



Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Laboratorio de biomecánica

**“PRÁCTICA 4. REFUERZO DEL CABLE DE UN
TELEFÉRICO”**

Instructor(a): Ing. Isaac Estrada

Brigada: 109

Nombre	Matrícula	Carrera
Victor Emmanuel Cantú Corpus	1909659	IMC
Mauricio Julián Salazar Salzar	1906944	IMC
Brayan Orlando Belloc Castillo	1898242	IMC

Semestre Agosto – Diciembre 2022

Día 24 del mes Octubre del año 2022

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Objetivo

El estudiante deberá presentar una propuesta de análisis de formas y de la programación para la ejecución de la optimización (descripción funcional) de características de trabajo específicas que presenta la(s) ventaja(s) (mencionar ventajas).

Marco teórico

El cable

El cable es el encargado de soportar y/o transportar los vehículos. El cable está dimensionado para cada instalación, para que soporte el peso de las cabinas con carga máxima. El cable está formado por un conjunto de hilos de acero de este o diferente tamaño trenzados de tal forma que generan otros cables que a su vez se trenzan alrededor del alma formando el cable del teleférico.

El centro del cable se le denomina alma y está formado normalmente por un plástico flexible que se adapta a los hilos del cable.

El cable de un teleférico es continuo, teniendo las dos puntas unidas en el empalme del cable. Este empalme se crea en diferentes nudos. Los empalmes de los cables pueden llegar a medir varias decenas de metros.

Los cables tienden a alargarse, sobre todo cuando son nuevos, cada instalación tiene un margen de alargado que al estar próximo o en el límite de estirado del cable se tiene que acortar el cable.

Las pilonas

Las pilonas o torres son estructuras tubulares con la robustez suficiente para soportar el paso de las cabinas o sillas sujetas al cable.

La altura de la pila varía en función del terreno donde esté ubicada cada una de ellas, pudiendo ser de unos pocos metros, suficiente para elevar las sillas y cabinas del suelo evitando los obstáculos hasta varias decenas de metros según la demanda del recorrido. Las cabinas y el cable pasan por los dos lados de la pila en diferente sentido de la marcha.

Balancines y poleas

Los balancines y poleas se encuentran en las pilonas, girando las poleas al paso del cable y las cabinas sujetas al cable. Los balancines se encargan de adaptar el paso de las cabinas por las poleas para que la carga se reparta por las diferentes poleas.

El paso del cable por las poleas puede ser por la parte superior o inferior siendo este último denominada pila de compresión, utilizado cuando el cable tiene un desvío importante hacia la siguiente zona de recorrido. También podemos encontrarnos pilas montadas con un sistema de balancines con poleas encima y debajo del cable.

Cabinas o sillas

Las cabinas o sillas son los habitáculos de los pasajeros, su capacidad depende de la instalación pudiendo ser de 1 o 2 personas mínimo hasta 8 personas en el caso de sillas, las cabinas tienen una capacidad de 4 personas hasta varias decenas.

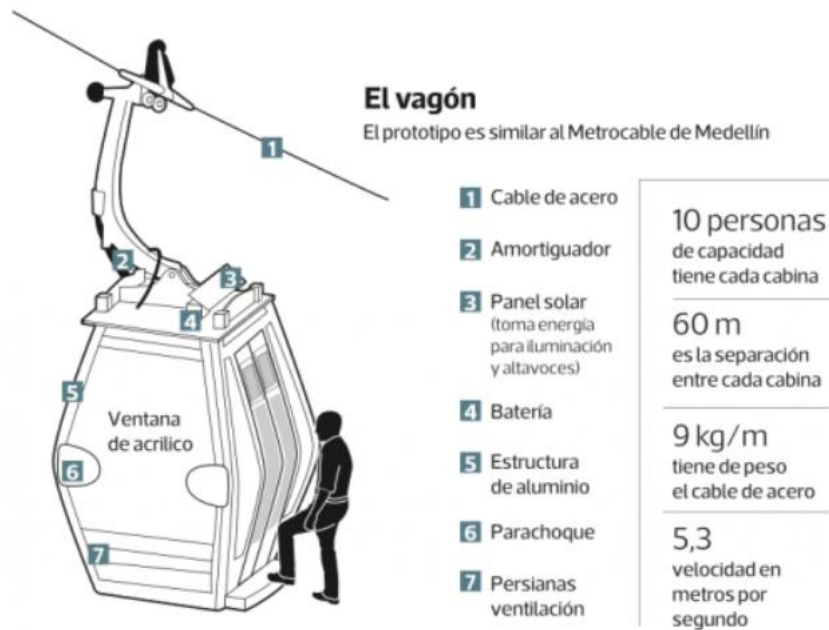
Los teleféricos con cabinas se le llaman telecabinas. Los teleféricos con sillas son denominados telesillas

Pinzas

La pinza de una cabina o silla es la encargada de unir este al cable y a circular por las estaciones. Tenemos dos tipos principales de pinzas, la pinza fija y la pinza desembragable. Esta especificación le da nombre al teleférico, pudiendo ser teleférico de pinza fija o pinza desembragable.

La pinza fija siempre está sujeta al mismo punto de cable, colocando todas las cabinas divididas proporcionalmente a lo largo del cable.

La pinza desembragable tiene un sistema mecánico de mordazas que se separan del cable en la entrada de la estación y se vuelven a juntar la pinza y el cable en la salida. Esta pinza tiene ruedas para circular por la estación reduciendo la velocidad en la estación para facilitar el acceso a las cabina o silla del pasaje.



El teleférico es un ingenio que sirve para el transporte de personas y mercancías en zonas de alta montaña o con pronunciados desniveles. Entre sus características principales, destaca que dicho transporte se efectúa sobre vagonetas o cabinas que viajan suspendidas de un fuerte cable de acero.

Los teleféricos han supuesto un adelanto y una mejora para muchos habitantes de dichas zonas. Pero con el tiempo y en según qué parajes ha llegado a convertirse en un problema, debido a la masificación de turistas.

Un teleférico consta de una estación de salida y otra de llegada, entre las que a veces hay otra estación intermedia. De una estación a la otra hay los siguientes cables:

- El cable portante, que sostiene el peso de la cabina y que debe ser no sólo potente, sino sin juntas, es decir, de una sola pieza.
- El cable movable, que está enganchado a la cabina y la arrastra.
- El cable de freno, que aguanta la cabina en caso de que el cable movable se rompa.
- El cable de socorro, que, en dicha circunstancia de ruptura, lleva la cabina hasta la estación.



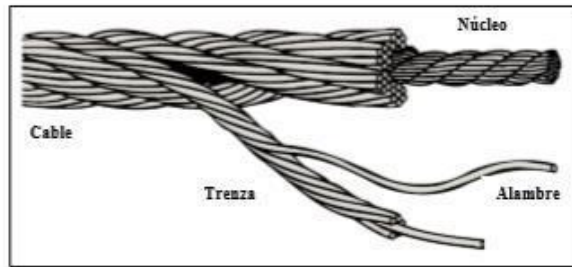
Los funiculares y teleféricos están formado por multitud de piezas de diferentes características diseñadas con la más alta tecnología por medio de ingenierías mecánicas, eléctricas, informáticas, hidráulicas, electrónicas, etc. El componente que diferencia los funiculares y teleféricos sobre otros tipos de transportes es el cable.

Este tipo de transportes singulares formados por un cable, encargado de dar movimiento a vehículos ya sean aéreos o terrestres tienen diferente tipo de cable y de empalme o forma de sujetar con los vehículos en función de las características de la instalación.

El diámetro del cable, los cordones del cable, la longitud del empalme, el sistema de sujeción de los extremos del cable son datos que se calculan en el proceso de diseño por ingenieros donde la precisión es muy importante por los costes elevados que tienen al errar en la fabricación de un cable.

Los fabricantes de cables crean la bobina de cable a demanda del cliente, siendo un producto personalizado para cada instalación. En el mundo hay muy pocas empresas que se dedican a la construcción de cables de funiculares y teleféricos, una de las más prestigiosa mundialmente es Fatzer, situada en Suiza.

La empresa FATZER se fundó en 1836 donde fabricaban cuerda para pesca, agricultura, etc. A partir de 1900 empezaron a crear cables de acero, además de las cuerdas. La calidad suiza se ha ido aplicando a lo largo de los años hasta la creación de la nueva fábrica en 2016 con mayor capacidad de producción para crear los cables más importantes instalados por todo el mundo.



Procedimiento de la programación

```

1      %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLESIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
2      function top3(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
3      nelx=60;
4      nely=80;
5      volfrac=0.33;
6      penal=3.0;
7      rmin=1.5;
8      % INITIALIZE
9      x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
10     for ely = 1:nely
11         for elx = 1:nelx
12             if ely>21
13                 if elx<21
14                     passive(ely,elx) = 1;
15                 elseif elx>41
16                     passive(ely,elx)=1;
17                 else
18                     passive(ely,elx) = 0;
19                 end
20             end
21         end
22     end

23     x(find(passive))=0.001;
24     loop = 0; change = 1.;
25     % START ITERATION
26     while change > 0.01
27         loop = loop + 1;
28         xold = x;
29         % FE-ANALYSIS
30         [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
31         %OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
32         [KE] = lk;
33         c = 0.;
34         for ely = 1:nely
35             for elx = 1:nelx
36                 n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
37                 n2 = (nely+1)* elx +ely;
38                 dc(ely,elx)=0.;
39             for i=1:2
40                 Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1;2*n1+2],i);
41                 c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
42                 dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)* Ue'*KE*Ue;
43             end

```

```

43 - end
44 - end
45 - end
46 %25 FILTERING OF SENSITIVITIES
47 [dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
48 %27 DESIGN UPDATE BY THE OPTIMALITY CRITERIA METHOD
49 [x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
50 %29 PRINT RESULTS
51 change = max(max(abs(x-xold)));
52 disp([' It.: ' sprintf('%4i',loop) ' Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
53 'Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
54 ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change) ])
55 % PLOT DENSITIES
56 colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off; pause(1e-6);
57 end
58 %40 %%%%%%%%% OPTIMALITY CRITERIA UPDATE %%%%%%%%%
59 function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
60 l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
61 while (l2-l1 > 1e-4)
62     lmid = 0.5*(l2+l1);
63     xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid))));
64     xnew(find(passive)) = 0.001;

64 - xnew(find(passive)) = 0.001;
65 - if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
66 -     l1 = lmid;
67 - else
68 -     l2 = lmid;
69 - end
70 - end
71 %%%%%%%%% MESH-INDEPENDENCY FILTER %%%%%%%%%
72 function [dcn]=check(nelx,nely,rmin,x,dc)
73 dcn=zeros(nely,nelx);
74 for i = 1:nelx
75     for j = 1:nely
76         sum=0.0;
77         for k = max(i-round(rmin),1):min(i+round(rmin),nelx)
78             for l = max(j-round(rmin),1):min(j+round(rmin), nely)
79                 fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
80                 sum = sum+max(0,fac);
81                 dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
82             end
83         end
84         dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
85     end

```

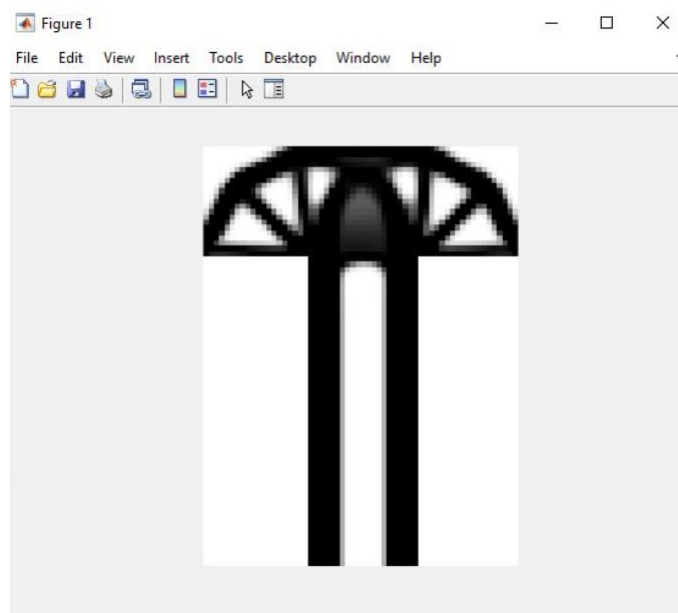


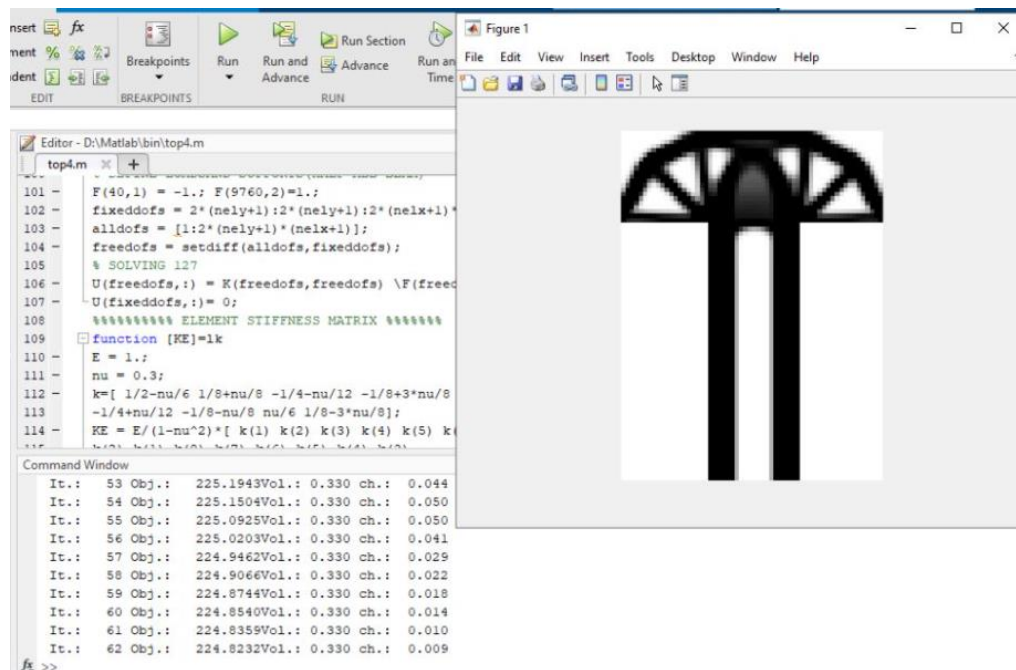
```

85 - end
86 - end
87 - %65 %%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%
88 - function [U]=FE(nelx,nely,x,penal)
89 - [KE] = lk;
90 - K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
91 - F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),5); U=zeros(2*(nely+1)*(nelx+1),5);
92 - for ely = 1:nely
93 -     for elx = 1:nelx
94 -         n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
95 -         n2 = (nely+1)* elx +ely;
96 -         edof = [2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1;2*n2+2;2*n1+1; 2*n1+2];
97 -         K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
98 -     end
99 - end
100 - % DEFINE LOADSAND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
101 - F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
102 - fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
103 - alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
104 - freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
105 - % SOLVING 127
106 - U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);

107 - U(fixeddofs,:) = 0;
108 - %%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%
109 - function [KE]=lk
110 - E = 1.;
111 - nu = 0.3;
112 - k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
113 -    -1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];
114 - KE = E/(1-nu^2)*[ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
115 -    k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
116 -    k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
117 -    k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
118 -    k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
119 -    k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
120 -    k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
121 -    k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];
122 -

```





Conclusión

Victor Cantú: En esta ocasión se analizó un teleférico, más concretamente un cable de un teleférico; se realizó la modificación del código que se ha utilizado desde un principio y además se consiguió una simulación del cable de un teleférico con cargas incluidas en dicho objeto. Este tipo de elementos son de suma importancia para el transporte ya sea de material o de personas, así que es fundamental conocer el funcionamiento y estructura de estas geometrías para en un futuro tener una idea sobre este tipo de prácticas.

Mauricio Salazar: En esta práctica se consultó el hecho de que buscamos optimizar además de analizar el movimiento de un teleférico lo hemos visto en prácticas anteriores pero en ésta nos basamos y nos representamos en este caso las bandas o las cuerdas que este mismo usan con el objetivo de buscar, resultados o las mismas fuerzas que éstas se ejercen sobre las cuerdas al tener el programa o un planteamiento similar nos resultó no tan complicado podré llevar a cabo la modificación de este mismo punto final.

Brayan Belloc: La práctica nos mostró la pieza de un teleférico, usamos el código de 99 líneas investigado en la practica 1 y usado en las demás prácticas, esto nos ayudó a ver la importancia de este código en las aplicaciones de biomecánica, se pudo ver

qué en total se realizaron 62 iteraciones y provocó que se observará el cambio de la pieza, fue de mucha ayuda ya que la practica anterior usaba demasiadas iteraciones, lo que provocaba que se viera muy poco los cambios y durará mucho tiempo sin diferenciar los cambios, mientras que en esta si se pudo apreciar los cambios en cada iteración.

Bibliografía

- M., J. (2021, 5 marzo). Autor de la entrada: Javi M. TPC: Funiculares y teleféricos. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://transporteporcable.com/partes-de-un-teleferico/>
- Ciencia, C. (2022, 3 febrero). Qué es un teleférico. CurioSfera Ciencia. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://curiosfera-ciencia.com/que-es-un-teleferico-como-funciona/>
- De Camino a La Cima TV. (2019, 6 enero). Cambio y trenzado del cable de un telesilla o remonte. [Vídeo]. YouTube. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://www.youtube.com/watch?v=JaNbOYpkSGU>
- Fatzer AG. (2020, 3 febrero). Ropeway steel wire ropes and structural ropes for the world champions! [Vídeo]. YouTube. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://www.youtube.com/watch?v=1ry6UaIWQQk>
- M., J. (2021b, octubre 29). Autor de la entrada: Javi M. TPC: Funiculares y teleféricos. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://transporteporcable.com/como-se-fabrican-los-cables-de-los-funiculares-y-telefericos/>