

**Universidad del Bío-Bío**  
Facultad de ingeniería  
Departamento de ingeniería mecánica



## PRE-PROYECTO SISTEMA TELEFERICO PARA FINES TURISTICOS

Informe de Habilitación Profesional presentado en conformidad a  
los requisitos para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico

Profesor Guía:

**SR AMIGO, OSVALDO**

**GUSTAVO ALBERTO SÁNCHEZ GONZÁLEZ**

**CONCEPCION-CHILE**

**2016**

## **Resumen.**

El presente estudio ha permitido determinar las principales características para implementar un teleférico de uso turístico en la ciudad de Concepción, Chile, específicamente en la comuna de Hualpén donde el río Bío-Bío desemboca en el océano Pacífico.

El estudio de este tipo de transporte permite diferenciar y escoger la mejor alternativa para implementar en la zona, además de definir una ruta para el trazado de la línea del trayecto, sistemas de fijación, sistema motor, etc. Tomando como referencia teleféricos del mundo donde este tipo de transporte aéreo lleva años en funcionamiento.

Se calculó la capacidad de transporte y cantidad de cabinas que circularán en el teleférico, considerando capacidades de cabinas para 6 personas, ya que éstas logran una mejor relación entre costo, facilidad de operación y ajuste a las variaciones de la demanda.

Se realizó la selección del cable portante-tractor considerando el caso más desfavorable de funcionamiento, utilizando ecuaciones para definir la forma que adoptará el cable y ecuaciones de equilibrio estático se obtuvo la mayor tensión que soportara el cable y se corroboró que soportará las cargas máximas que generará el sistema.

Finalmente se presentan las características de operación del teleférico y consideraciones para la correcta elección del sistema motor, con estos antecedentes se consultó catálogos de especialistas en motores, en este caso Siemens motors. y se seleccionó el equipo motriz que cumple las condiciones de operación para el teleférico diseñado y la tensión que debe poseer el sistema de tensor de la polea motora.

## Índice de contenido

CAPITULO 1: INTRODUCCION.....	1
1.1.-Introducción: .....	1
1.2.-Objetivos.....	2
1.2.1.-Objetivo general.....	2
1.2.2.-Objetivos específicos.....	2
CAPITULO 2 TIPOS DE TELEFERICO.....	3
2.1.- ¿Que son los teleféricos? .....	3
2.2.-Los teleféricos se pueden clasificar según.....	3
2.2.1.-Cantidad de cables que emplean.....	3
A.- Teleférico Bicable y tricable: .....	3
B.- Teleférico Monocables:.....	4
2.2.2.- Tipo y sentido de movimiento.....	5
A.- Movimiento de vaivén: .....	5
B.- Movimiento circulante: .....	5
CAPITULO 3 DISEÑO DEL PRE-PROYECTO .....	6
3.1.-Diseño del recorrido.....	6
3.1.1.- Determinación del trazado del teleférico.....	6
A.- Perfil del trazado.....	6
B.- Ubicación estratégica de las estaciones.....	6
C.- Vista periférica.....	7
D.- Longitud del recorrido del teleférico.....	7
3.1.2.- Presentación de rutas tentativas.....	7
3.1.3.-Elección de la mejor propuesta: .....	8
3.1.4.-Topografía del lugar.....	10
3.2.- Estaciones terminales.....	10

3.3.-Torres de soporte.....	14
3.4.- Cabinas.....	16
3.4.1.-Características de operación .....	17
A.-Calculo para obtener la cantidad de cabinas del sistema. ....	17
B.-Calculo para determinar la distancia mínima entre cabinas. ....	19
3.5.-Sistema de acople de cabinas a cable tractor: .....	20
3.6.- Selección del cable transportador. ....	22
3.6.1.-fabricacion de cables para teleférico.....	23
3.6.2.- Calculo para primera selección del cable portante-tractor.....	26
3.6.3.-Modelación del cable portante-tractor. ....	30
3.6.3.1.-Catenaria con apoyos a distintas alturas .....	31
3.6.3.2.-Catenaria con apoyo a la misma altura. ....	32
3.6.4.-Calculo de tensión estática para el sistema con cabinas cargadas. ....	36
3.6.5.-Tensión dinámica. ....	43
3.6.6.-Tensión de flexión.....	44
3.7.- Calculo de tensión del contrapeso de la polea tensora.....	44
3.7.1.-Consideraciones para la Selección del equipo motriz.....	45
3.7.2.-Condiciones generales de servicio del motor.....	45
CAPITULO 4: CONCLUSIONES.....	49
CAPITULO 5: BIBLIOGRAFIA.....	51
CAPITULO 6 ANEXOS.....	52
Anexo 1: Catalogo Prodinsa cable trenza tipo Seale, modelo cobra.....	52
Anexo 2: Perfil de la línea del teleférico.....	53

## Índice de imágenes

Figura n° 01: “Teleférico tricable” .....	3
Figura n° 02: “Teleférico Monocable” .....	4
Figura n° 03: “Teleférico de vaivén” .....	5
Figura n° 04: “Teleférico de movimiento circulante” .....	5
Figura n° 05: “Posibles rutas teleférico” .....	8
Figura n° 06: “Ubicación de estaciones” .....	9
Figura n° 07: “Distancia en línea recta entre las dos estaciones” .....	9
Figura n° 08: “Perfil longitudinal entre estaciones” .....	10
Figura n° 09: “Estacion motriz-tensora” .....	12
Figura n° 10: “Sección transversal estación motriz-tensora” .....	12
Figura n° 11: “Modelo de una torre de teleférico” .....	15
Figura n° 12: “Mordaza cabina cerrada” .....	20
Figura n° 13: “Mordaza cabina abierta” .....	21
Figura n° 14: “Vista superior y corte mordaza” .....	21
Figura n° 15: “Composición cable de acero trenzado” .....	23
Figura n° 16: “Trenza de tipo estándar” .....	24
Figura n° 17: “Trenza de tipo Seale” .....	25
Figura n° 18: “Trenza de tipo Warrington” .....	25
Figura n° 19: “Trenza de tipo Filler Wire” .....	25
Figura n° 20: “Trenza de tipo Warrington-Seale” .....	26
Figura n° 21: Dibujo para cálculo de catenaria .....	31
Figura n° 22: “Dibujo para cálculo de catenarias con apoyos al mismo nivel” .....	32
Figura n° 23: “División sistema de teleférico para cálculos posteriores” .....	34
Figura n° 24: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo AB” .....	37
Figura n° 25: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo BC” .....	37

Figura n° 26: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo CD” . . . . .	38
Figura n° 27: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo DE” . . . . .	39
Figura n° 28: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo FG” . . . . .	39
Figura n° 29: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo GH” . . . . .	40
Figura n° 30: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo HI” . . . . .	41
Figura n° 31: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo IJ” . . . . .	41
Figura n° 32: “Esquema sistema tensor” . . . . .	44
Figura n° 33: “Imagen referencial de motoreductor Siemens” . . . . .	48

## **CAPITULO 1: INTRODUCCION.**

### **1.1.-Introducción:**

Los teleféricos han evolucionado a lo largo de los años, tanto en tecnología como en sus usos. En sus inicios se utilizaron mayormente para transporte de materiales y abastecer tropas en tiempos de guerra, luego de la primera guerra mundial estos teleféricos inician su transformación orientándolos como transporte económico para la práctica de los deportes de invierno. Hoy en día los teleféricos son utilizados como medio de transporte y atracciones turísticas de bajo impacto paisajístico permitiendo recorrer zonas de difícil acceso o en donde la construcción de caminos no se justifica.

Para este pre-proyecto se realizara una propuesta para la implementación de un teleférico de uso turístico, en la desembocadura del Rio Bío-Bío ubicada en la comuna de Hualpén, en la ciudad de Concepción. Se ha elegido este lugar por su gran atractivo paisajístico y con el fin de aumentar la cantidad de visitas a este lugar.

Para el desarrollo del pre-proyecto se trazarán las rutas tentativas para el recorrido del teleférico, utilizando programas informativos que muestran un globo virtual que permiten visualizar diferentes cartografías con base a fotografías satelitales y planos topográficos, se estudiaran los distintos tipos de teleféricos, sus ventajas y desventajas para el desarrollo de éste, en el recorrido seleccionado, el tipo, cantidad y capacidad de las cabinas que utilizará el teleférico escogiendo el flujo máximo de personas por hora que se estima transportar, se realizará la selección de la cantidad y tipo de cable, que debe soportar el sistema completo a carga máxima y aplicando un factor de seguridad que debe poseer este tipo de transporte.

Este pre-proyecto no incluye los análisis de suelo, ya que no se cuenta con los recursos necesarios para realizarlos, por lo que se presenta como una primera aproximación a un proyecto de mayor envergadura.

## **1.2.-Objetivos.**

### **1.2.1.-Objetivo general.**

- Realizar pre-proyecto para un recorrido por teleférico con fines turísticos en la desembocadura del río Bío-Bío ubicada en la comuna de Hualpén, Concepción.

### **1.2.2.-Objetivos específicos.**

- Seleccionar la mejor ruta para el teleférico, donde la intervención en la geografía del lugar sea mínima y se logre obtener una vista privilegiada del sector.
- Definir la capacidad de transporte del teleférico.
- Escoger el tipo de cable transportador que soporte las condiciones de carga máxima del sistema.
- Determinar los sistemas básicos para el funcionamiento del teleférico



## **CAPITULO 2 TIPOS DE TELEFERICO.**

### **2.1.- ¿Que son los teleféricos?**

La idea básica consiste en mover los vehículos transportadores por medio de uno o varios cables sostenidos por uno o más soportes a lo largo de su recorrido. Esta configuración permite despreocuparse relativamente de la configuración del terreno, que no es necesario contornear sino sobrevolar. Los teleféricos son una excelente alternativa de medio de transporte para llegar a lugares de difícil acceso, debido a una menor dependencia de la topografía del terreno que un camino por ejemplo, que sería de difícil trazado, con fuertes pendientes y elevados costos de ejecución y mantención.

### **2.2.-Los teleféricos se pueden clasificar según.**

#### **2.2.1.-Cantidad de cables que emplean.**

##### **A.- Teleférico Bicable y tricable:**

Estos teleféricos deben su nombre al número de cables que utiliza. Una instalación bicable (2S del alemán) se sostiene sobre un cable portador y un cable tractor. Una instalación tricable (3S) se sostiene sobre un cable tractor y dos cables portadores. Los teleféricos 3S pueden alcanzar una capacidad de transporte de más de 5.000 personas por hora a una velocidad de 7 m/s, y, por lo tanto, llevar una gran cantidad de pasajeros de forma satisfactoria. Este sistema es una alternativa muy atractiva para el transporte urbano, ya que ofrece un bajo consumo de energía, alta capacidad de transporte, altos estándares de seguridad de funcionamiento y la posibilidad de tener vanos extremadamente largos.



Figura n° 01: “Teleférico tricable”  
Fuente: Empresa Leitner ropeways.

**B.- Teleférico Monocables:**

Este tipo de teleféricos recibe su nombre por su sistema de transporte, este consta de un solo cable, llamado tractor y portante, cerrado en anillo, que se mueve en una de las estaciones terminales por una polea accionada por un motor eléctrico generalmente, y contrapesado en una de las estaciones terminales. Este cable, sostiene y da movimiento a los vehículos que están sujetos por mordazas, cuyo cierre puede ser permanente o parcial. En el caso que la unión sea permanente, limitado al transporte de personas, el movimiento del cable suele ser continuo, efectuándose la subida y bajada de los pasajeros con el vehículo en marcha. En el caso de unión temporal, los vehículos, por estar el cable en movimiento continuo, se acoplan y desacoplan de él en las estaciones por medio de mordazas de cierre o sistemas de enganche que funcionan automáticamente.

En el caso de sistemas de unión temporal (o desembragables), es necesaria una zona de llegada donde se realice la separación del cable transportador y la reducción de velocidad, así como una zona de aceleración en la que se vuelva a dar al vehículo la velocidad del cable y se realice y compruebe la unión.



Figura n° 02: “Teleférico Monocable”  
Fuente: Empresa Doppelmayr/Garaventa.

### 2.2.2.- Tipo y sentido de movimiento.

#### A.- Movimiento de vaivén:

Este tipo de instalaciones permite el movimiento del vehículo hacia delante y hacia atrás entre las estaciones en el mismo cable. La gran ventaja de este método es que el equipamiento de las estaciones y la suspensión del vehículo es menos compleja, por otra parte su desventaja es que la capacidad de transporte va disminuyendo mientras aumenta la longitud del recorrido y la necesidad que los vehículos deban detenerse en las estaciones. De este tipo puede existir una sola línea (to-and-fro) o dos vehículos en dos líneas paralelas (jig-bac) los que conlleva una capacidad de transporte limitada a pocos vehículos.

#### B.- Movimiento circulante:

Para estas instalaciones el movimiento es unidireccional, consta de un cable tractor cerrado en anillo que se mueve por acción de un motor ubicado en una de las estaciones terminales. Dentro de este tipo de movimiento podemos distinguir dos variaciones. La primera son instalaciones de movimiento continuo, en donde la circulación del cable tractor se realiza a velocidad constante, los vehículos pueden estar unidos permanentemente al cable o acoplarse y desacoplarse durante las operaciones. El segundo movimiento es intermitente, es decir la velocidad del cable tractor cambia intermitentemente por ejemplo al pasar por los soportes de las torres o si los vehículos se detienen en las estaciones.



Figura n° 03: "Teleférico de vaivén"  
Fuente: Empresa POMA.



Figura n° 04: "Teleférico de movimiento circulante"  
Fuente: Empresa Leitner.

## **CAPITULO 3 DISEÑO DEL PRE-PROYECTO.**

Los proyectos de instalaciones de transporte por cable son únicos, por lo que cada uno es un prototipo. Se puede decir que no existe una “producción en cadena” por este motivo, en cada diseño aparecen nuevos avances que en muchos casos se incorporan en trabajos posteriores.

### **3.1.-Diseño del recorrido.**

Se ha seleccionado la desembocadura del Rio Bío-Bío para realizar este pre-proyecto por la importancia que posee este rio, su atractivo paisajístico y para explotar y hacer más conocido este sector que a pesar de poseer un museo, parques, senderos y centros de flora nativa no es muy conocido ni concurrido lo que provoca que la mantención sea cada vez más difícil, ya que el 90% de sus ingresos son generados por el cobro de entrada. La finalidad de este diseño tiene como propósito aumentar la cantidad de visitantes al sector, así como también crear un sitio turístico para la zona, que se traducirá en un aumento de trabajo e ingresos.

#### **3.1.1.- Determinación del trazado del teleférico.**

Para una correcta determinación del trazado del teleférico se debe tener en cuenta la directa relación entre los aspectos técnicos y económicos de la inversión. Ya que una inadecuada evaluación repercute directamente con los costos de la inversión total y los beneficios del proyecto.

##### **A.- Perfil del trazado.**

El perfil del trazado debe presentar la menor cantidad de obstáculos y quiebres morfológicos posibles. La excesiva pendiente del terreno conlleva a aumentar en número y altura las torres de apoyo entre ambas estaciones

##### **B.- Ubicación estratégica de las estaciones.**

La estación inferior debe ubicarse en las cercanías de las rutas de acceso, donde la llegada sea expedita y sin inconvenientes tanto para los futuros visitantes como para maquinaria pesada que

realizara la instalación del sistema de teleférico ya que la implementación de caminos podría elevar el costo del proyecto. Además debe poseer espacios suficientes para talleres mecánicos, almacenaje de cabinas cuando estén fuera de servicio, estacionamientos, oficinas, etc. En el área para la estación superior debe tomarse en cuenta espacios para otras instalaciones a parte de las del teleférico, que permitan el desarrollo turístico en este punto, como son cafeterías, miradores, restaurant, etc.

### **C.- Vista periférica.**

La vista del entorno que debe ofrecer mientras se viaja en el teleférico debe ser privilegiada. Se debe ver perfectamente los atractivos que el sector posee como son el océano pacífico, la desembocadura del río Bío-Bío y los metros de playa que aquí existen. Esto se logra apreciar desde la estación superior, pero la idea es también lograrlo durante el ascenso a esta estación. Como uno de los objetivos de la implementación del teleférico es observar el atractivo paisajístico de este lugar, sus instalaciones no deben atravesarlos, sino que generar una panorámica limpia del lugar.

### **D.- Longitud del recorrido del teleférico.**

Considerando antecedentes previos que dicen que el costo del teleférico es directamente proporcional a la longitud total del recorrido de este, se puede confirmar que el trazado más corto será el más económico, combinándose por supuesto con los requerimientos del perfil antes mencionados.

#### **3.1.2.- Presentación de rutas tentativas.**

Para seleccionar las rutas tentativas para el sistema de teleférico en el sector, se seleccionará la ruta que produzca el menor impacto en la geografía del lugar.

Utilizando Google Earth, un programa informativo que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiples cartografías con base a fotografía satelital, se trazan rutas tentativas que pueda recorrer el teleférico, considerando la geografía del lugar.



Figura n° 05: “Posibles rutas teleférico”  
Fuente: Google Earth

- Ruta n° 1: Extremadamente larga, difícil acceso y dificultad para instalación de torres de soporte
- Ruta n°2: Dificultades para instalación de estaciones, atraviesa la playa y dificultad para instalación de torres de soporte.
- Ruta n°3: Ruta más corta, pero con espacios suficientes para las instalaciones.

### 3.1.3.-Elección de la mejor propuesta:

Luego de evaluar distintas alternativas para el trazado del teleférico, la elección de la ruta corresponde a la demarcada con una línea amarilla ya que posee espacios suficientes para la instalación de las estaciones, la estación inferior se encontrará cerca de la ruta de acceso y para la estación superior se cuenta con una gran superficie en donde se podrán desarrollar atractivos turísticos.

Posteriormente utilizando Google Earth se posicionan las dos estaciones del recorrido y utilizando una herramienta de este programa, se mide la distancia que existe entre ambas estaciones.



Figura n° 06: “Ubicación de estaciones”  
Fuente: Google Earth.

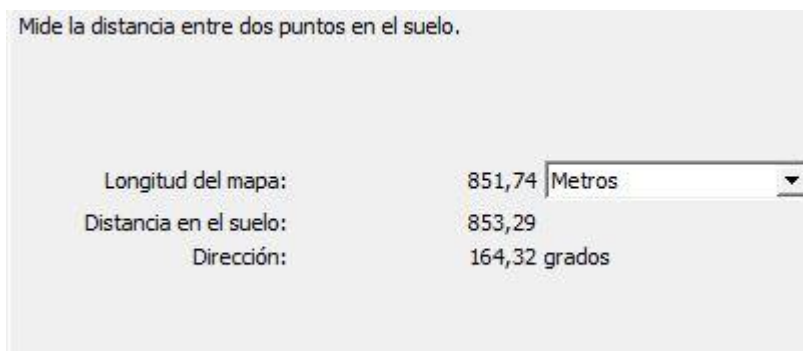


Figura n° 07: “Distancia en línea recta entre las dos estaciones”  
Fuente: Herramienta Google Earth.

### 3.1.4.-Topografía del lugar.

Posterior a la elección de la ruta, utilizando un programa topográfico llamado topographic-map se realiza el levantamiento del relieve en la ruta escogida para el recorrido del teleférico. Para obtener el relieve del sector se busca el lugar de interés y seleccionando el lugar el programa entrega la altura con respecto al nivel del mar.

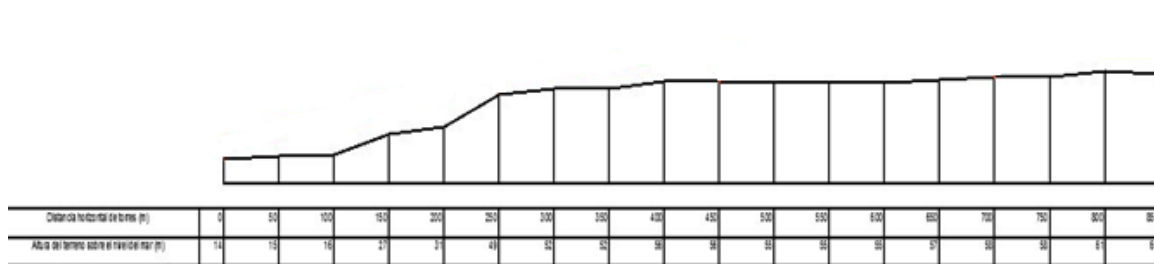


Figura n° 08: “Perfil longitudinal entre estaciones”

Fuente: Elaboración propia.

Observación:

Previo a cualquier cálculo o decisión de diseño, se debe precisar el tipo de teleférico y movimiento que llevará ya que cada tipo posee consideraciones especiales únicas entre cada uno de ellos.

Consideraciones:

Para el siguiente pre-proyecto se ha optado en utilizar un teleférico monocable con cabinas desembragables, ya que el largo del recorrido no presenta una dificultad mayor para utilizar este tipo de teleférico. Considerar la implementación del sistema bi o tri-cable sería sobredimensionar el proyecto.

### 3.2.- Estaciones terminales.

Las estaciones terminales son edificaciones donde se encuentra los principales mecanismos que dan movimiento al cable portante-tractor, como: sistema motriz (compuesto de un motor eléctrico, motor diesel de emergencia y/o caja reductora de velocidad), sistema tensor, dispositivo de desacoplamiento y acoplamiento de los vehículos en la entrada y salida de la estación respectivamente, un taller donde se encuentre equipo necesario para realizar mantención y/o algún arreglo, estacionamientos y servicios adicionales como baños, tiendas, comercio, etc.



Para este pre-proyecto se ha considerado utilizar una estación en donde el sistema motriz y tensor se encuentre en una misma estación, facilitando la ejecución y mantención de los equipos que esta contiene.

El diseño del sistema motriz y tensor que se implementará en estación inferior fue diseñado por Max Brochand y asignado en primera instancia a Pomagalski SA.(Empresa dedicada al diseño y elaboración del transporte por cable)

La invención se refiere a una estación terminal de tensión, para una instalación de transporte por cable portante-tractor, que se extiende en un circuito cerrado a lo largo de la línea entre dos estaciones y donde los vehículos que transitan entre las estaciones se acoplan al cable a través de mordazas.

Estas estaciones están equipadas con dispositivos para variar la longitud de la línea en términos de carga para mantener la tensión del cable portante-tractor sensiblemente constante. Para lograr esto, el carro de soporte de la polea motriz puede deslizarse, debido a la acción de una gata o cualquier otro sistema de tensión, en la dirección longitudinal de la línea.

A continuación se describe el mecanismo en las siguientes imágenes ilustrativas donde se puede apreciar y comprender el funcionamiento de todas sus partes donde la figura n°09 es una vista en planta de una estación y la figura n°10 es una sección transversal según la línea II-II de la figura XX de acuerdo con la invención realizada por Max Brochand.

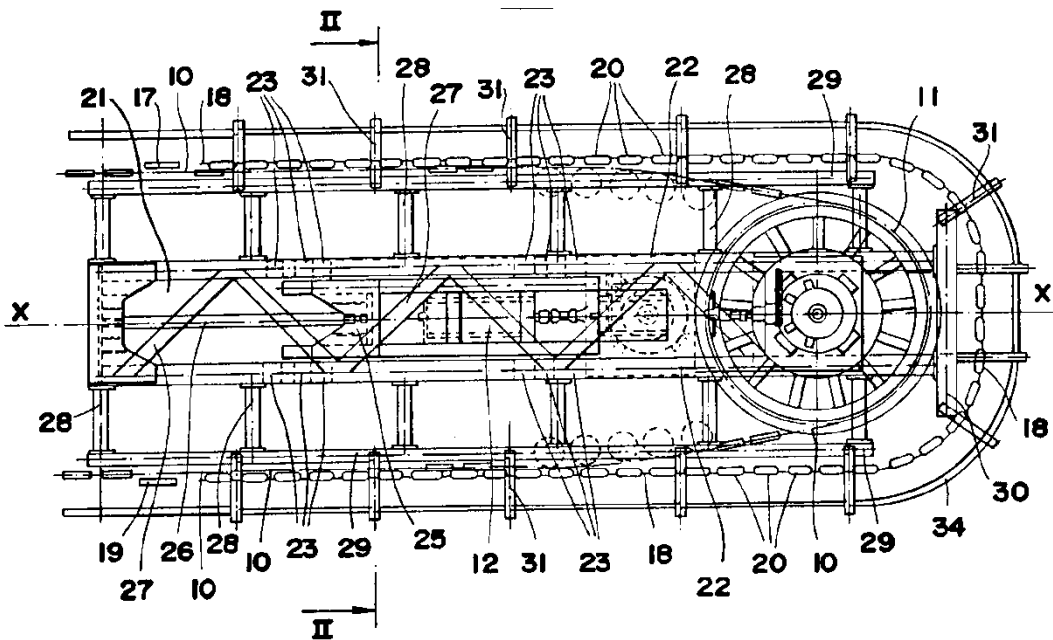


Figura n° 09: "Estación motriz-tensora"  
Fuente: United States Patent

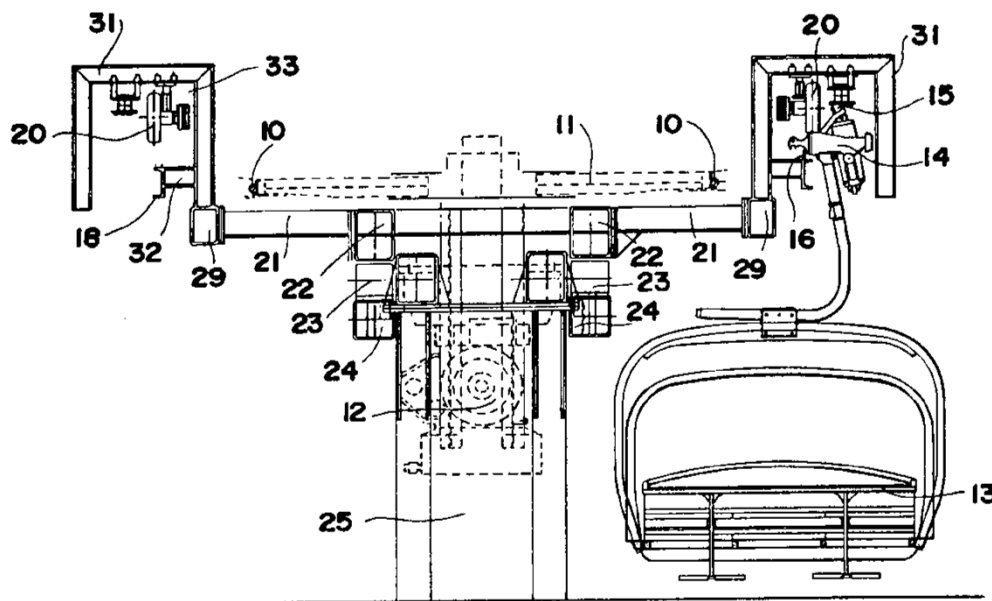


Figura n° 10: "Sección transversal estación motriz-tensora"  
Fuente: United State Patent

Brochand (1981) describe y detalla lo siguiente.

En las figuras n° 09 y 10, un cable aéreo (10) de una telesilla, perfectamente aplicable a telecabinas, circula en estación inferior a través de una polea (11), arrastrada por un motor de rotación (12). Las cabinas están fijadas a una empuñadura (14) acoplada al cable (10), que tiene una palanca de accionamiento (15) y ruedas de rodillo (16).

A la entrada de la estación, una rampa de desenganche fija (17) desacopla el mango (14) del cable (10), mientras que las ruedas (16) de la empuñadura se involucran en un carril de transferencia (18) que pasa en un medio de bucle alrededor de la polea (11). El carril (18) se extiende hasta la salida de la estación en la que una rampa de acoplamiento fijo (19) reacople el agarre al cable (10). A lo largo del carril (18) se ubican los trenes de ruedas de descanso (20) a intervalos, que impulsan las empuñaduras (14) por fricción para mover las cabinas (13) en la estación, generando el frenado y aceleración de ellas en la entrada y en la salida respectivamente.

Según la presente invención, la polea de eje vertical (11) esta soportada por un carro alargado (21), montado con desplazamiento en el eje longitudinal X-X de la estación y de la línea definida por el cable (10). En la realización representada en las figuras, el carro (21) comprende dos vigas internas superiores (22) constituidas por secciones en forma de "I" que forman un apoyo de marco rectangular en los rodillos fijos de eje horizontal (23) perpendiculares al eje X-X. Las placas de base de las secciones (22) se mueven en los rodillos (23) para permitir que el carro (21) se deslice en el eje X-X de la estación. Dos contra-vigas internas cuadradas (24) para el carro (21) cooperan con la cara inferior de los rodillos (23) para evitar cualquier oscilación del carro (21). Los rodillos (23) están situados a cada lado de pilares (25) anclados al suelo y dispuesto en el eje X-X de la estación. Una gata (26), situada entre un pilar (25) y el carro (21), empuja el carro (21) en la dirección opuesta de la línea para mantener el cable (10) tenso, pero cualquier otro dispositivo de tensión se puede utilizar. Las vigas internas (22), (24) están aseguradas por elementos transversales (27) para formar un bastidor de soporte rígido a la que están fijados, por vigas transversales pequeñas (28) y dos vigas exteriores (29) que se extiende paralela a las dos secciones longitudinales rectas del carril de transferencia (18). Una viga recta transversal (30) unida al carro (21) se extiende a lo largo de la parte posterior del carril de transferencia (18). A lo largo de las vigas exteriores (29) se ubican a intervalos arcos de cuello de cisne (31) abiertos hacia abajo y se superponen al carril de transferencia (18), que está fijado al mismo mediante separadores (32). Las ruedas de fricción (20)

pueden ser accionados por un motor separado soportado por el carro (21) o, preferentemente, por una toma de fuerza en el cable (10) o la polea (11). La unidad de motor de accionamiento engranado (12) de la polea (11) está suspendida del carro (21) alojado entre los pilares (25) para participar en la estabilidad del conjunto.

Se puede observar que el carro móvil (21) soporta la polea de tensión (11), carril de transferencia (18), la separación y las rampas de enganche (17), (19), la unidad de motor (12) y medios de accionamientos (20) de las cabinas en el riel (18). Todos estos componentes, que son el activo partes de la estación, se fijan con respecto a la otra, y su posición, en particular la del carril de transferencia (18) con respecto a la polea (11), puede ser perfectamente bien definido. Todo el conjunto se mueve a lo largo del eje X-X para compensar las variaciones de carga.

### **3.3.-Torres de soporte.**

Estos sistemas de soporte son conformados por torres que sostienen el cable portador a lo largo del recorrido.

Estas torres, son una parte fundamental para el correcto funcionamiento de este tipo de transporte, ya que evitan que el cable transportador forme una curva exagerada provocada por las distintas fuerzas a las que se encuentra sometido el sistema, la que podría provocar un sobredimensionamiento de la altura de las estaciones para evitar los obstáculos que se encuentran en el recorrido.

En el extremo superior de cada torre se encuentra una viga transversal que hace ver a las torres como una “T” clavada en el terreno. La viga superior posee en cada extremo un sistema de poleas por donde se desliza el cable transportador. En cada extremo de la viga el cable se mueve en direcciones contrarias, es decir, por un extremo va y por el otro vuelve.

La distancia a la que se deben disponer las torres según representantes de POMAGALSKI S.A. deben ser distancias cortas y regulares, esta distancia no debe exceder los 350 m. para este tipo de teleféricos monocables

Las torres de soporte, que suministran las empresas proveedoras, están estructuradas en base a secciones tubulares cilíndricas de acero estructural, de diversos diámetros, espesores y longitudes,

siendo diseñada cada torre con un mínimo peso para soportar los esfuerzos requeridos. Cuando las torres son diseñadas con diámetro variable, se le llaman troncónicas, es decir con diámetro creciente hacia la base, con el fin de aumentar la resistencia y al mismo tiempo ahorrar material.

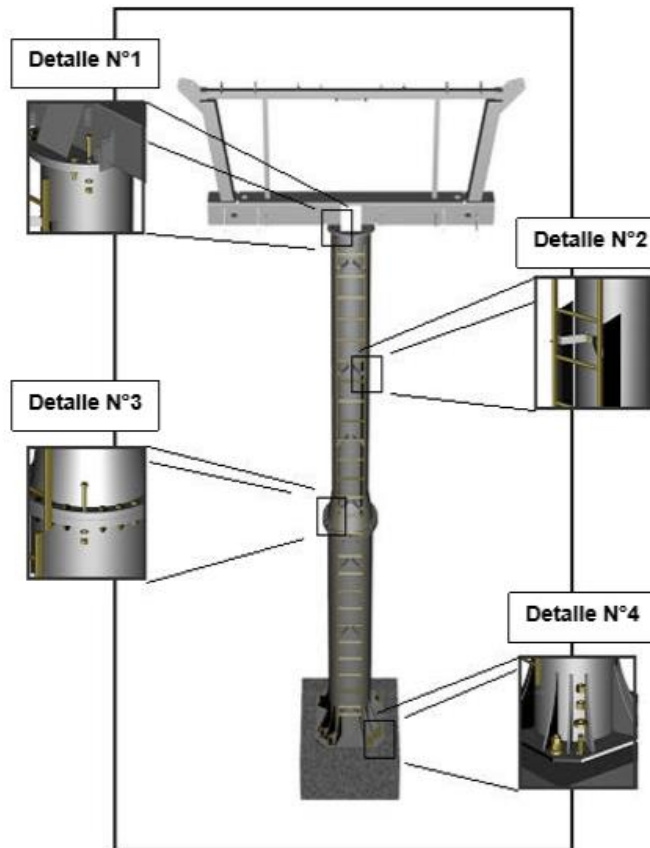


Figura n° 11: “Modelo de una torre de teleférico”  
Fuente: Pomagalski S.A.

Detalle N°1 Conexión de montaje entre soporte de línea y la torre como estructura propiamente tal.

Detalle N°2 Escalera ensamblada para realizar trabajos de mantenimiento.

Detalle N°3 Muestra como son montadas las diferentes partes de la torre de soporte del teleférico.

Detalle N°4 Unión entre la base de la torre estructural y la fundación.

Las torres son fabricadas en partes separadas, más que por restricciones de disponibilidad de longitudes comerciales de las secciones tubulares, es para facilitar el montaje y ensamble de estas en su ubicación definitiva. El diseño estructural de las torres no se ha realizado ya que debe disponerse aparte del conocimiento teórico de un levantamiento topográfico detallado y un estudio geotécnico, de los cuales se carece hasta el momento. Pomagalski S.A. señala que generalmente el estudio

técnico es elaborado completamente por la empresa que suministra el teleférico, estudio por el cual se cobra una elevada suma de dinero precisamente por el grado de especialización y seguridad.

### **3.4.- Cabinas.**

En el caso de este proyecto se ha optado por cabinas con capacidad para 6 personas, ya que éstas logran una mejor relación entre costo, facilidad de operación y ajuste a las variaciones de la demanda, además permiten transportar a grupos familiares completos.

Las cabinas dependiendo del tipo de teleférico constan de, un carro provisto de poleas que se apoyan del cable portante o un sistema de enganche que se sujeta al cable tractor, un sistema de acople y desacople, un brazo que vincula el soporte al cable con el recinto o cesta de carga suspendido y el recinto en donde viajan los pasajeros.

Se cuidará de una manera especial el cierre de las puertas, a las que se dotará de elementos de seguridad que imposibiliten su apertura involuntaria. En este tipo de instalación, deberá estar provista de un dispositivo que impida el arranque si no están cerradas las puertas. Los vehículos deberán estar dotados de cristales de seguridad y ventilación necesaria para los pasajeros. Por razones de rescate y seguridad los proveedores de POMAGALSKI S.A. recomiendan una distancia máxima en vertical desde la parte más baja de la cabina al suelo no mayor a 25 m y en algunos tramos cortos hasta 40 m.

Las cabinas se equiparan con el material necesario para el caso de emergencia acorde con las características de la propia instalación, tales como útiles de evacuación, señales, iluminación de socorro, botiquín de emergencia, etc.

### 3.4.1.-Características de operación

Para conocer las características de operación, se debe definir la capacidad de las cabinas y la velocidad normal de operación del sistema elegido. Con estos dos parámetros más la capacidad de carga esperada para el teleférico, se puede determinar las características de operación.

Se ha decidido implementar cabinas para 6 personas por recomendación de representantes de Pomagalsky S.A. ya que estas logran la mejor relación entre costos, factibilidad de operación y ajustes a las variaciones de la demanda además permite transportar familias completas.

La velocidad constante de operación para este sistema será de 4 (m/s), velocidad usualmente utilizada en este tipo de teleféricos.

#### A.-Cálculo para obtener la cantidad de cabinas del sistema.

Se definen con constantes los datos que ya conocemos.

Largo aproximado del recorrido del sistema (ida y vuelta)	$L=1715$ (m).
Velocidad cable transportador	$V= 4$ (m/s).
Capacidad de cabinas	$C= 6$ persona.
Demanda horaria de personas esperada	$D= 216$ persona/h

Primero se calcula el tiempo en que una cabina demora en completar el recorrido completo, esto incluye la subida de pasajeros en la estación inferior, más el ascenso de la cabina desde la estación inferior a la estación superior, más el tiempo en desembarcar la cabina en la estación superior. Luego se realiza el mismo cálculo para el descenso desde la estación superior a la inferior tomando en cuenta el nuevo embarque y desembarque de pasajeros en cada estación.

Los tiempos que se muestran a continuación son los tiempos mínimos de ejecución, ya que al ser cabinas desembragables pueden realizarse los embarques y desembarques en mayor tiempo, pero para la razón de cálculos se debe estimar los tiempos mínimos entre la salida de cada cabina para representar el peor de los casos en funcionamiento.

Tiempo aproximado de embarque  $T_e = 30$  (s)

Tiempo aproximado de desembarque  $T_d = 30$  (s)

Tiempo aproximado de frenado y aceleración  $T_f = 60$  (s)

Tiempo de viaje cabina de estación a estación

$$T = \frac{L}{V} = \frac{1715}{4} = 428,75 \text{ (s)}$$

A la suma de todos estos tiempos anteriores le asignaremos  $T_r = \text{tiempo de régimen}$

$$T_r = T_e + T_d + T_f + T$$

$$T_r = 30 + 30 + 60 + 428,6$$

$$T_r = 548,75 \text{ (s)}$$

En resumen el tiempo aproximado en el que una cabina realiza el recorrido de todo el sistema es 548,75 segundo o aproximado 9,15 minuto.

Por lo que en una hora esta cabina realizará 6 recorridos ida y vuelta.

$$N^\circ \text{ de recorridos en una hora} = N^\circ r = \frac{60 \text{ (minutos)}}{T_r} = \frac{60}{9,15} = 6,55 \cong 6$$

Para obtener el número de cabinas necesarias en el proyecto y estimando una demanda horaria de pasajeros de 216 persona por horas se realiza el siguiente cálculo para conocer la cantidad de cabinas que en funcionamiento continuo necesitará el sistema de teleférico.

$$\text{Número de cabinas} = \frac{D}{C * N^\circ r} = \frac{216 \text{ Personas/hora}}{6 \frac{\text{Personas}}{\text{cabina}} * 6 \text{ Recorrido/hora}} = 6 \text{ cabina}$$



**B.-Cálculo para determinar la distancia mínima entre cabinas.**

Como se conoce la velocidad de transporte, se definirá la distancia en metros que cada cabina debe distanciarse de la otra.

$$\textit{Distancia entre cabinas} = V * (T_e + \frac{1}{2}T_f)$$

$$\textit{Distancia entre cabinas} = 240 \text{ (m)}$$

Sin embargo por seguridad y para facilitar los cálculos posteriores se decide tomar un distanciamiento mínimo entre cabinas de 250 (m).

### 3.5.-Sistema de acople de cabinas a cable tractor:

El sistema de fijación de las cabinas es muy importante dentro de los componentes del proyecto, ya que este permite el acople de la cabina al cable, quien da movimiento a estos vehículos donde se transportan los pasajeros. A continuación se presenta una descripción de las partes y del funcionamiento de esta pinza desembagable inventada por Max Brochand y utilizada por Pomagalski SA.

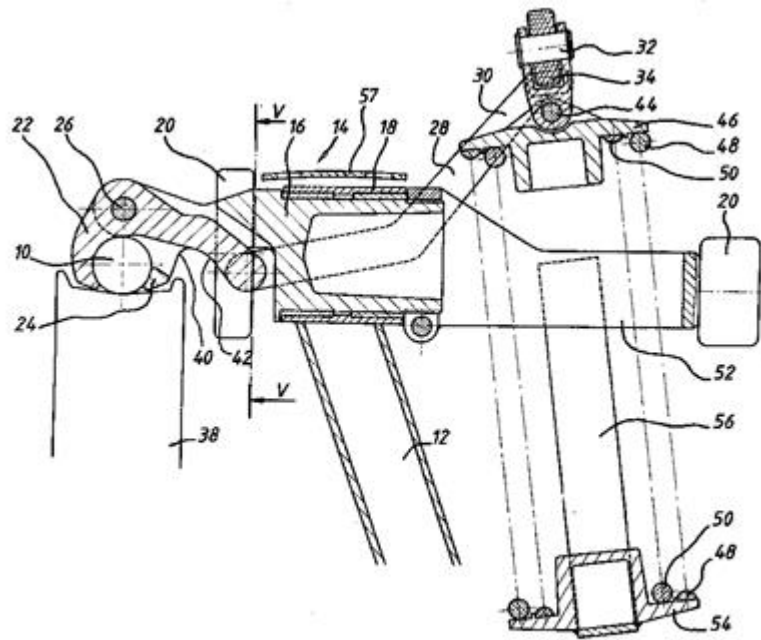


Figura n° 12: “Mordaza cabina cerrada”  
Fuente: United State Patent

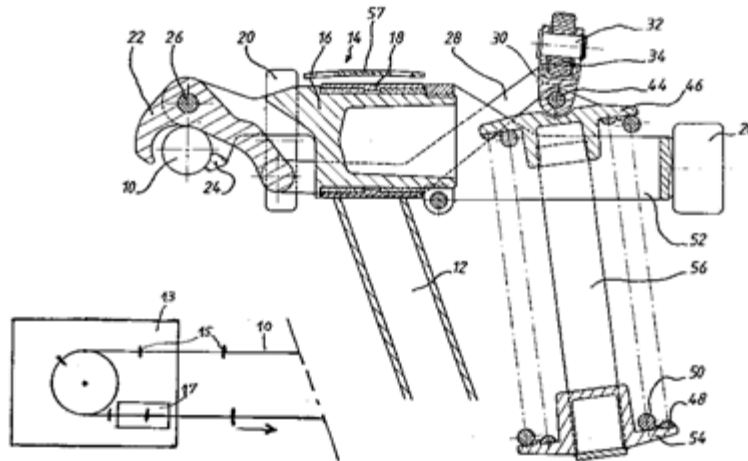


Figura n° 13: "Mordaza cabina abierta"

Fuente: United State Patent

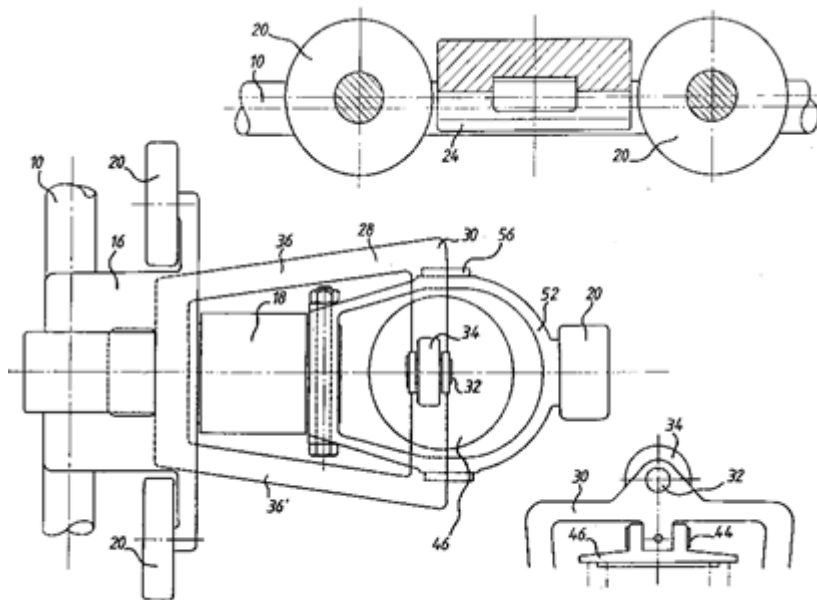


Figura n° 14: "Vista superior y corte mordaza"

Fuente: United State Patent.

Con referencia a las figuras n° 12, 13 y 14, un cable de funcionamiento continuo (10) de una instalación de transporte aéreo monocabla, en particular una cabina, Una polea horizontal de eje vertical (11), situada en cada una de las dos estaciones terminales (13), guían el cable de funcionamiento continuo (10) donde se encuentra fijada una empuñadura (14) que transmite movimiento a la cabina (15) por medio de una barra de suspensión (12). Las cabinas (15) viajan a lo

largo de la estación (13) a través de una entrada y una salida (17) donde la empuñadura (14) se desacopla del cable para el embarque y desembarque de pasajeros.

La empuñadura (14) incluye un cuerpo de agarre (16) en forma de eje que se extiende horizontal y transversalmente en un lado del cable (10). Un extremo del cuerpo de sujeción (16) está provisto de una mordaza fija (24) y un husillo (26) que conecta de forma pivotante una mordaza móvil (22)

En la posición ilustrada en la figura n°12, la mordaza móvil (22) actúa conjuntamente con la mordaza fija (24) para sujetar el cable (10), el husillo (26) se extiende por encima del plano vertical del cable (10). El cuerpo de sujeción (16) incluye, además, las ruedas (20) que están adaptadas para montarse sobre pistas que se encuentran en las estaciones (no se muestran), estas ruedas (20) pueden ser una o un par y se encuentran cerca de las mordazas (22 y 24) y otra rueda (20) está fijada al extremo opuesto del cuerpo de sujeción (16). La mordaza móvil (22) posee un brazo (28) que se extiende en forma paralela al cuerpo de sujeción (16) y posee brazos en forma de U (36), (36'). El extremo (30) del brazo (28) apoya el rodillo (34) sobre un eje (32), para desplazarse a lo largo de un carril guía (no mostrado) situado dentro de la estación (13). Se aprecia que cuando el brazo (28) se mueve hacia abajo, a la posición mostrada en la figura n° 13, la mordaza móvil (22) se pivota a la posición abierta contra la acción de un resorte (48), (50) liberando así el agarre del cable (10).

Frente al rodillo (34), lleva una arandela de disco (46) montado de forma pivotante sobre un eje (44).

En la posición acoplada o fija que muestra la figura n° 12, las mordazas (22), (24) hacen presión contra el cable (10) por acción de unos resortes (48), (50) que actúan sobre las palancas de agarre formadas por el cuerpo de sujeción (16) y el brazo (28). La empuñadura (14) se usa para frenar luego de ser desacoplada del cable (10) para el embarque y desembarque de pasajeros, luego esta empuñadura (14) se acelera y acopla nuevamente al cable (10) a la salida de la plataforma (17) cuando el rodillo (34) sale del carril guía (Brochand, 1981).

### **3.6.- Selección del cable transportador.**

La selección correcta del cable portante posee gran importancia dentro de cualquier proyecto de teleférico, ya que éste es quien da movimiento y soporte a las cabinas. Para una correcta elección deben considerarse varios factores, los más importantes son, el peso de la cabina cargada, esfuerzo ejercido por el peso del propio cable, tensión del cable, fuerzas de frenado y aceleración.

### 3.6.1.-fabricacion de cables para teleférico.

Los cables están formados por un núcleo de acero o fibra y varias capas de acero trenzado, entrelazados en forma helicoidal.

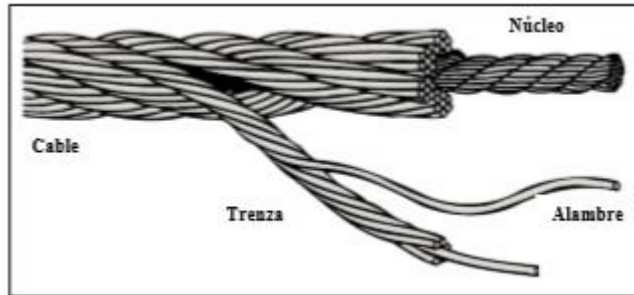


Figura n° 15: “Composición cable de acero trenzado”  
Fuente:Catalogo Fatzer

FATZER es una compañía suiza que se dedica a la fabricación especial de cables para teleféricos. En su catálogo de productos de 2001, describen el proceso de fabricación.

El acero es fundido continuamente en hornos eléctricos. Se extraen los contaminantes y se hace pasar el acero por un proceso de rolado o mecanizado. El acero en forma de barra, con un diámetro de 5,5 mm o menos, es primero decapado, preestirado y dependiendo del diámetro final es “estandarizado” a medidas intermedias. “Estandarizado” es el nombre dado al tratamiento térmico dado al alambre en donde es calentado hasta aproximadamente 950°C y enfriado luego en un baño de plomo entre 450 y 550 °C. Después del tratamiento térmico, el alambre presenta una microestructura llamada sorbita que facilita el conformado en frío. El estirado en frío endurece el alambre. Debe ser estandarizado varias veces, dependiendo del diámetro final, con el objeto de restaurar la capacidad para la deformación. La reducción en la sección transversal en el estirado final es de 60% a 85% para alambres gruesos y de 70% a 90% para alambres finos respecto a la sección transversal de los alambres estandarizados.

La resistencia de los alambres está determinada por sus composiciones químicas y la reducción total de sus secciones transversales durante el estirado en frío. La resistencia se hace mayor a medida que el contenido de carbón y la reducción del área transversal aumentan, mientras que la capacidad para la elongación, el pandeo y la deformación disminuyen.

Adicionalmente, los cables son tratados superficialmente antes del estirado final, para protegerlos contra la corrosión. En algunos casos, al alambre se le proporciona un encamisado de hierro-fosfato o zinc-fosfato, o es tratado alternadamente con solución de bórax. El método más común para proteger contra la corrosión es la aplicación de una camisa de zinc al alambre.

El material del cual están hechos los cables es una aleación de acero que contiene carbono, manganeso, silicio, fósforo, azufre y nitrógeno. Se pueden conseguir también pequeñas cantidades de aluminio, cromo y cobre. El contenido de carbono aumenta la capacidad para ser deformado, para ser trefilado o estirado; el silicio eleva el esfuerzo a la rotura y proporciona una textura más homogénea; el fósforo eleva el esfuerzo del límite de ruptura y el límite de elasticidad pero, es perjudicial para la ductilidad y causa licuaciones; el azufre causa licuaciones y corrosión.

Existen distintos tipos de clasificación de cables, estos se diferencian por el tipo de trenza. FATZER concuerda con la clasificación que realizó Schneigert

- Estándar: Todos los alambres, con excepción del alambre central, poseen el mismo diámetro. El número de alambres incrementa por 6 con cada capa adicional. Los alambres en todas las capas se cruzan con los de la capa inmediata interior en un ángulo obtuso. Como consecuencia se genera un contacto puntual entre los cables.

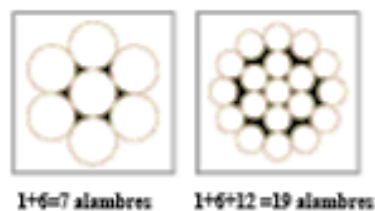


Figura n° 16: “Trenza de tipo estándar”  
Fuente: Catalogo Fatzer

- Seale: El número de alambres es el mismo en cada capa. Por lo tanto, los alambres de las capas exteriores son de diámetro mayor que los interiores. Debido a que todos los alambres reposan en las cavidades formadas por los alambres interiores el entrecruce de los alambres no se produce. Esto trae como consecuencia que el contacto entre los alambres es lineal lo que a su vez se traduce en mayor durabilidad del cable. Su nombre viene dado por Thomas Seale, quien recibió la patente por este diseño en los Estados Unidos en el año 1.885.

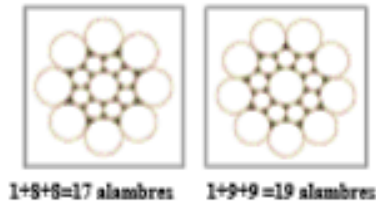


Figura n° 17: “Trenza de tipo Seale”  
Fuente: Catalogo Fatzer

- Warrington: Los alambres en la primera capa interior poseen el mismo diámetro. Un alambre reposa sobre cada una de las cavidades que forma la primera capa. Entre estos alambres reposan alambres de menores diámetros. El contacto en este tipo igualmente es lineal.

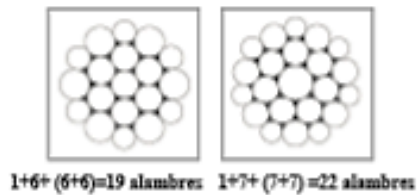


Figura n° 18: “Trenza de tipo Warrington”  
Fuente: Catalogo Fatzer

- Filler wire (FW): Alambre de relleno, formados por al menos tres capas que tienen alambres de diferentes diámetros. Los alambres en cada capa son uniformes. El número de alambres en la primera y en la capa de relleno es el mismo y, en la capa siguiente exterior, es el doble. El contacto es lineal.

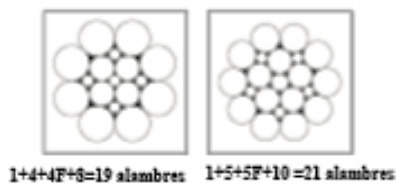


Figura n° 19: “Trenza de tipo Filler Wire”  
Fuente: Catalogo Fatzer

- Warrington-Seale (WS): Es una combinación de los diseños Warrington y Seale. Una trenza tipo Warrington se completa con una capa con el arreglo de Seale. El contacto entre todos los alambres es lineal. El diámetro del alambre central incrementa a medida que el número de alambres exteriores aumenta.

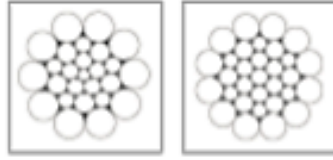


Figura n° 20: “Trenza de tipo Warrington-Seale”  
Fuente: Catalogo Fatzer

La nomenclatura de los cables viene dada por la cantidad de trenzas que posea, la cantidad de alambres que posea y por el tipo de trenza. Por ejemplo, un cable que posea 6 trenzas de tipo Seale con 19 alambres cada trenza, se denota “6x19 Seale”.

### 3.6.2.- Cálculo para primera selección del cable portante-tractor.

Un cable es un elemento cuya configuración física se puede comparar con el de una cadena, debido a la desproporción que existe entre la longitud y su peso transversal, característica que da gran flexibilidad.

Sus principales características son, su gran longitud en relación al diámetro, peso uniforme por unidad de longitud (diámetro constante), gran flexibilidad, por lo que se puede suponer sin rigidez en flexión, como consecuencia de lo anterior, se concluye que los cables, solamente pueden trabajar en tensión y la línea de acción de la fuerza de tensión en el cable, lógicamente es tangente a la curva del mismo.

Por tratarse de una instalación monocable no es necesario considerar los efectos producidos por la fuerza de frenado y aceleración ya que estos se producen dentro de las estaciones y no directo en el cable.

Por recomendaciones de la Organización internacional de los transportes por cable (descripción en adelante OITAF), en el punto 2.3.5 se estimó el peso por persona de 75 (kg). Tomando en cuenta que la cabina debe ser de metal estructural para que soporte la carga que le será aplicada, se estimó el peso de la misma en 300 (kg) con capacidad para 6 personas (Briceño,2007).

A continuación se realiza una aproximación de las cargas que debe soportar el cable portante tractor para escoger el cable que se utilizara en el sistema de teleférico. Este cálculo se realiza para escoger un cable y utilizar las propiedades que nos entregan en sus catálogos Prodinsa S.A. para calcular la



tensión real que este soportará, primero de su propio peso y luego con las cargas puntuales (cabinas).

**TABLA 1:** Calculo para primera aproximación del cable portante-tractor a escoger, sin considerar el peso del cable.

Peso estimado por persona según recomendación de OITAF	75	kg
Peso estimado cabina vacía	300	kg
Número de pasajeros por cabina (capacidad máxima)	6	
Peso cabina a máxima capacidad	750	kg
Peso cabina a máxima capacidad	7350	N
Numero de cabinas del sistema	6	
Carga total sistema teleférico	44100	N

Por recomendación de OITAF en el punto 3.2.2, el cual sugiere que la carga efectiva de rotura del cable portante-trayente debe ser al menos 4,5 veces mayor que la carga máxima soportada por el sistema en condiciones desfavorables (Briceño,2007).

Para cumplir con las recomendaciones propuestas por la OITAF se ha decidido tomar como factor de seguridad 5.

Este factor debe ser multiplicado por la carga total estimada del sistema para obtener el valor de carga máximo incluyendo el factor de seguridad.

Por lo tanto el valor de la carga del sistema incluyendo el factor de seguridad será: 220,5 (kN).

Considerando las características del sistema de teleférico, se utilizará un cable con trenza del tipo Seale, ya que al no producirse el entrecruce de los alambres su contacto es lineal, lo que garantiza una mayor durabilidad.

De la página web de Prodinsa S.A. (Empresa especialista en diseñar, construir e instalar soluciones para levantar, mover y fijar cargas. Cuenta además con la única fábrica de cables de acero de Chile.) se obtiene el catálogo de cables que reúnen las características necesarias para la instalación del teleférico, donde especifica el diámetro, carga de rotura mínima garantizada y el peso lineal del cable.

TABLA 2: Catálogo cables cobra, trenzado tipo Seale, de Prodinsa S.A.

## COBRA

Ø Nom (pulg.)	Ø Nom (mm)	Carga de rotura mínima garantizada			Peso lineal (kg/m)
		(kN)	(1000 lb)	(tm)	
	9	55	12,3	5,6	0,30
3/8"	9,5	62	13,9	6,3	0,34
	10	68	15,2	6,9	0,37
	11	82	18,5	8,4	0,45
1/2"	13	115	25,8	11,7	0,63
9/16"	14	133	30,0	13,6	0,73
5/8"	16	175	39,2	17,8	0,95
	18	221	49,6	22,5	1,20
3/4"	19	246	55,3	25,1	1,34
	20	273	61,3	27,8	1,49
7/8"	22	330	74,1	33,6	1,80
	24	392	88,2	40,0	2,14
1"	26	461	103,6	47,0	2,51
	28	534	120,2	54,5	2,91
1 1/8"	29	573	128,7	58,4	3,13
	30	601	135,1	61,3	3,35
1 1/4"	32	697	156,7	71,1	3,81
	34	787	177,0	80,3	4,30
1 3/8"	35	835	187,6	85,1	4,55
	36	883	198,4	90,0	4,82
1 1/2"	38	984	221,1	100,3	5,37
	40	1090	244,9	111,1	5,95
	42	1201	270,1	122,5	6,56
	44	1306	293,7	133,2	7,20
1 3/4"	45	1367	307,3	139,4	7,53
	46	1428	321,0	145,6	7,87
1 7/8"	48	1450	326,1	147,9	8,56
	50	1574	353,8	160,5	9,29
2"	51	1621	364,4	165,3	9,67

Con las características entregadas por el catálogo de Prodinsa S.A. se realiza la primera elección del cable, con las cargas obtenidas en la tabla 1 incluyendo el factor de seguridad.

Como anteriormente no se consideró el peso del cable, se escoge un cable con carga de ruptura mayor a la que se obtuvo en el cálculo anterior (220,5 (kN)) para recalcular nuevamente las cargas del sistema, ahora considerando el peso lineal del cable multiplicado por su longitud total. Se debe tener presente que esta es solo una aproximación necesaria para conocer que diámetro de cable utilizar y sus principales características como son su carga de rotura mínima y su peso lineal, y de esta forma incluirlos en los cálculos posteriores y así definir de manera precisa la elección del cable que soporte las condiciones más desfavorables en el sistema de teleférico.

Se procede a probar distintos diámetros de cable con sus respectivas características, considerando que el cálculo anterior de las cargas que soportara el cable no son precisas y son menores a las

cargas reales que deberá soportar, se consideró un sobredimensionamiento de éste, para acercarnos a un valor más real.

Luego de evaluar y calcular varias opciones de diámetros del cable, se ha decidido elegir un cable con diámetro nominal de 35 (mm), con carga de ruptura mínima garantizada: 835 (kN) y peso lineal: 4,55 (kg/m), ya que los otros cable de diámetros menores no cumplen con la carga mínima de ruptura. Obteniendo los siguientes resultados.

**TABLA 3:** Segundo cálculo para selección del cable portante-tractor a escoger, considerando el peso del cable.

Peso estimado por persona según recomendación de OITAF	75	kg
Peso estimado cabina vacía	300	kg
Número de pasajeros por cabina (capacidad máxima)	6	
Peso cabina a máxima capacidad	750	kg
Numero de cabinas del sistema	6	
Peso del cable largo total	7800,5	kg
Peso cable más cabinas cargadas	12300,5	kg
Peso total	120545,1	N
	120,5	kN
Peso total aplicando factor de seguridad	602,7	kN

El cable seleccionado cumple con los requisitos de carga de ruptura mínimo.

$$\text{Carga total del sistema} < \text{Carga de ruptura mínima}$$

$$602,7 \text{ (kN)} < 835 \text{ (kN)}$$

### **3.6.3.-Modelación del cable portante-tractor.**

La modelación del sistema de teleférico debe ser la que represente de forma más precisa el trabajo del cable en las condiciones de carga y de apoyo dadas.

Para obtener la tensión real que el sistema debe soportar en las peores condiciones, se realizan cálculos para obtener la curva que adopta el cable portante-tractor entre cada torre de soporte. Esta curva se denomina catenaria, es un modelo matemático usado para representar la curva que forma un cable suspendido libremente entre dos apoyos, bajo la acción de su propio peso.

El cálculo de catenarias viene definido para dos condiciones que puede presentar este modelo, que son, torres de soporte a diferente altura y torres de soporte a la misma altura.

Definiciones de variables:

W: Peso por unidad de longitud expresada en (N/m).

X: Distancia horizontal entre torres de apoyo expresado en (m).

TH: Tensión horizontal del cable expresada en (N).

TV: Tensión vertical del cable expresada en (N).

**3.6.3.1.-Catenaria con apoyos a distintas alturas**

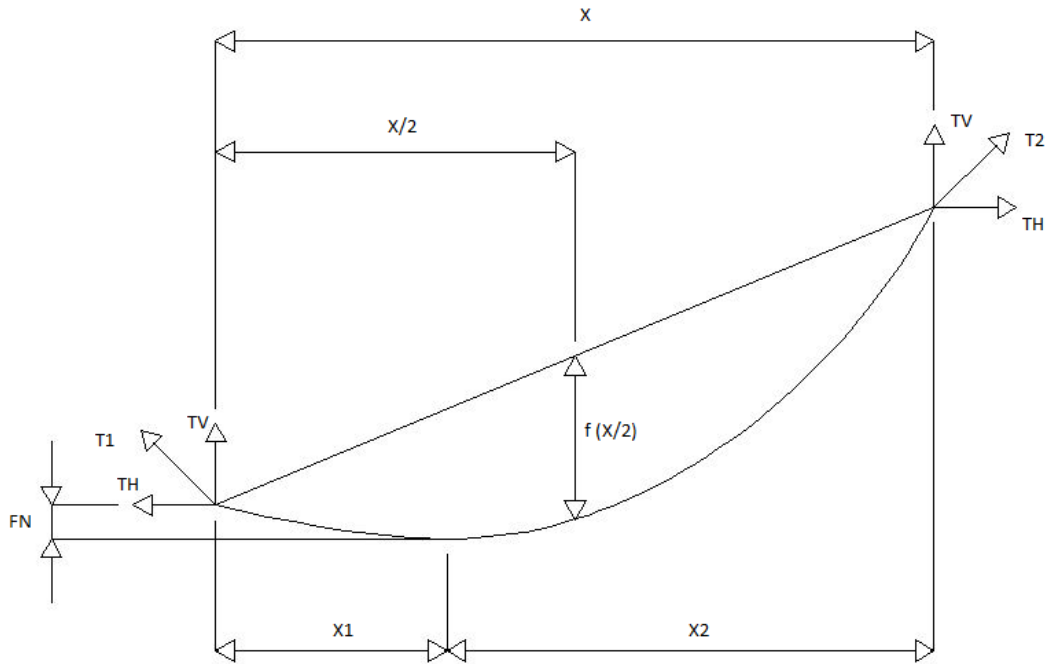


Figura n° 21: Dibujo para cálculo de catenaria  
Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 4:** Fórmulas para cálculos de catenaria con apoyos a distinta altura.

Descripción	Formulas
C: Distancia tangencial entre ambos apoyos (m).	$C = \sqrt{X^2 + \Delta h^2}$
X1 : Distancia horizontal del primer apoyo al punto más bajo de la catenaria (m)	$X1 = \frac{X}{2} - \frac{\Delta h * TH}{W * X}$
X2 : Distancia del punto más bajo de la catenaria a el segundo apoyo. (m)	$X2 = X - X1$

<p>f : Distancia vertical de una cuerda que une dos apoyos del cable y una línea paralela, tangente al cable. (m).</p>	$f = \frac{W * X * C}{8 * TH}$
<p>FN : Distancia vertical del primer apoyo al punto más bajo de la catenaria. (m).</p>	$FN = f * \left(1 - \frac{\Delta h}{4 * f}\right)^2$
<p>T1 : Tensión en primer apoyo .(N)</p>	$T1 = TH + \frac{W^2 * X1^2}{2 * TH}$
<p>T2 : Tensión en segundo apoyo. (N).</p>	$T2 = TH + \frac{W^2 * X2^2}{2 * TH}$

**3.6.3.2.-Catenaria con apoyo a la misma altura.**

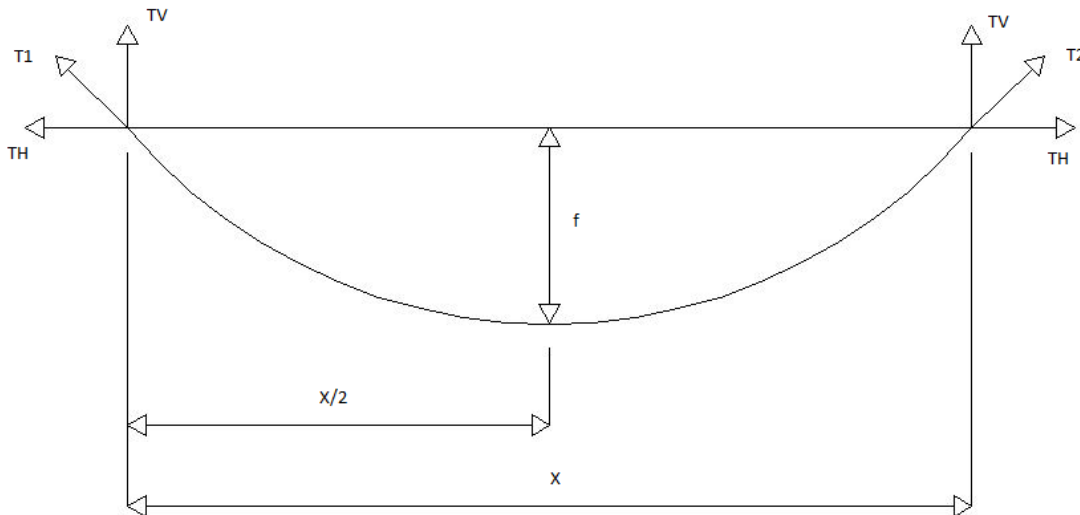


Figura n° 22: “Dibujo para cálculo de catenarias con apoyos al mismo nivel”  
 Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 5:** Fórmulas para cálculos de catenaria con apoyos a la misma altura.

Descripción	Formulas
X1: Distancia horizontal desde una torre de apoyo a el centro (m)	$X1 = \frac{X}{2}$
f (flecha): Distancia vertical de una cuerda que une dos apoyos del cable y una línea paralela, tangente al cable. Expresada en (m).	$f = \frac{W * X^2}{8 * TH}$
T1=T2 : Tensión total del cable en los apoyos. Expresada en (N).	$T1 = TH + \frac{W^2 * X^2}{8 * TH}$
Ecuación de la curva	$y(x) = \frac{W * X^2}{2 * TH}$

Conocidas las fórmulas para el cálculo de la catenaria, se procede a obtener de la flecha de la catenaria y las tensiones en cada apoyo. Para realizar este cálculo se utilizan datos de obtenidos en puntos anteriores, como son la diferencia de altura de las torres de apoyo, su distancia horizontal, peso del cable, etc.

Para realizar un cálculo más preciso se optó por dividir el sistema en tramos donde las torres de apoyo son las que dividen el sistema. Entonces el sistema queda dividido de la siguiente forma.

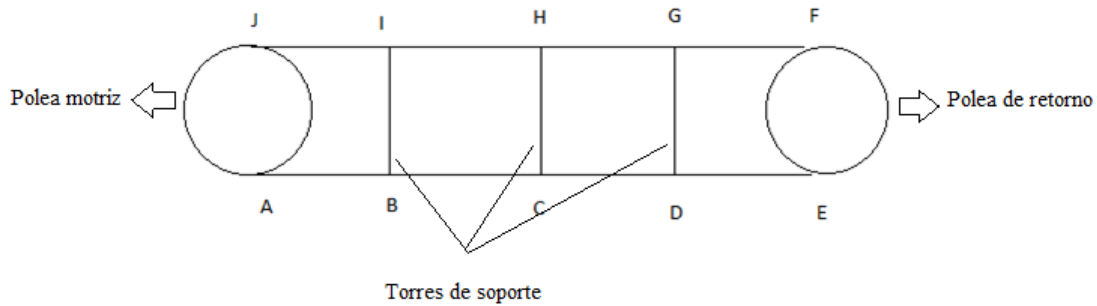


Figura n° 23: “División sistema de teleférico para cálculos posteriores”.  
Fuente: Elaboración propia.

Como recomendación Schneigert afirma que la carga generada por el sistema tensor debe ser entre 4000 y 7000 kg (Schneigert,1996). Esta recomendación se tomará como guía para comenzar a evaluar la flecha y la tensión en el cálculo de la catenaria.

Consideraciones de diseño:

Por ser un proyecto de diseño se deben probar varias alternativas y trabajar con el mejor resultado obtenido teniendo en cuenta que mientras mayor es la flecha de la catenaria, menor será la tensión a aplicar al sistema, pero esto repercutirá en la altura que deben poseer las torres de apoyo del cable portante-tractor, ya que las cabinas deben superar obstáculos que se encuentran en el terreno y si la flecha de la catenaria es muy pronunciada se deben elevar las torres de apoyo, elevando los costos del proyecto no solo por torres más elevadas, sino que sistemas de seguridad adecuados para la excesiva altura que deberá poseer.



**TABLA 3:** Datos conocidos para el cálculo de catenaria

tramo	Y	X
AB	40	250
BC	16	200
CD	0	250
DE	0	150
FG	0	150
GH	0	250
HI	16	200
IJ	40	250
W (kg/m)		4,55
Diámetro nominal (mm)		35
TH (N)		49000

A continuación se muestran los datos obtenidos por el programa “Calculo catenaria” que permiten el trazado de la catenaria para luego obtener los resultados de las tensiones máximas que soportará el cable con las cabinas cargadas al máximo y evaluadas por tramo en la condición más desfavorable. (Según fórmulas descritas en las tablas 4 y 5)

**TABLA 4:** Resultados arrojados por el programa “Cálculo catenaria” sin incluir cargas puntuales (cabinas cargadas).

Calculo catenaria						
tramo	X1 (m)	X2 (m)	f (m)	T1 (N)	T2 (N)	FN (m)
AB	50,82	199,18	7,20	49052,4	49804,9	1,09
BC	12,09	187,91	4,56	49003,0	49716,4	0,07
CD	125,00	125,00	7,11	49317,0	49317,0	7,11
DE	75,00	75,00	2,56	49114,1	49114,1	2,56
FG	75,00	75,00	2,56	49114,1	49114,1	2,56
GH	125,00	125,00	7,11	49317,0	49317,0	7,11
HI	12,09	187,91	4,56	49003,0	49716,4	0,07
IJ	50,82	199,18	7,20	49052,4	49804,9	1,09

### 3.6.4.-Cálculo de tensión estática para el sistema con cabinas cargadas.

Luego de obtener la catenaria de cada tramo y la tensión provocada por el peso del cable portante-tractor, se calcula la tensión provocada por el peso de las cabinas por tramo, utilizando ecuaciones de equilibrio estático que se describen más adelante.

De esta forma se conocerán las tensiones en cada tramo, manteniendo el sistema en equilibrio para las flechas de las catenarias antes calculadas.

Se evaluará la tensión para los casos más desfavorables, este caso es cuando la cabina cargada completamente se encuentra en el punto medio de cada tramo, en el capítulo anterior se definió la distancia mínima entre cada cabina, por lo que solo transitará una cabina por tramo, considerando que el tramo de mayor longitud posee 250 (m).

**TABLA 5:** Datos obtenidos por el programa “Cálculo catenaria”.

Tramo	Y	X	X1	X2	Y1	Y2	Teta 1 (rad)	Teta 2 (rad)
AB	40	250	50,82	199,18	12,80	27,20	0,10	0,21
BC	16	200	12,09	187,91	3,44	12,56	0,03	0,12
CD	0	250	125,00	125,00	7,11	7,11	0,06	0,06
DE	0	150	75,00	75,00	2,56	2,56	0,03	0,03
FG	0	150	75,00	75,00	2,56	2,56	0,03	0,03
GH	0	250	125,00	125,00	7,11	7,11	0,06	0,06
HI	16	200	12,09	187,91	3,44	12,56	0,03	0,12
IJ	40	250	50,82	199,18	12,80	27,20	0,10	0,21

-Para tramo AB

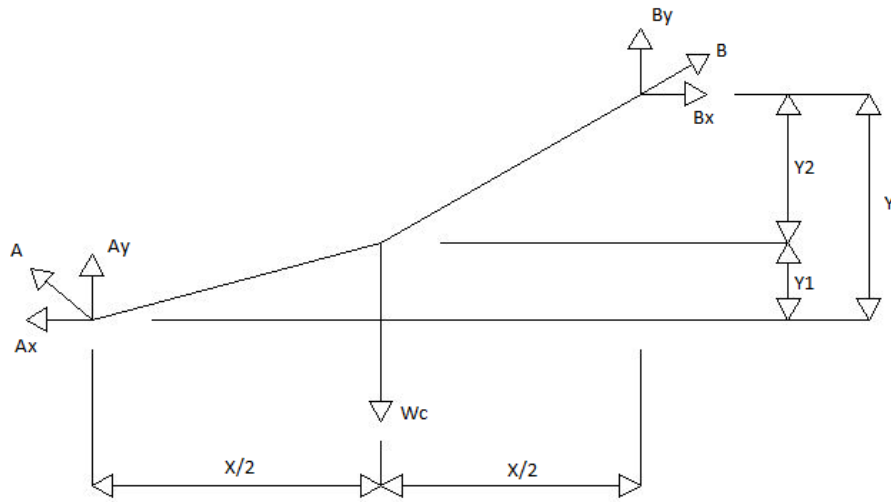


Figura n° 24: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo AB”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo AB

$$\sum F_x = 0 \quad Bx - Ax = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad Ay + By - Wc = 0$$

$$\sum M_B = 0 \quad Wc * \frac{x}{2} - Ay * x - Ax * y = 0$$

-Para tramo BC

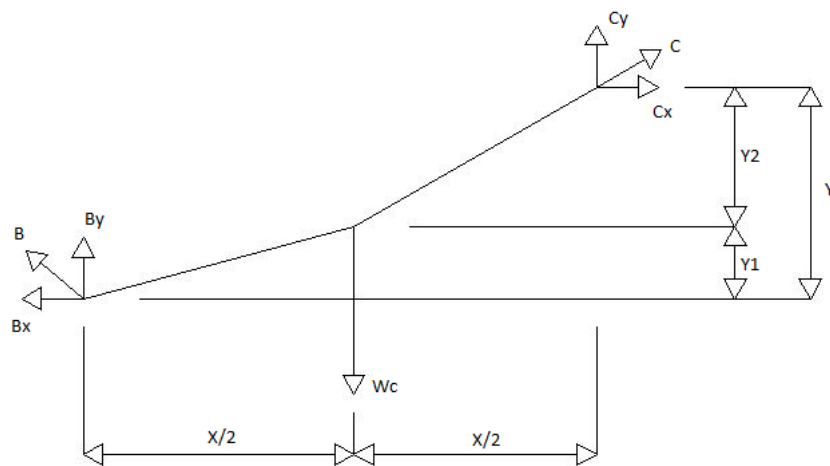


Figura n° 25: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo BC”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo BC

$$\sum F_x=0 \quad Cx - Bx = 0$$

$$\sum F_y=0 \quad By + Cy - Wc = 0$$

$$\sum M_C=0 \quad Wc * \frac{X}{2} - By * X - Bx * Y = 0$$

-Para tramo CD

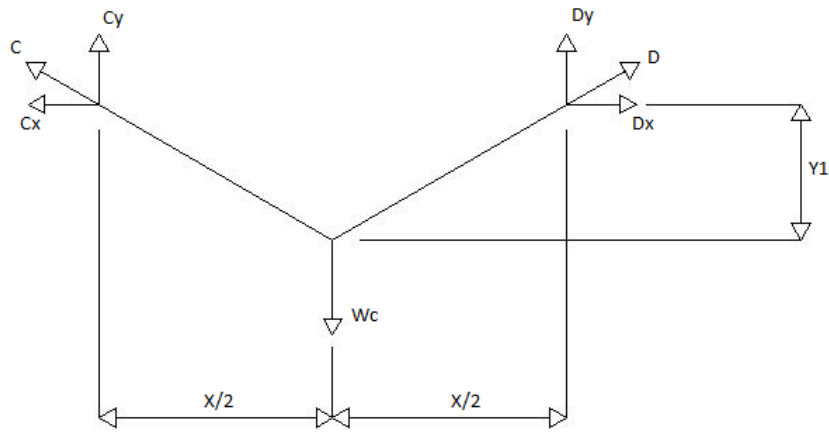


Figura n° 26: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo CD”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo CD

$$\sum F_x=0 \quad Dx - Cx = 0$$

$$\sum F_y=0 \quad Cy + Dy - Wc = 0$$

$$\sum M_D=0 \quad Wc * \frac{X}{2} - Cy * X = 0$$

-Para tramo DE

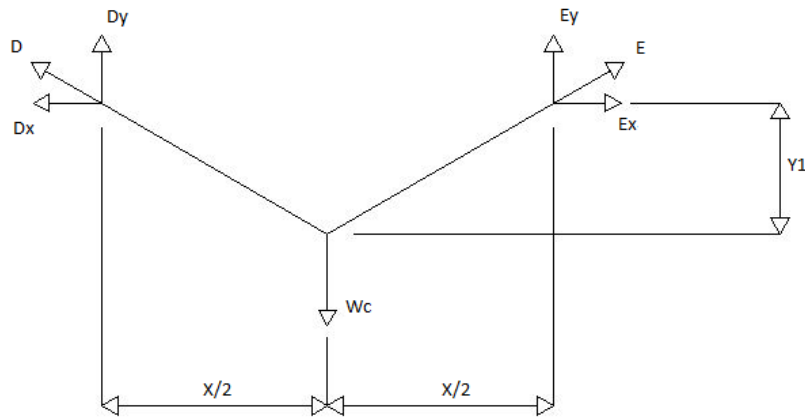


Figura n° 27: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo DE”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo DE

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 & \qquad \qquad \qquad Ex - Dx = 0 \\ \sum F_y = 0 & \qquad \qquad \qquad Dy + Ey - Wc = 0 \\ \sum M_E = 0 & \qquad \qquad \qquad Wc * \frac{x}{2} - Dy * X = 0 \end{aligned}$$

-Para tramo FG

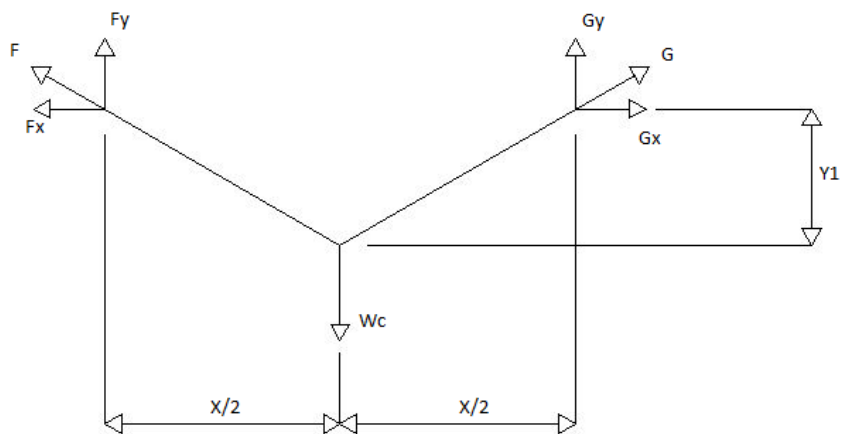


Figura n° 28: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo FG”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo FG

$$\sum F_x=0 \qquad Gx - Fx = 0$$

$$\sum F_y=0 \qquad Fy + Gy - Wc = 0$$

$$\sum M_G=0 \qquad Wc * \frac{X}{2} - Fy * X = 0$$

-Para tramo GH

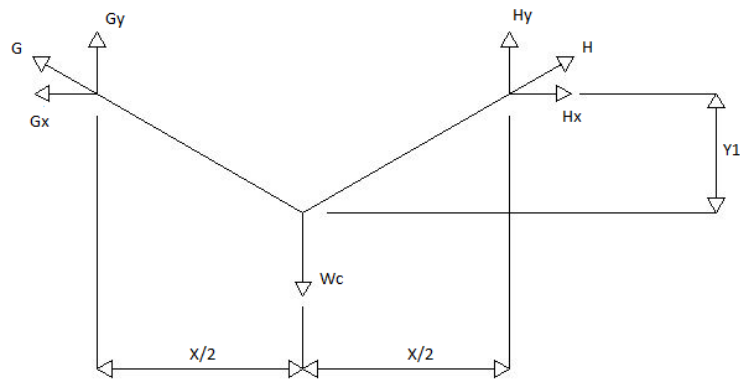


Figura n° 29: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo GH”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo GH

$$\sum F_x=0 \qquad Hx - Gx = 0$$

$$\sum F_y=0 \qquad Gy + Hy - Wc = 0$$

$$\sum M_H=0 \qquad Wc * \frac{X}{2} - Gy * X = 0$$

-Para tramo HI

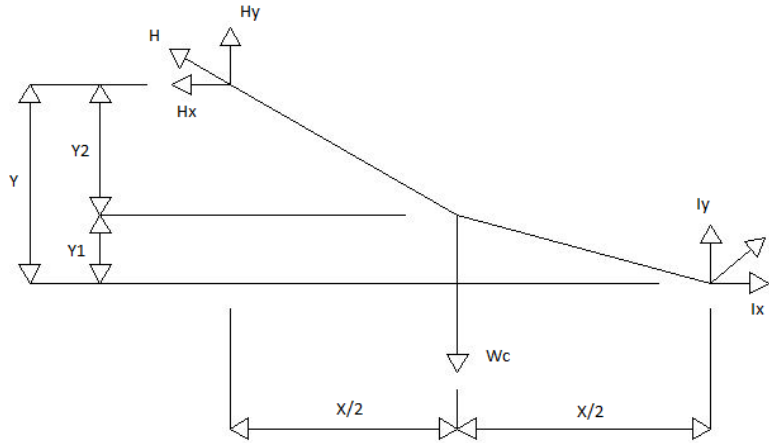


Figura n° 30: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo HI”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo HI

$$\sum F_x = 0 \quad I_x - H_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad H_y + I_y - W_c = 0$$

$$\sum M_I = 0 \quad W_c * \frac{X}{2} - H_y * X - H_x * Y = 0$$

-Para tramo IJ

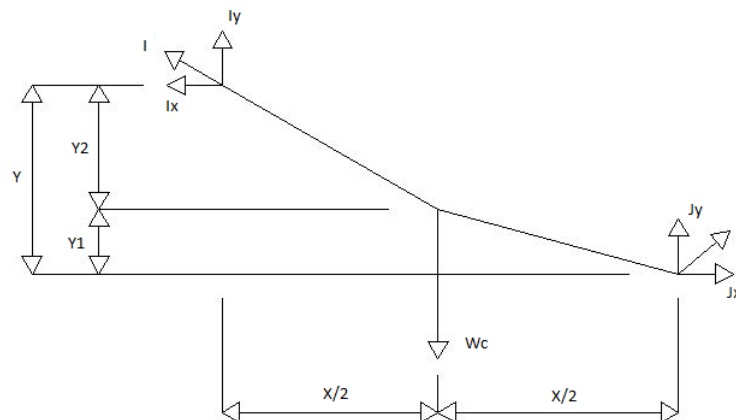


Figura n° 31: “Dibujo representativo para cálculo de tensiones tramo IJ”.  
Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de equilibrio estático para tramo IJ

$$\sum F_x=0 \quad Jx - Ix = 0$$

$$\sum F_y=0 \quad Iy + Jy - Wc = 0$$

$$\sum M_J=0 \quad Wc * \frac{X}{2} - Iy * X - Ix * Y = 0$$

**TABLA 6:** Resultados arrojados por el programa “Cálculo tensiones sistema con carga” realizando el equilibrio estático para el sistema.

Calculo tensiones sistema con carga				
Tramo	T (N)	Tx (N)	Ty (N)	TT x (N)
AB	64137,51	63803,86	13637,10	113608,72
BC	32155,83	32136,87	4008,71	81853,27
CD	64615,38	64511,13	3669,07	113828,14
DE	107692,31	107629,66	3672,86	156743,78
FG	107692,31	107629,66	3672,86	156743,78
GH	64615,38	64511,13	3669,07	113828,14
HI	18011,08	18000,46	2245,35	67716,86
IJ	65296,91	64957,23	13883,62	114762,09

Dónde

T(N): Tensión provocada por la cabina cargada, expresada en Newton.

Tx(N): Tensión horizontal provocada por la cabina cargada, expresada en Newton.

Ty(N): Tensión vertical provocada por la cabina cargada, expresada en Newton.

TTx(N): Tensión total por tramos provocada por la suma de la tensión horizontal provocada por el peso del cable más la tensión horizontal provocada por la cabina, expresada en Newton.

Obtenidos los resultados se concluye que la tensión mayor que soportará el sistema es en el tramo DE y FG, cuando la cabina se encuentre en el medio de cada tramo con una tensión horizontal total de: 156743,78 (N) → 156,744 (kN).



De acuerdo a la recomendación de OITAF se aplicara en este caso un factor de seguridad de 5, para poder cumplir con la relación:

Tensión estática total < Carga de rotura mínima garantizada

Dónde:  $TTx = 156,744 * 5 = 783,72 \text{ (kN)}$

$$783,72 \text{ (kN)} < 835 \text{ (kN)}$$

Con esto se comprobó que el cable escogido de trenza tipo Seale de diámetro 35 (mm) soporta las cargas a las que será sometido durante su operación.

### 3.6.5.-Tensión dinámica.

Además de la tensión estática ya calculada, se debe calcular la tensión dinámica que se origina al desplazar las cargas a la velocidad prevista. Esta tensión se determina como una parte o fracción de la tensión estática, mediante la siguiente expresión.

$$Td = \frac{a}{g} * TTx$$

Dónde:

Td: Tensión dinámica (kN)

a: Aceleración del cable, originado por el enganche y desenganche de las cabinas. Pomagalski S.A. propone una aceleración de  $0,5 \text{ (m/s}^2\text{)}$  para estos casos.

g: Aceleración de gravedad ( $\text{m/s}^2$ )

Debe cumplirse que:

$$TTx + Td \leq \frac{\text{Carga de rotura minima}}{f.s.}$$

$$TTx * \left(\frac{a}{g} + 1\right) \leq \frac{835}{5}$$

$$164,74 (kN) \leq 167(kN)$$

Por lo que se corrobora que el cable seleccionado cumple con las sollicitaciones del proyecto.

### 3.6.6.-Tensión de flexión.

Se debe a la curvatura que se produce al pasar el cable de acero por una polea, esta depende de la composición del cable y del diámetro de la polea. Mientras mayor es el diámetro de la polea, menor tensión de flexión existe.

Las poleas de ambas estaciones se consideraron de 4 (m), por lo que el efecto de la flexión se desprecia ya que por recomendación de Prodinsa S.A. propone que el diámetro de la polea debe ser al menos 34 veces el diámetro del cable para que este no sufra esfuerzos de flexión.

### 3.7.- Cálculo de tensión del contrapeso de la polea tensora.

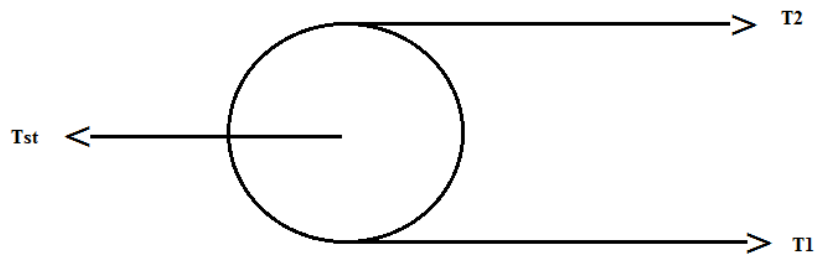


Figura n° 32: “Esquema sistema tensor”  
Fuente: Elaboración propia. .

La tensión que debe tener el sistema tensor (despreciando la fuerza de roce de la polea) está dado por:

$$Tst = T1 + T2$$

Dónde:

Tst: Tensión del sistema tensor.

T1: Tensión total horizontal (comienzo del recorrido).

T2: Tensión total horizontal (final del recorrido).

Debido a la simetría del sistema, la condición más desfavorable es que se presente la misma tensión máxima en ambos lados de este.

$$T1 = T2 = T$$

$$Tst = 2 * T = 2 * 156,744 = 313,488 \text{ (kN)}$$

Con esto concluimos que al escoger un sistema de tensión hidráulica este debe proporcionar al sistema una tensión de 313,488 (kN).

### **3.7.1.-Consideraciones para la Selección del equipo motriz.**

Los motores eléctricos en su diversidad de modelos, tamaños, tipo y características constructivas, son las maquinas motrices más empleadas para propulsar de manera simple y eficiente cualquier aparato o equipo.

Las ventajas para su aplicación y montaje no solo son consecuencia de su reducido tamaño y/o peso en comparación con otros sistemas motrices, sino que a su vez los motores eléctricos en general son máquinas limpias, que no contaminan el ambiente, producen menos ruido y sobre todo pueden ser puestos en funcionamiento en cualquier dirección de marcha, o detenidos de inmediato y sin mayor preocupación que presionar un botón o disponer para que se complete un circuito.

### **3.7.2.-Condiciones generales de servicio del motor.**

La fuerza motriz eléctrica constituye el sistema más práctico y sencillo para el accionamiento de toda planta industrial, debido a ello la industria eléctrica se ha esforzado cada vez más para satisfacer la creciente demanda de fuerza motriz eléctrica, tratando de dar solución a los numerosos problemas técnicos que día a día se presentan en la práctica, diseñando y construyendo con este

propósito motores eléctricos de tipos y características muy variados y distintos, a fin de suministrar en cada caso especial el motor más adecuado.

De ahí que en la actualidad para la buena elección de un motor eléctrico es necesario, ante todo, estudiar las condiciones de servicio general de la maquina a accionar.

Sin embargo a pesar de los numerosos tipos de motores especiales que la industria eléctrica ha creado, se pueden considerar en conclusión que los motores eléctricos deben accionar por lo común a máquinas cuyas exigencias de fuerza motriz están contempladas en los siguientes casos.

A.-Motores con par resistente de arranque bajo y velocidad constante.

B.-Motores con par resistente de arranque ligeramente elevado y velocidad constante.

C.-Motores con par resistente de arranque elevado y velocidad variable dentro de cierto margen.

D.-Motores con par resistente de arranque bajo y velocidad variable dentro de amplio margen.

El caso del pre-proyecto al poseer cabinas desembragables el sistema puede partir solo considerando el peso del cable y luego de alcanzar su velocidad de régimen comenzar a enganchar las cabinas. Esto trae como beneficio una inercia del sistema mucho menor que en el caso de cabinas con pinza fija y por consiguiente un par de arranque más bajo.

De acuerdo con los cálculos obtenidos de la máxima tensión en el peor de los casos del teleférico, se realiza el cálculo para la selección del equipo motriz que dará el movimiento al sistema.

Par motor o torque, es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. La potencia desarrollada por el par motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión.

$$P = M * w$$

Donde

P: Potencia medida en (W)

M: Es el par motor o torque medido en (Nm)

w: Velocidad angular (rad/s)

En motores eléctricos el par motor es máximo al inicio del arranque, disminuyendo paulatinamente con el régimen. Por este motivo es el tipo de motor idóneo para tracción. Si se mantiene constante la tensión cuando la resistencia al giro aumenta, el par deberá aumentar para mantener las revoluciones mediante el aumento de la corriente eléctrica consumida.

El par motor o torque que debe generar el motor eléctrico es:

$$M = TTx * r$$

Dónde:

M: Par motor o torque (kNm)

TTx: Tensión horizontal total (kN)

r: Radio de la polea motriz (m)

$$M = 156,744 * 2 = 313,488 \text{ (kNm)}$$

El teleférico funciona a velocidad constante, como se mencionó en puntos anteriores. Esta velocidad debemos convertirla a velocidad angular.

$$w = \frac{V}{r} = \frac{4}{2} = 2 \left( \frac{rad}{s} \right)$$

$$w = \frac{2}{2\pi} = 0,318 \text{ (rps)} \cong 19,1 \text{ (rpm)}$$

El torque y la velocidad angular obtenidos son las condiciones de operación a las que está sometido el teleférico, por lo que el equipo motriz que se escogerá debe cumplir con estas consideraciones.

Con estos datos podemos escoger el sistema motriz que cumple con las condiciones de operación para el teleférico diseñado.

Para esto se consultó vía web a la página Siemens motors donde muestra las características de desempeño generales de funcionamiento de motores de baja tensión, motorreductores, motores Ex, motores de corriente continua y motores de media tensión.

La elección del equipo es motorreductor asincrónico de dinámica baja, compuesto por tornillo sin fin corona.



Figura n° 33: “Imagen referencial de motoreductor Siemens”  
Fuente: Siemens motors.

TABLA 7: Características del equipo recomendado.

<b>Características principales</b>		Cajas reductoras especialmente confiables y robustas con elevada capacidad de sobrecarga, silenciosas, compactas, flexibles
<b>Tensión asignada</b>		230 ... 690 V
<b>Velocidad nominal, velocidad a potencia nominal</b>		0,08 ... 580 R.P.M.
<b>Velocidad máxima</b>		hasta 580 R.P.M.
<b>Potencia nominal</b>		0,12 ... 200 kW
<b>Torque nominal</b>		100 ... 360.000 Nm
<b>Relaciones de transmisión i</b>		5,17 ... 75
<b>Relación de transmisión con caja reductora adicional</b>		22,5 ... 10958

La elección del equipo motriz fue realizada considerando las características de los equipos del catálogo y comparándolos con las condiciones de operación a las que funcionará el teleférico en el peor de los casos, escogiendo el equipo que reúna estas características para el correcto funcionamiento del sistema.

## **CAPITULO 4: CONCLUSIONES.**

La zona para la implementación del pre-proyecto fue escogida por su importancia cultural y turística dentro de la región, aquí existe actualmente un parque que tiene como misión preservar, conservar y potenciar el patrimonio cultural y natural, siendo un agente educativo, recreativo y cultural, orientado a todo público y de manera especial a los habitantes de la comuna de Concepción en un contexto de sustentabilidad y equidad social.

Este sector cuenta con 2.622 hectáreas, utilizando casi un cuarto de estas en parques, senderos, jardines, miradores naturales, centros de flora o viveros, etc. Además de un museo que destaca por conservar platería mapuche, arqueología y etnografía chilena, salas de ciencias naturales, sala de armas, sala de mundo antiguo, etc.

Como uno de los principales objetivos del lugar es preservar y potencial el patrimonio cultural se ha tomado como objetivo el diseñar un teleférico para potenciar el atractivo turístico de la zona y que de esta forma se aumenten las visitas dándole un valor agregado al sector.

Uno de los mayores beneficios de los teleféricos es el bajo impacto en el terreno, ya que este no se interviene de gran medida, donde las estaciones terminales son prácticamente las únicas estructuras que se deben implementar, junto con las torres de apoyo que fueron ubicadas de tal manera que causen el menor impacto visual. Además, son un sistema de transporte ecológico ya que al funcionar a base de electricidad no contamina el medio ambiente y el atractivo turístico generado por la vista desde las cabinas y miradores ubicados en la estación superior generaran un aumento de las visitas al parque.

De la variedad de teleféricos existentes se evaluó un teleférico monocable de circulación continua, donde circularan 6 cabinas desembragables con capacidad máxima de 6 personas. La velocidad de operación es constante y es de 4 m/s, realizando el viaje desde la estación inferior a la superior en aproximadamente 3,5 min. Al poseer cabinas desembragables la puesta en marcha del sistema se efectuara con las cabinas desacopladas del cable, lo que reduce significativamente la inercia a vencer para la partida. Una vez que se alcanza la velocidad de funcionamiento, se pueden acoplar las cabinas para comenzar el recorrido.

Las torres de soporte fueron ubicadas considerando vanos largos para intervenir lo menos posible el paisaje del sector, pero considerando que mientras más largos los tramos, la tensión de la línea debe

ser mayor, para que la curva que adopte el cable por el peso no sea excesivamente alta y se pueda cumplir con las recomendaciones propuestas por las empresas que se dedican a la fabricación de estos sistemas, es decir que la distancia entre la parte más baja de la cabina y la distancia a cualquier obstáculo del terreno debe no ser menor a 3(m).

La estación inferior contará con un sistema de tensión hidráulico, que mantendrá la tensión constante del sistema, además de contar con el sistema motor, para dar movimiento al cable. El contar con estos dos sistemas en una misma estación facilita la ejecución y la mantención de estos equipos.

La selección del cable fue realizada para soportar la tensión en condiciones extremas de carga, por lo que se escogió un cable con trenza tipo Seale de diámetro de 35 (mm).

El proyecto total, puede y debe considerar además:

- Un restaurant.
- Plaza con juegos infantiles.
- Complementar rutas y senderos desde el parque.
- Realizar rutas de paseo ciclístico.
- Miradores.



## **CAPITULO 5: BIBLIOGRAFIA.**

Arcay, A., Novales, M y Rodriguez, M (2003) Transporte por cable. Curuña: Ed. Torculo.

Beer, F, Russell, E y Eisenberg, E (2007) Fuerzas en vigas y cables. Mecánica vectorial para ingenieros, estática. Ciudad de México: MC Graw Hill.

Bedford, A y Fowler, W (2008) Fuerzas y momentos internos cables. Mecánica para ingeniería, estática. Texas: Pearson.

Briceño, C (2007) Estudio de factibilidad técnica para la construcción de un teleférico eco-turístico para la población de San Pedro de los altos, Estado Miranda. Universidad Central de Venezuela, caracas Venezuela.

Brochand, M. (1981) Aerial monocable transport installation. <http://www.google.com/patents/US4441430>.

Brochand, M. (1990) Tension terminal station of a cable transport installation. <http://www.google.com/patents/US5119733>.

Leitner (2016) Telecabinas desembragables. <https://www.leitner-ropeways.com/es/productos/telecabinas-desembragables-80/>.


Rivera, G (2005) Estudio de prefactibilidad técnica y económica de un teleférico en el cerro Divisadero (Coyhaique). Universidad Austral de Chile, Valdivia Chile.


Solano, C (2009) Procedimientos técnicos para el tendido y tensado de conductores para líneas de transmisión. ICE.

**CAPITULO 6 ANEXOS.**


**Anexo 1: Catalogo Prodinsa cable trenza tipo Seale, modelo cobra.**

PRODINSA®






ISO 9001




ISO 14001




Lloyd's Register

## COBRA

Ø Nom (pulg.)	Ø Nom (mm)	Carga de rotura mínima garantizada			Peso lineal
		(kN)	(1000 lb)	(tm)	(kg/m)
	9	55	12,3	5,6	0,30
3/8"	9,5	62	13,9	6,3	0,34
	10	68	15,2	6,9	0,37
	11	82	18,5	8,4	0,45
1/2"	13	115	25,8	11,7	0,63
9/16"	14	133	30,0	13,6	0,73
5/8"	16	175	39,2	17,8	0,95
	18	221	49,6	22,5	1,20
3/4"	19	246	55,3	25,1	1,34
	20	273	61,3	27,8	1,49
7/8"	22	330	74,1	33,6	1,80
	24	392	88,2	40,0	2,14
1"	26	461	103,6	47,0	2,51
	28	534	120,2	54,5	2,91
1 1/8"	29	573	128,7	58,4	3,13
	30	601	135,1	61,3	3,35
1 1/4"	32	697	156,7	71,1	3,81
	34	787	177,0	80,3	4,30
1 3/8"	35	835	187,6	85,1	4,55
	36	883	198,4	90,0	4,82
1 1/2"	38	984	221,1	100,3	5,37
	40	1090	244,9	111,1	5,95
	42	1201	270,1	122,5	6,56
	44	1306	293,7	133,2	7,20
1 3/4"	45	1367	307,3	139,4	7,53
	46	1428	321,0	145,6	7,87
1 7/8"	48	1450	326,1	147,9	8,56
	50	1574	353,8	160,5	9,29
2"	51	1621	364,4	165,3	9,67



6x19 s AF



6x26 ws AF

**Características**

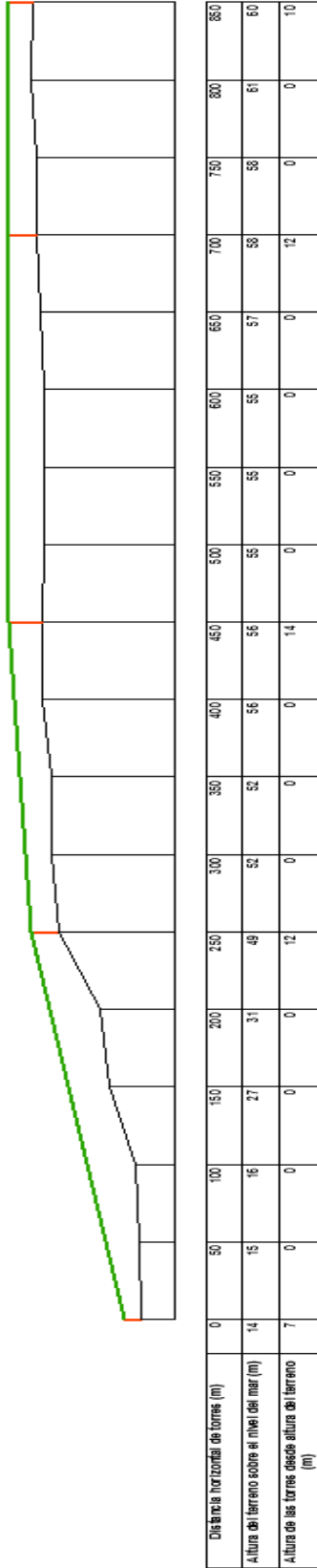
- Construcción 6 x 19s (9/9/1) o 6 x 26ws (10/5+5/5/1), gran resistencia al roce, abrasión y al mismo tiempo flexibles y de uso muy versátil
- Alambres negros, según norma ISO 2232
- Torcido Regular o Lang

**Equipos**

	6 x 19	Winche de Piques Verticales e Inclinados (Equipos minero), Cable de izaje (Funicular), Cable Tractor Diám. mínimo de polea o tambor: 34 veces el diám. del cable
	6 x 26	Uso general, montacargas (cable de izaje) Diám. mínimo de polea o tambor: 30 veces el diám. del cable

**Nota** Para otros diámetros o carga de roturas superiores, contactar con nuestra área técnica. \*Valores referenciales y sujetos a cambios.

**Anexo 2: Perfil de la línea del teleférico.**



— Cable  
— Torres de apoyo  
— Relieve del terreno