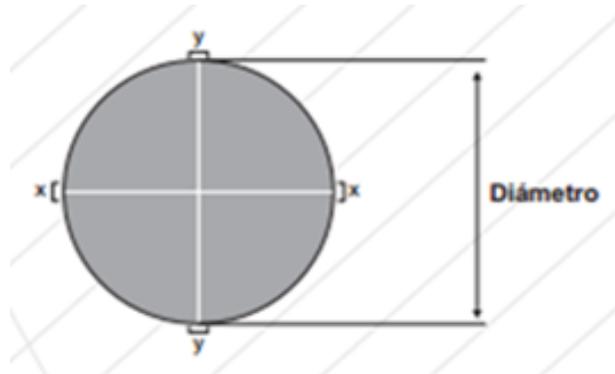
Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Detalles de la polea y cable carril



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Especificaciones del cable carril



Fuente, diseño en ingeniería mecánica Shigley. 8ª edición.

REDONDOS LISOS

Propiedades mecánicas

Limite de fluencia: Minimo 236 MPA 34.100 P.S.I. Maximo 538 MPA 78.100 P.S.I	Resistencia a la tracción Minimo 362 M.P.A. 53.000 G36 P.S.I Alargamiento minimo 18% (Distancia entre marcas 200 mm.)
--	--

Tabla 3. Dimensiones nominales

PULGADAS No.		mm.	AREA SECCION mm. 2	PERIMETRO mm.	MASA Kg/m.	FORMA SUMINISTRO
2	1/4	6.35	32.00	19.90	0.25	Rollos
3	3/8	9.52	71.20	29.90	0.56	Rollos
		10.50	86.60	33.00	0.68	Barras
		12.00	113.10	37.00	0.89	Barras
4	1/2	12.70	126.70	39.90	1.00	Barras

Fuente, diseño en ingeniería mecánica Shigley. 8ª edición.

7.7. CALCULO CABLE CARRIL

Tabla 4. Calculo cable carril

		Valor		Unidad
	Ø cable	0,50	0,50	Pulgadas
Peso por unidad de longitud del cable	gt	0,65	0,65	Kg/m
Carga de ruptura del cable	C-ruptura	9706,83	9706,83	Kg
Peso total (carga y peso vagon)	p	293,63	593,63	Kg
Longitud de la cuerda entre apoyos	l	83,40	83,40	m
Pendiente de la cuerda entre apoyos	α	45,00	45,00	Grados
Longitud horizontal entre apoyos	L	59,00	59,00	m
Flecha en maxima	Fmax	2,36	2,36	m
Tension horizontal del cable	H	2003,36	3878,36	Kg
Orientacion de la tension en el extremo-INFERIOR	γ	0,70	0,70	Radianes
Orientacion de la tension en el extremo-SUPERIOR	β	0,86	0,86	Radianes
Tension en el extremo-INFERIOR	Ta	2621,43	5070,15	Kg
Tension en el extremo-SUPERIOR	Tb	3062,25	5933,87	Kg
Factor de seguridad	Fs	3,17	1,64	adimensional
NO SE SATISFACE EL FACTOR DE SEGURIDAD RECOMENDADO POR EL FABRICANTE DEL CABLE PARA ESTE TIPO DE APLICACIÓN				

Fuente, elaboración propia

Figura 31. Factores de seguridad

FACTOR DE SEGURIDAD

Es la relación que resulta de dividir la carga máxima (asumida como carga de rotura) de un cable entre la carga establecida de trabajo.

FACTORES DE SEGURIDAD RECOMENDADOS	
Sector	Construcción
Cables fijos. Cables de puentes colgantes	3-4
Cables carriles para teleféricos	3.5-5
Cables tractores para teleféricos	5-7
Cables de labor, elevación y grúas	5-9
Cables para instalaciones importantes	8-12
Cables para transporte de personal	8-12
Cables para planos inclinados	5-8
Cables para pozos de extracción	8-12
Cables para ascensor	8-17
Cables para cabrestantes y trenajes	4-8

Fuente: Emcocables

7.8. CACULO PASADOR POLEA – VAGÓN

Tabla 5. Calculo perno – eje de la polea

Calculo del perno-eje de la polea			
	200 Kg	500 Kg	
			Unidades
Ø	0,63		Pulgadas
A	0,00020		m ²
σ-fluencia	92,00		kpsi
	634,32		MPa
σ-cortante	7,28	14,71	MPa ec 3,23 shigley
Factor de Seguridad-FS	87	43	Adimensional

Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Detalle de pasador y perno



Fuente: Elaboración propia

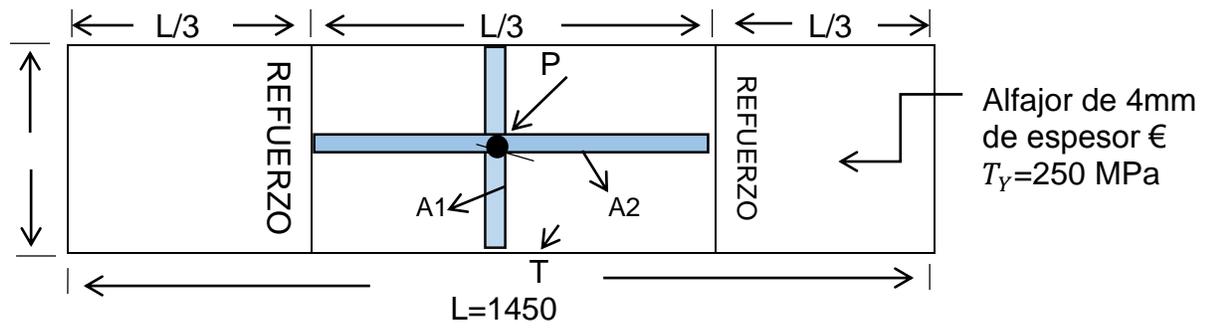
Tabla 6. Especificaciones para pernos de acero

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, de inclusive, pulg.	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{8}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	57 36	Acero de bajo o medio carbono	
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Fuente, diseño en ingeniería mecánica Shigley. 8ª edición

7.9. ESTUDIOS DE CAMPO

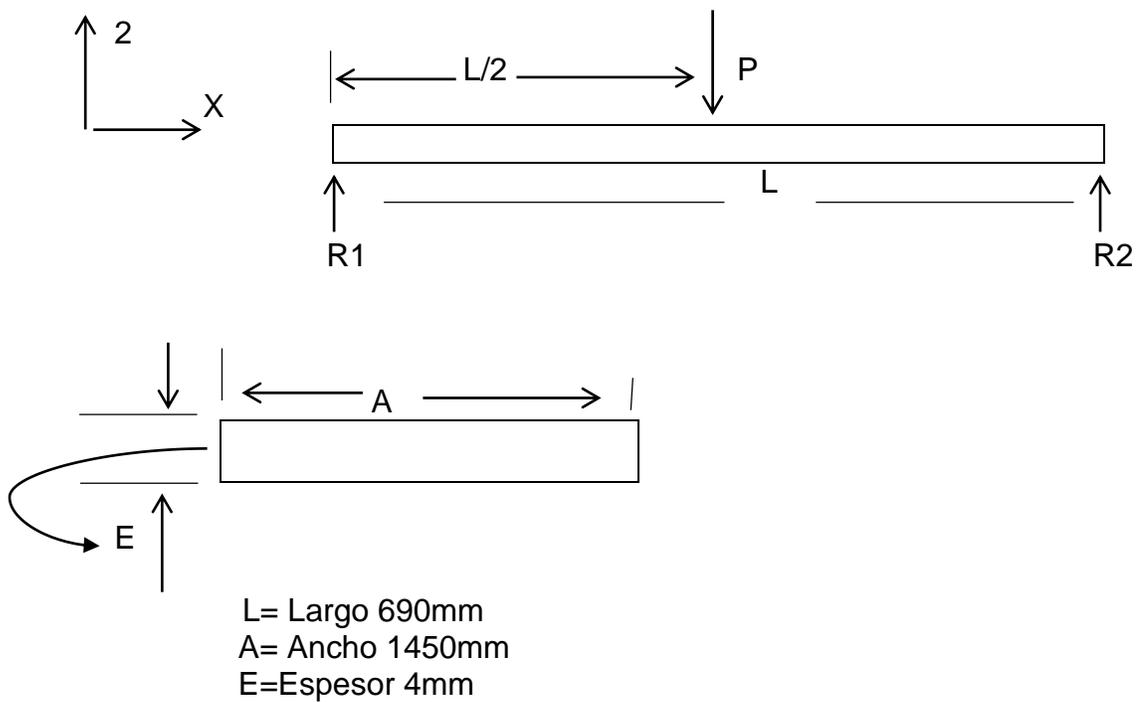
Figura 33. Esquema de análisis estructural para el fondo del vagón



Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo máximo se presentó en el área transversal A2

Figura 34. Cálculo de la resistencia de la placa del fondo del vagón



$$+\uparrow \sum \vec{F}_Y = 0 \quad R_1 + R_2 - P = 0 \quad 1$$

$$\sum M_1 = 0 = -P \frac{L}{2} + R_2 L = 0 \quad 2$$

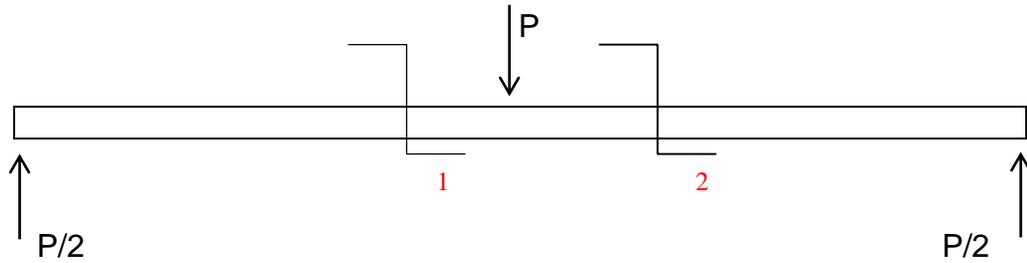
$$\text{De } 2 \quad R_2 = \frac{P \cancel{L}}{\cancel{L} \frac{L}{2}} \rightarrow R_2 = \frac{P}{2} \quad 3$$

3 En 1

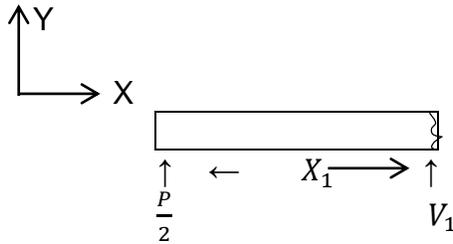
$$R_1 + \frac{P}{2} - P = 0 \rightarrow R_1 = \frac{P}{2} = R_2 \quad 4$$

Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Para determinar el momento flector máximo se realizara 2 cortes antes y después del punto de aplicación de la carga:



Corte 1 $M_1 \rightarrow 0 \leq X \leq \frac{L}{2}$



$$\vec{+\sum \vec{F}_X} = 0 \rightarrow N_1 = 0$$

$$+\uparrow \sum \vec{F}_Y = 0 \rightarrow \frac{P}{2} - V_1 = 0 \rightarrow \boxed{V_1 = \frac{P}{2}}$$

$$\curvearrowright \sum \vec{M}_1 = 0 \quad M_1 - \frac{P}{2} X_1 = 0$$

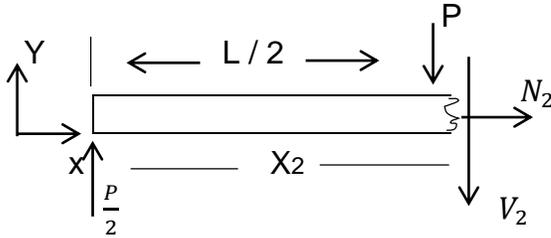
$$\text{Si } X_1 = 0 \rightarrow M_1 = 0$$

$$\text{Si } X_1 = \frac{L}{2} \rightarrow \boxed{M_1 = \frac{PL}{4}}$$

Fuente. Elaboración propia

Corte 2

$$M_2 \quad \boxed{\frac{L}{2} \leq X_2 \leq L}$$



$$\uparrow \sum F_Y = 0: \quad \frac{p}{2} - P - v_2 = 0 \quad \longrightarrow \quad \boxed{v_2 = -\frac{p}{2}}$$

$$\rightarrow \sum F_X = 0 \quad \boxed{N_2 = 0}$$

$$\curvearrowright \sum M_2 = 0 \quad M_2 - \frac{P}{2} X_2 + P \left(X_2 - \frac{L}{2} \right) = 0$$

$$M_2 - \frac{P}{2} X_2 + P X_2 - \frac{P}{2} L = 0$$

$$M_2 + \frac{P}{2} X_2 - \frac{P}{2} L = 0$$

$$M_2 + \frac{P}{2} (X_2 - L) = 0$$

$$\boxed{M_2 = \frac{P}{2} (L - X_2)}$$

$$\text{Si } X_1 = \frac{L}{2} \rightarrow M_2 = \frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} \right) = \boxed{\frac{PL}{4}}$$

$$X_2 = L \rightarrow M_2 = 0$$

Fuente. Elaboración propia

Aplicando la ecuación

$$T \text{ Max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

Donde:

T Max = Esfuerzo normal máximo en la sección transversal más alejada del eje neutro

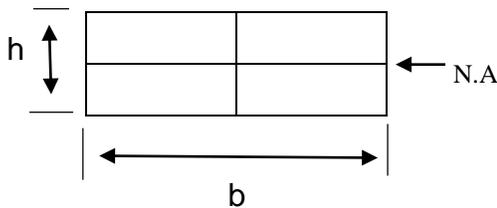
M = Momento interno resultante

I = Momento de inercia de sección transversal calculado respecto al eje neutro

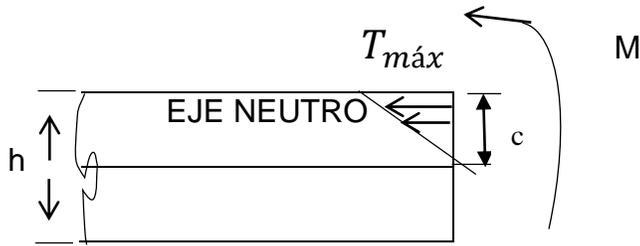
c = Distancia perpendicular desde el eje neutro y el punto más alejado de la sección

$$I = \frac{1}{12} b h^3$$

Donde b = Base
h = Altura
N. A = Neutral Axe



Fuente. Elaboración propia



Calculando se tiene que para:

$$T_{y \text{ alforja}} = 250 \text{ MPa}$$

$$L = 690 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1450}{3} = 483 \text{ mm}$$

$$h = 4 \text{ mm (espesor placa)}$$

$$p = 200 \text{ kg y } 500 \text{ kg}$$

$$c = \frac{e}{2} = 2 \text{ mm}$$

$$M = \frac{PL}{4} = \frac{200 \text{ kg} * (9.81 \text{ m/s}^2) * 0.69 \text{ m}}{500 \text{ kg} * 4}$$

$$M_{200 \text{ g}} = 338.5 \text{ Nm} \quad I = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} (0.48 \text{ m})(0.004 \text{ m})^3$$

$$M_{500 \text{ kg}} = 846.1 \text{ Nm} \quad I = 2.56 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$T_{max} = \frac{338.5 \text{ Nm} * 0.002 \text{ m}}{200 \text{ kg} * 2.56 \times 10^{-9} \text{ m}^4} = 264 \text{ MPA}$$

$$T_{max} = \frac{846.1 \text{ N.m} * 0.002 \text{ m}}{500 \text{ kg} * 250 \times 10^{-9} \text{ m}^4} = 661 \text{ MPA}$$

Fuente. Elaboración propia

Comparando los esfuerzos Normales máximos obtenidos para una carga de 200 kg o 500kg se obtienen los siguientes factores de seguridad ---- FS

$$FS = \frac{T_{\text{Permisible}}}{T_{\text{Calculada}}} = \frac{FSA_{200g} = 250 \text{ MPa}}{264 \text{ MPa}} = 0.94 < 1$$

$$FS.A500g = \frac{250 \text{ MPa}}{661 \text{ MPa}} = 0.37 < < 1$$

Fuente. Elaboración propia

CONCLUSIÓN:

Para la carga de 200g, se presentó un FS <1, sin embargo, el Tmax no supera el esfuerzo máximo de 365 MPa de material.

Para la carga de 500kg se presenta un F.S < < 1 y el esfuerzo bajo esta carga supera notablemente el esfuerzo máximo de 365 MPa.

7.10. POLEAS

Para la verificación de la capacidad de las poleas utilizadas para desplazar el vagón sobre el cable carril, se realiza un estudio por elementos finitos utilizando el software comercial ANSYS Workbench® V 16.2, el estudio se desarrolla mediante el módulo static structural con el fin de determinar el estados de esfuerzo equivalente máximo al cual se encuentran sometidas las poleas y sus respectivos factores de seguridad máximo y mínimo y sus respectivas ubicaciones. El estudio se realiza para una carga de 2880 N y 5824 N correspondientes al peso de la carga a transportar de 200 kg y 500 kg en el vagón respectivamente. El informe completo de cada estudio se puede ver en el anexo 1.

Tabla 7. Condiciones de cargas y apoyos para un peso de 200 kg.

Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads		
Object Name	<i>Cylindrical Support</i>	<i>Bearing Load</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	1 Face	
Definition		
Type	Cylindrical Support	Bearing Load
Radial	Fixed	
Axial	Fixed	
Tangential	Fixed	
Suppressed	No	
Define By		Components
Coordinate System		Global Coordinate System
X Component		0. N
Y Component		2880. N
Z Component		0. N

Fuente, elaboración propia

Los resultados obtenidos para el escenario en el cual la polea está sometida a una carga de 2880 N, se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de esfuerzo equivalente por Von Mises y factor de seguridad para la carga de 200 kg.

Von Mises	Minimum [Pa]	Maximum [Pa]
	296.64	2.8491e+007
Factor de seguridad	Minimum	Maximum
	4.9152	15.

Fuente, elaboración propia

Con esto se puede afirmar que las poleas tienen la capacidad para soportar la carga de 200 kg.

De forma similar se presentan los resultados para el caso de una carga de 500 kg. En la tabla 3 se presentan las condiciones de carga y apoyo.

Tabla 9. Condiciones de cargas y apoyos para un peso de 500 kg.

Model (C4) > Static Structural (C5) > Loads		
Object Name	<i>Cylindrical Support</i>	<i>Bearing Load</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	1 Face	
Definition		
Type	Cylindrical Support	Bearing Load
Radial	Fixed	
Axial	Fixed	
Tangential	Fixed	
Suppressed	No	
Define By		Components
Coordinate System		Global Coordinate System
X Component		0. N
Y Component		5824. N
Z Component		0. N

Fuente, elaboración propia

Los resultados obtenidos para el escenario en el cual la polea está sometida a una carga de 5824 N, se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados de esfuerzo equivalente por Von Mises y factor de seguridad para la carga de 400 kg.

Von Mises	Minimum [Pa]	Maximum [Pa]
	599.86	5.7616e+007
Factor de seguridad	Minimum	Maximum
	2.4306	15.

Fuente, elaboración propia

Observando los factores de seguridad obtenidos, no se recomienda someter el sistema a una carga de 500 kg.

Ver modelado de las poleas en el anexo.

8. CONCLUSIONES

El Sistema Integral de Producción Sostenible - SIPS que en la actualidad viene desarrollando la finca Campo Alegre, pretende que los pobladores que la integran sean autosuficientes y que también generen nuevos productos, es decir, propende por que exista una dinámica integral entre los integrantes del Sistema.

Justo allí aparece un cuello de botella, debido a que los productos de la poscosecha sufren deterioros por magulladuras y pérdidas durante la etapa del transporte.

El transporte de carga es una actividad fundamental para el éxito del SIPS, dado que en la región se producen productos perecederos y, por tanto el tiempo es una variable fundamental para la preservación de los mismos.

Como estrategia para recudir estos efectos se encontró necesario rediseñar o repotenciar el cable de tal forma que éste pudiese aumentar la capacidad de carga pero también minimizar los tiempos de desplazamiento, dicha propuesta debía ser viable técnica y financieramente. El transporte de los productos a movilizar a través de la garrucha debía realizarse de forma segura, eficiente y a bajo costo.

De acuerdo a la evaluación y estudio de todos los componentes de cable aéreo, se determinó que se requiere cambiar el vagón, ya que este tiene un peso excesivo y no permite transportar entre 200 y 350 kilos por viaje.

Adicional a lo anterior, la garrucha puede ofertar su servicio a todo el gremio de paneleros, pues ellos también transportan la carga de su producción en mulas, con las consecuencias ya descritas anteriormente.

Uno de los inconvenientes presentados se relaciona es que en la zona no ha se implementado este sistema de cable aéreo, por tal razón no existen técnicos o mecánicos que conozcan de este sistema y de la forma de repararlo o realizar algún tipo mantenimiento, por tal razón se tubo de abocar a otras regiones para obtener información tecnológica en la materia.

9. RECOMENDACIONES

El Oriente Antioqueño y en especial la subregión de embalses presenta un topografía de grandes pendientes la cual la hacen inaccesible para el transporte vehicular de carga (escaleras o camiones) debido a ello el transporte mular es la alternativa. Como se expresó anteriormente, es un sistema de carga muy costoso, que transporta muy poca la carga y además deteriora en gran medida los productos transportados y en especial lo perecederos.

Es aquí donde se presentó una alternativa viable, con el concurso de la Institución Universitaria Pascual Bravo a través de sus profesionales y estudiantes practicantes; de las agremiaciones, de las entidades oficiales y de las juntas de acción comunal se pudo desarrollar este proyecto, el cual traerá beneficios para los productores como los paneleros, piscicultores, entre otros.

Se hace fundamental que en el área de mecánica industrial de la institución universitaria Pascual Bravo se investigue más sobre el tema de los sistemas de transporte por cable aéreo, para efectuar estudios de viabilidad técnica y económica. Existen otras regiones del departamento que requieren implementar estas soluciones para transportar personas, enfermos y cargas, que muy seguramente podrán servir para mejorar la calidad de vida para estos pobladores.

BIBLIOGRAFÍA

Bravo Betancur, J. (2014). Pascual Bravo Ciudadano y Mártir. Medellín: Fondo Editorial Pascual Bravo.

Establecimiento y operación de un modelo de granja integral como alternativa de producción agroecológica. 2010. Recuperado de (<https://www.monografias.com>).

Emcocables.2010. Documento en línea recuperado el día 16 de enero de 2016, en: <http://www.emcocables.com/>

Dirección Agropecuaria y Ambiental San Carlos. 2002. Sistemas Integrales de Producción Sostenible SIPS.

Fundiciones Toro Ramírez S.A.S. 2015. Documento en línea recuperado el día 8 de enero de 2016 en: <http://www.garruchastoro.com/>.

Martínez Roger. 2004. Fundamentos de la Agroecología. Documento en línea recuperado el día 8 de enero de 2016 en: <http://www.agroecologiautn.blogspot.com/p/agroecologia-fundamentos>

Mejía Vargas. Andrés Felipe. 2011. Diseño y Construcción de un Sistema de Carga por Medio de Cables para Topografía de Gran Pendiente. Documento en línea recuperado el día 12 de enero de 2016, en: <https://www.epository.eafit.edu.co//AndresFelipeMejiaVargas2011.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, 2004. Transporte rural de productos alimenticios en América Latina y el Caribe. Documento en línea recuperado el día 16 de enero de 2016, en: <http://www.fao.org/ag/ags/ags-division/publicaciones/publicacion/es/c/49192/>

Transporte de carga por cable aéreo.2016. Documento en línea recuperado el día 8 de enero de 2016, en: <http://www.dawhois.com/site/femecol.com.html>

Sistema de Malacate y Vagón para Transporte de Café en Cereza en Condiciones de Alta Pendiente.2012. Documento en línea recuperado el día 8 de enero de 2016, en: www.cenicafe.org/es/documents/8.pdf

Richard G. Budynas , Keith Nisbett. 2008 Diseño en Ingeniería Mecánica. Edición 8. De Shigley Joseph Edward. Documento en línea recuperado el día 10 enero de 2016 en: <http://es.slideshare.net/luisorellano125/shigley-8va-ed-diseo-en-ingenieria-mecanica>