

**U**NIVERSIDAD **A**UTÓNOMA  
DE **N**UEVO **L**EÓN

**F**ACULTAD DE **I**NGENIERÍA  
**M**ECÁNICA Y **E**LÉCTRICA

**LAB** de **B**iomecánica

**Brigada 202**

***Práctica 4. Refuerza del cable de un teleférico.***

**Equipo 3**

<u>Nombre</u>	<u>Matricula</u>	<u>Carrera</u>
<b>Fátima</b> <b>M</b> ontserrat <b>Z</b> arazúa <b>U</b> ribe	1811014	IMTC
<b>Jair</b> <b>A</b> lejandro <b>T</b> amayo <b>I</b> barra	1815498	IMTC
<b>Jorge</b> <b>L</b> uis <b>A</b> vila <b>H</b> ernández	1905338	IMTC
<b>Karen</b> <b>A</b> lexa <b>P</b> érez <b>O</b> rtiz	1904708	IMTC
<b>Ana</b> <b>C</b> ristina <b>L</b> ucio <b>I</b> racheta	1907905	IMTC
<b>Ana</b> <b>B</b> elén <b>B</b> olaños <b>C</b> arbajal	1908896	IMTC

**Docente: Dra. Y**adira **M**oreno **V**era

Semestre **A**gosto – **D**iciembre **2022**

**Día y Hora: Martes N3**

San Nicolás de los Garza, N.L. a 8 de noviembre de 2022

## Objetivo

Introducir al estudiante en un estudio con múltiples cargas y que tome en consideración cuales son las implicaciones que esto conlleva.

### 1. Nombre y definición de la forma Geométrica.

#### Refuerzo del cable de un teleférico

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.

#### Ventajas del cable de alambre para teleféricos:

- Alta resistencia de tensión, lo que resulta en el desempeño de cables de rendimiento superior (= alta carga de rotura para el diámetro de cable establecido)
- Excelente ductilidad del alambre, lo cual resulta en propiedades de torsión de la cuerda óptimas a la fatiga
- Alambre adecuado para usos compactos y no compactos.
- Gran utilidad y confiabilidad de rendimiento

### 2. Estado del arte.

El teleférico transporta a personas o bienes en vehículos (cabinas, sillas o perchas) colgados en un cable por medio de torres/soportes de una estación a la otra en zonas de alta montaña o desniveles. Los pasajeros pueden subir y bajar en las estaciones. El motor es eléctrico y está situado en una de las estaciones. Los componentes esenciales de un teleférico son: vehículos, cable, motor, estaciones y torres; entre sus características principales, destaca que dicho transporte se efectúa sobre vagonetas o cabinas que viajan suspendidas de un fuerte cable de acero.

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: 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: está enganchado a la cabina y la arrastra.
- El cable de freno: aguanta la cabina en caso de que el cable movable se rompa.
- El cable de socorro: en dicha circunstancia de ruptura, lleva la cabina hasta la estación.

#### ¿Cómo funciona el sistema motor del teleférico?

Un motor eléctrico impulsa al teleférico. Este mismo se encuentra en el centro de la estación y actúa directamente en la polea del cable impulsando así el cable y los vehículos. Los frenos, engranajes y motores no son necesarios en los vehículos individuales, ya que estos únicamente son transportados, acelerados y frenados mediante el cable. Esta tecnología es muy ecológica, económica y eficiente energéticamente.

Existen diferentes conceptos de accionamiento, con y sin engranaje. El concepto de accionamiento siempre se adapta a las condiciones generales.

#### ¿Qué tan rápido se viaja con el teleférico?

El tiempo de viaje con un teleférico es corto. La gran ventaja es que el teleférico puede movilizarse libremente sin ser limitado por otros vehículos (buses, autos, ...). El teleférico se mueve en otro nivel desplazándose sobre el tráfico y los atascos. Además, el teleférico (debido a su movimiento en el aire) no requiere tomar desvíos. Aparte de eso opera continuamente (sin horarios, sin paradas).

Un teleférico monocable se opera con una velocidad de hasta  $7 \text{ m / s}$  ( $25,2 \text{ km / h}$ ). Un teleférico sistema tricable con hasta  $8,5 \text{ m / s}$  ( $30,6 \text{ km / h}$ ).

### 3. Propuesta de diseño de geometría, alcances y limitaciones.

El teleférico de la figura 3.1 necesita un refuerzo en su apoyo. Sugiera un refuerzo según la información dada en la figura 3.2.



Figura 3.1 Teleférico

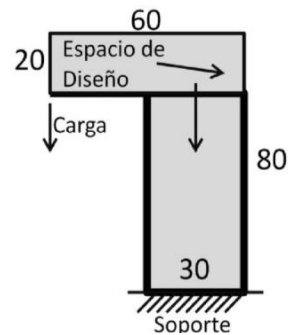
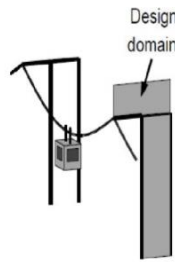


Figura 3.2 Espacio de Diseño

Al cuidador del teleférico también le gustaría que se hicieran mejoras para que la estructura pueda llevar dos teleféricos a la vez, como se ilustra en la figura 4.3. Este último caso implica considerar múltiples cargas.

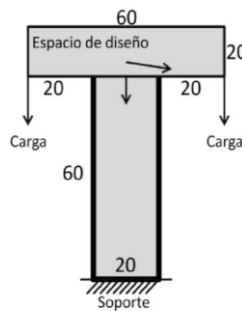


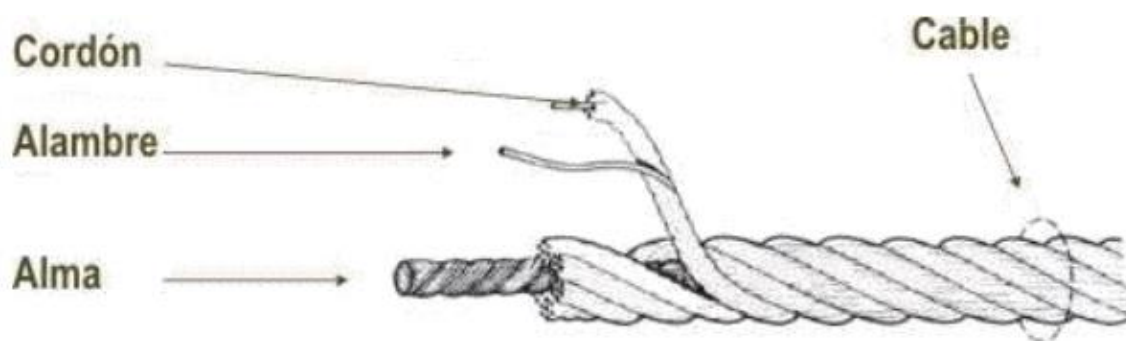
Figura 3.3 Espacio de Diseño para Dos Cargas

Por ser una estructura poco convencional no se cuenta con un código que norme su diseño y construcción. En consecuencia, es fundamental la aplicación de criterios basados en analogías con otro tipo de estructuras tales como edificios y puentes las cuales han sido estudiadas extensamente. Un teleférico debe ser visualizado como sistema estructural en el que sus componentes (anclajes, apoyos, cables) tienen comportamientos diferentes pero que funcionan en conjunto. Los elementos principales en un teleférico son:

- Cable Carril (Sustentación): Es un cable de suspensión que debido a la solicitación de la carga éste se obliga a cambiar su forma, produciendo únicamente esfuerzos de tensión, que se distribuyen uniformemente sobre su sección transversal. Se encuentra suspendido por la estructura portante cuyos apoyos se ubican en dos o más puntos, y a través de ésta se desplaza el vehículo.

- **Cable Motriz:** Es un cable o un par de ellos, con una trayectoria paralela al cable carril, el cual transmite el movimiento desde el sistema motriz hasta la canasta. En algunos casos pueden actuar también como cables carriles.
- **Elementos de Apoyo:** Son elementos verticales, que sirven como sustento del cable carril y el cable motor, que a la vez permiten la circulación del vehículo. Deben ser capaces de absorber las deformaciones en los cables.
- **Vehículo:** Es el elemento que transporta a las personas y su equipaje. El diseño debe brindar facilidad de acceso, comodidad y seguridad.
- **Anclajes:** Son tipos especiales de cimentación, diseñadas para resistir una fuerza de tensión lateral o hacia arriba transmitida al suelo
- **Sistema Motriz:** El objetivo de este sistema es dar la energía mecánica necesaria para mover el cable motriz y el vehículo. Consta de motor, mecanismos de transmisión de potencia, ejes, frenos y tambores en algunos casos.

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



*Figura 3.4 Componentes de un Cable de Acero*

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

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

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

- Torones: Están formados por alambres que pueden ser todos del mismo o de diferentes diámetros, trenzados helicoidalmente sobre un alma central.
- Alma: El alma o núcleo es el eje central de un cable, alrededor del cual van enrollados los torones. Se utiliza alma de acero, fibra natural o sintética.

### **Diseño**

#### a) CABLE CARRIL

Con las tensiones obtenidas en el prediseño se aplica el coeficiente de seguridad recomendado por el fabricante de cables y se compara con ESFUERZOS ADMISIBLES. Al modelar el sistema estructural en conjunto se hace una corrección de las propiedades del material y una aproximación más real de las cargas actuantes.

Al aplicarse los factores de seguridad recomendados para cables carriles (3 a 4) se requiere un cable de  $\frac{3}{4}$ " del tipo 6x7 A/A. Para seleccionar la construcción de cable más adecuado se debe privilegiar las características más sensibles a cambio de una disminución de las menos relevantes:

#### ✓ Resistencia

Es el factor mandatorio y define el diámetro del cable. Una primera aproximación en base a éste ya se realizó previamente y luego de modificar las propiedades del material se hará una verificación o corrección en la selección

#### ✓ Fatiga y Abrasión

Considerando estos dos factores se selecciona el tipo de construcción más apropiada.

La fatiga es la resistencia a las flexiones y vibraciones, es considerable cuando el cable se dobla alrededor de poleas, tambores o rodillos con bajos radios de curvatura o menores a los recomendados; sin embargo, para el caso del cable carril no es considerable ya que el cable no dobla alrededor de la polea, sino que la utiliza únicamente como apoyo por lo cual la flexibilidad del cable no es mandatoria. La abrasión es un factor mucho más representativo en este caso particular, ya que la fricción entre cable y poleas produce un desgaste en los alambres exteriores

#### ✓ Aplastamiento

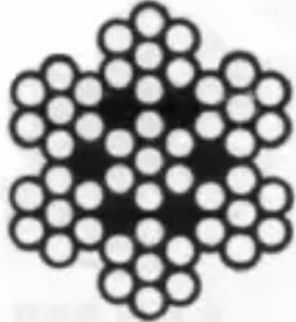
Para disminuir los efectos debido al aplastamiento se selecciona un cable con alma de acero ya que ésta da mayor soporte a los cordones e impide su deformación. El alma de acero se ha seleccionado considerando también que prima la resistencia a la tracción

#### ✓ Exposición a la corrosión

Como las condiciones en las que va a operar el teleférico no son muy agresivas, no es económicamente recomendable utilizar cables con acabado galvanizado. Es recomendable el terminado negro, conocido también como brillante

✓ Otras consideraciones

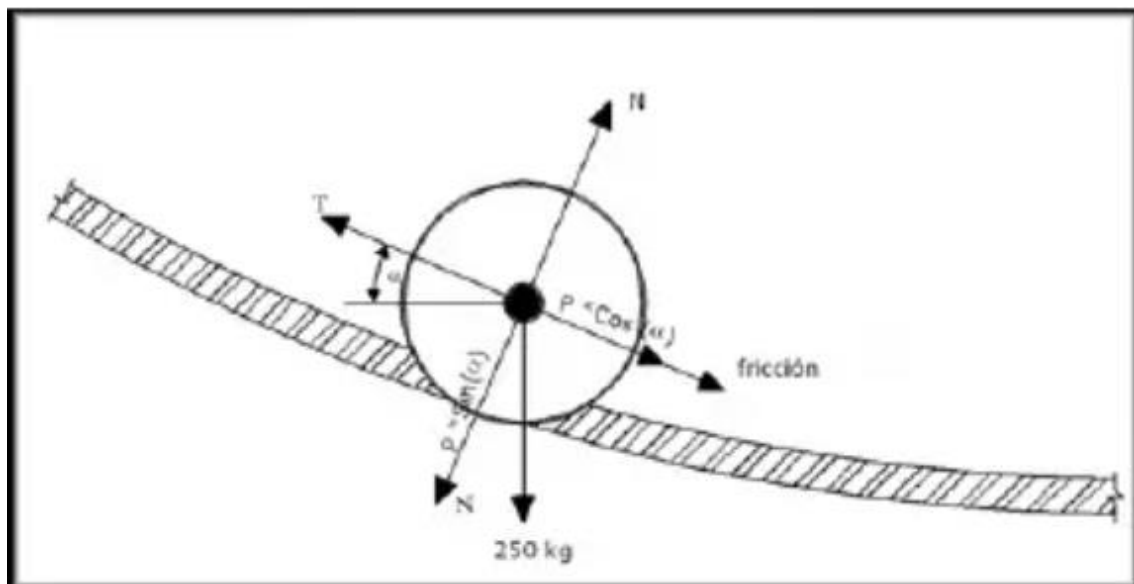
Por cuestiones de manejabilidad se recomienda el uso de un cable preformado y arrollamiento corriente.

	DIAMETRO	3/4"
	CONSTRUCCION	6 X 7
	ALMA	ACERO (B/I)
	TORCIDO	REGULAR DERECHO
	ACABADO	NEGRO
	PESO ESPECÍFICO	4.87 T/m <sup>3</sup>
	MODULO DE ELASTICIDAD	7000 kg/m <sup>2</sup>

*Figura 3.5 Detalles del Cable Seleccionado*

#### b) CABLE MOTRIZ

Para el diseño del cable motriz se determina la tensión máxima del mismo haciendo un diagrama de cuerpo libre para la condición más desfavorable, la que se determinó al mayor ángulo de inclinación.



*Figura 3.6 Diagrama de Cuerpo (cable motriz sobre carril)*

Para la selección del cable motriz se deben tomar en cuenta los mismos factores que en el cable carril, estos son: resistencia, fatiga, abrasión, aplastamiento y exposición a la corrosión. Teniendo en cuenta las características de mayor exigencia para el caso particular.

✓ Resistencia

El programa SAP2000 no permite modelar un cable en movimiento, por lo cual para obtener la carga máxima a la que va a estar sometido el cable motriz se adicionan las cargas axiales obtenidas por peso propio y la necesaria para poner en movimiento al vehículo lleno en el punto más desfavorable. Ambas calculadas previamente. Comparadas las tensiones de ambos cables (carril y motriz), las del primero son considerablemente mayores. Sin embargo, luego de determinar las condiciones del cable motriz más adecuadas se comprobará las tensiones admisibles con las propiedades correspondientes al material de acuerdo con el tipo de cable.

✓ Fatiga y Abrasión

El cable motriz dobla alrededor de dos poleas que se determinarán de acuerdo a los diámetros recomendados por el fabricante. Es decir que se debe seleccionar un cable que tenga buen comportamiento tanto a la fatiga como a la abrasión.

Para cable motriz es conveniente utilizar una configuración 6 x 19 debido a que el número de alambres (19), que forman los torones (6) le da la condición de mayor flexibilidad que el seleccionado para cable carril debido a que está formado por alambres delgados, lo cual le vuelve resistente a la abrasión, y proporciona una flexibilidad adecuada para el uso en poleas y tambores. La selección se la hace en función de la Resistencia a la Abrasión y Flexibilidad.

✓ Aplastamiento

El aplastamiento no es un factor crítico para el cable motriz, razón por la cual no es necesario utilizar alma de acero en éste, sino que por el contrario al mantener un cable con alma de fibra se obtienen mejores resultados en cuanto a la elasticidad del cable. El alma de fibra sintética presenta mejor comportamiento en humedad si se lo compara con los de fibra natural.

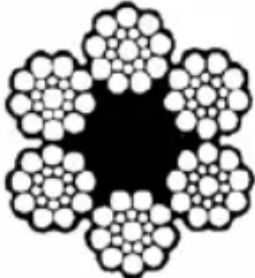


- ✓ Exposición a la corrosión

Las condiciones ambientales son las mismas que para el cable carril, por lo tanto, se recomienda el uso de un cable en acabado negro o brillante.

- ✓ Otras consideraciones

Por cuestiones de manejabilidad se recomienda el uso de un cable preformado y arrollamiento corriente.

	DIAMETRO	1/2 "
	CONSTRUCCION	6 X 19 (9/9/1)
	ALMA	FIBRA
	TORCIDO	REGULAR DERECHO
	ACABADO	NEGRO
	PESO ESPECÍFICO	4.97 T/m3
	MODULO DE ELASTICIDAD	5000 kg/m <sup>2</sup>

*Figura 3.7 Detalle del Cable Escogido.*

No es necesario verificar los alargamientos durante la fase de operación ya que, mediante las poleas del vehículo, la sección del cable motriz que se encuentra operando adopta la geometría paralela a la del cable carril

#### 4. Pasos del desarrollo de la programación.

Desarrollo:

Para hacer esta práctica aplicamos el código de optimización en MATLAB, en donde le hacemos algunas modificaciones para hacer los cálculos correctos hacia nuestro cable de teleférico. Se hace la modificación del código, en donde se da la declaración del vacío en la figura:

```
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        if ely>21
            if elx<31
                passive(ely,elx) = 1;
            else
                passive(ely,elx) = 0;
            end
        end
    end
end
```

Declaración de fuerza:

```
F(40,1) = -1;
```

Después se hace la declaración de vacío de la figura T:

```
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        if ely>21
            if elx<21
                passive(ely,elx) = 1;
            elseif elx>41
                passive(ely,elx)=1;
            else
                passive(ely,elx) = 0;
            end
        end
    end
end
```

Se hace la declaración de las fuerzas que se van a aplicar:

**F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;**

Código completo con una carga:

```
%%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999
%%%
function new_pr42_f(nelx, nely, volfrac, penal, rmin)
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        if ely>21
            if elx<21
                passive(ely,elx) = 1;
            elseif elx>41
                passive(ely,elx)=1;
            else
                passive(ely,elx) = 0;
            end
        end
    end
end
x(find(passive))=0.001;
loop = 0; change = 1.;
% START ITERATION
while change > 0.01
    loop = loop + 1;
    xold = x;
    % FE-ANALYSIS
    [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
    % OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
    [KE] = lk;
    c = 0.;
    for ely = 1:nely
        for elx = 1:nelx
            n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
            n2 = (nely+1)* elx +ely;
            dc(ely,elx)=0.;
            for i=1:2
                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);
                c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
                dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)* Ue'*KE*Ue;
            end
        end
    end
end
```

```

end
% FILTERING OF SENSITIVITIES
[dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
% DESIGN UPDATE BY THE OPTIMALITY CRITERIA METHOD
[x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
% PRINT RESULTS
change = max(max(abs(x-xold)));
disp([' It.: ' sprintf('%4i',loop) ' Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
      ' Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
      ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change )])
% PLOT DENSITIES
colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off;pause(1e6);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% OPTIMALITY CRITERIA UPDATE %%%%%%%%%%%%%%
function [xnew]=OC(nelx, nely, x, volfrac, dc, passive)
l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
while (l2-l1 > 1e-4)
lmid = 0.5*(l2+l1);
xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid))));
xnew(find(passive))=0.001;
if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
l1 = lmid;
else
l2 = lmid;
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% MESH-INDEPENDENCY FILTER %%%%%%%%%%%%%%
function [dcn]=check(nelx, nely, rmin, x, dc)
dcn=zeros(nely,nelx);
for i = 1:nelx
for j = 1:nely
sum=0.0;
for k = max(i-round(rmin),1): min(i+round(rmin),nelx)
for l = max(j-round(rmin),1): min(j+round(rmin), nely)
fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
sum = sum+max(0,fac);
dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
end
end
dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%%%%%%
function [U]=FE(nelx, nely, x, penal)

```

```

[KE] = lk;
K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2); U = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2);
for ely = 1:nely
for elx = 1:nelx
n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
n2 = (nely+1)* elx +ely;
edof = [2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2;2*n1+1; 2*n1+2];
K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
end
end
% DEFINE LOADSAND SUPPORTS(HALF MBB-BEAM)
F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING
U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
U(fixeddofs,:)= 0;
%%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%%
function [KE]=lk
E = 1.;
nu = 0.3;
k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
-1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];

```

```

KE = E/(1-nu^2)* [ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];

```

```

1 %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCT
2 function Actividad4(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)
3 % INITIALIZE
4 x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
5 for ely = 1:nely
6     for elx = 1:nelx
7         if ely>21
8             if elx<21
9                 passive(ely,elx) = 1;
10            elseif elx>41
11                passive(ely,elx)=1;
12            else
13                passive(ely,elx) = 0;
14            end
15        end
16    end
17 end
18
19 Command Window
20 It.: 43 Obj.: 79.9833Vol.: 0.330 ch.: 0.018
21 It.: 44 Obj.: 79.9897Vol.: 0.330 ch.: 0.017
22 It.: 45 Obj.: 79.9854Vol.: 0.330 ch.: 0.016
23 It.: 46 Obj.: 79.9874Vol.: 0.330 ch.: 0.015
24 It.: 47 Obj.: 79.9875Vol.: 0.330 ch.: 0.015
25 It.: 48 Obj.: 79.9883Vol.: 0.330 ch.: 0.012
26 It.: 49 Obj.: 79.9890Vol.: 0.330 ch.: 0.012
27 It.: 50 Obj.: 79.9773Vol.: 0.330 ch.: 0.011
28 It.: 51 Obj.: 79.9764Vol.: 0.330 ch.: 0.010
29 It.: 52 Obj.: 79.9742Vol.: 0.330 ch.: 0.010

```

Código completo con múltiples cagas:

%%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999

%%%

function new\_pr42 f(nelx, nely, volfrac, penal, rmin);

% INITIALIZE

x(1:nely,1:nelx) = volfrac;

for ely = 1:nely

for elx = 1:nelx

if ely>21

if elx<21

passive(ely,elx) = 1;

elseif elx>41

passive(ely,elx)=1;

else

passive(ely,elx) = 0;

end

end

end

end

x(find(passive))=0.001;

loop = 0; change = 1.;

% START ITERATION

while change > 0.01

loop = loop + 1;

xold = x;

% FE-ANALYSIS

[U]=FE(nelx,nely,x,penal);

% OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS

[KE] = lk;

c = 0.;

```

for ely = 1:nely
for elx = 1:nelx
n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
n2 = (nely+1)* elx +ely;
dc(ely,elx)=0.;
for i=1:2
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);
c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)* Ue'*KE*Ue;
end
end
end
% FILTERING OF SENSITIVITIES
[dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
% DESIGN UPDATE BY THE OPTIMALITY CRITERIA METHOD
[x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
% PRINT RESULTS
change = max(max(abs(x-xold)));
disp([' It.: ' sprintf('%4i',loop) ' Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
'Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
' ch.: ' sprintf('%6.3f',change )])
% PLOT DENSITIES
colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off;pause(1e6);
end
%%%%%%%%%%%%% OPTIMALITY CRITERIA UPDATE %%%%%%%%%%%%%%
function [xnew]=OC(nelx, nely, x, volfrac, dc, passive)
l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
while (l2-l1 > 1e-4)
lmid = 0.5*(l2+l1);
xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid))));
xnew(find(passive))=0.001;
if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
l1 = lmid;
else
l2 = lmid;
end
end
%%%%%%%%%%%%% MESH-INDEPENDENCY FILTER %%%%%%%%%%%%%%
function [dcn]=check(nelx, nely, rmin, x, dc)
dcn=zeros(nely,nelx);
for i = 1:nelx
for j = 1:nely
sum=0.0;
for k = max(i-round(rmin),1): min(i+round(rmin),nelx)

```

```

for l = max(j-round(rmin),1): min(j+round(rmin), nely)
    fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
    sum = sum+max(0,fac);
    dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
end
end
dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
end
end

%%%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%%%
function [U]=FE(nelx, nely, x, penal)
[KE] = lk;
K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2); U = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2);
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
        n2 = (nely+1)* elx +ely;
        edof = [2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2;2*n1+1; 2*n1+2];
        K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
    end
end

% DEFINE LOADSAND SUPPORTS(HALF MBB-BEAM)
F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING
U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
U(fixeddofs,:)= 0;

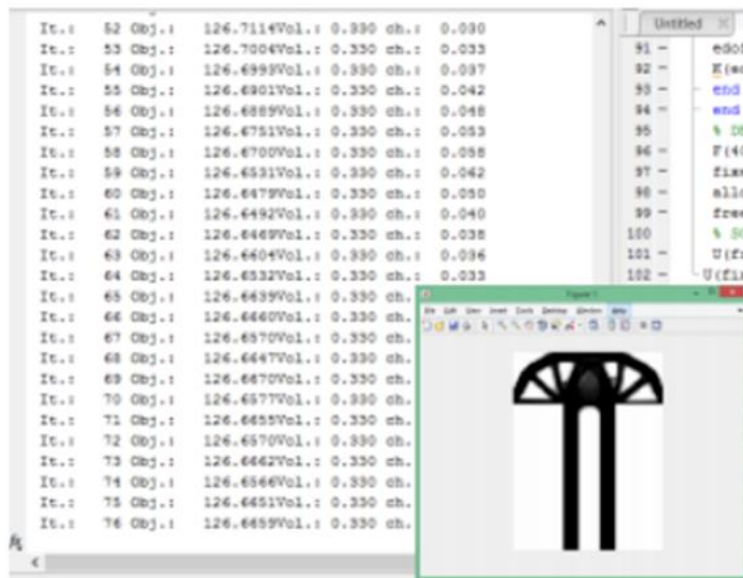
%%%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%%%
function [KE]=lk
E = 1.;
nu = 0.3;
k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
-1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];
KE = E/(1-nu^2)* [ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)

k(2)      k(1)      k(8)      k(7)      k(6)      k(5)      k(4)      k(3)
k(3)      k(8)      k(1)      k(6)      k(7)      k(4)      k(5)      k(2)
k(4)      k(7)      k(6)      k(1)      k(8)      k(3)      k(2)      k(5)
k(5)      k(6)      k(7)      k(8)      k(1)      k(2)      k(3)      k(4)
k(6)      k(5)      k(4)      k(3)      k(2)      k(1)      k(8)      k(7)

```



k(7)      k(4)      k(5)      k(2)      k(3)      k(8)      k(1)      k(6)  
k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];



Resultados:

Al hacer los códigos en Matlab queda las siguientes figuras:

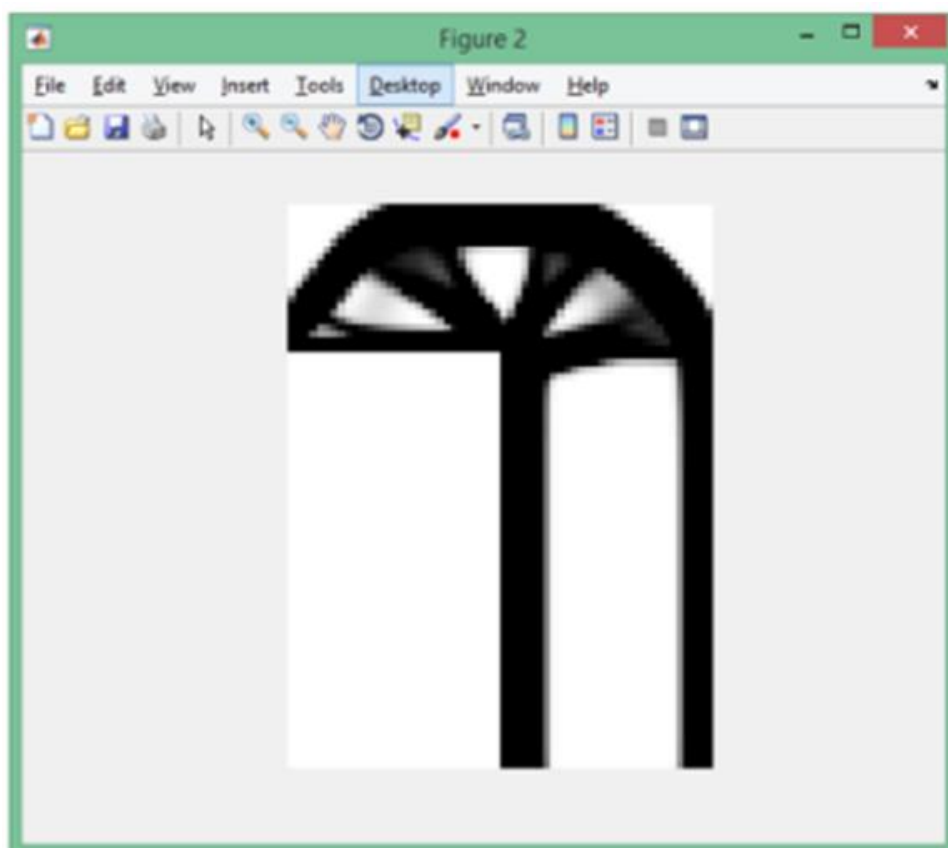


Figura del primer código.

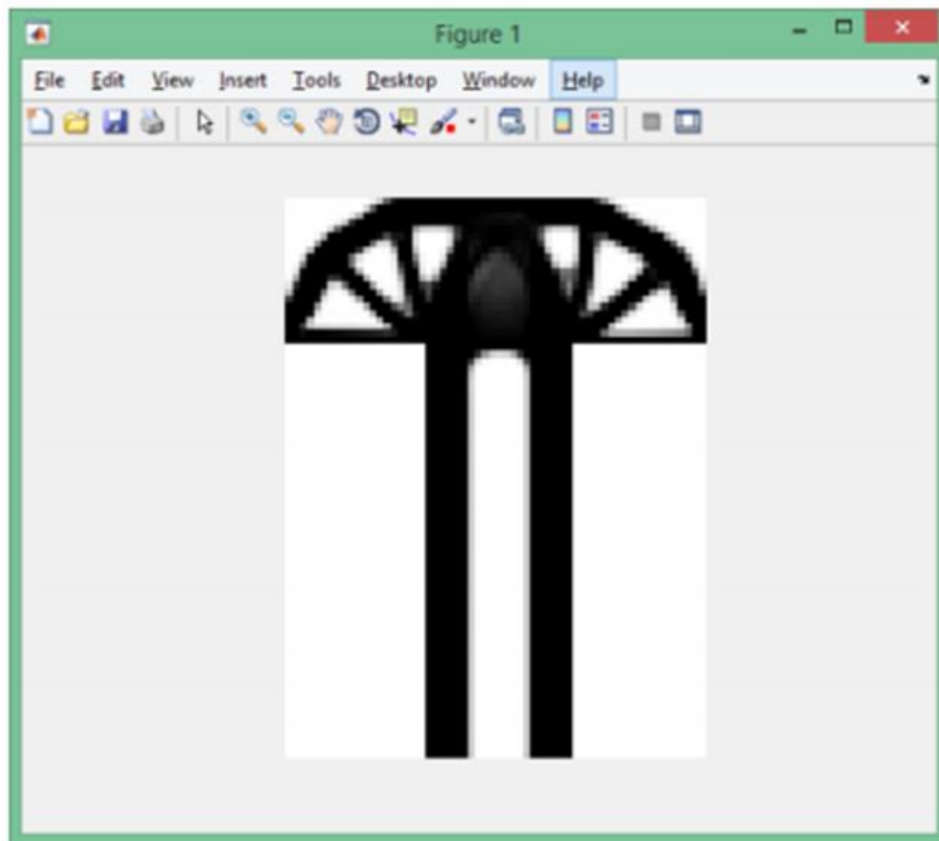


Figura del segundo código.

## 5. Resultados de la optimización.

## **6. Conclusiones por cada autor**

### **Fátima Montserrat Zarazúa Uribe 1811014**

En este reporte mostramos lo que se ha logrado con la práctica usando Matlab, observamos que lleva más tiempo hacerlo que antes porque el software tiene que pasar por un proceso para optimizar el trabajo, adicionalmente mirando el pasivo como lo requiere la gráfica. debe ser considerado un espacio destinado a elementos. Se puede observar que existe una geometría muy similar entre ellos en los resultados del caso propuesto. Con dos cargas, la forma de la pieza es simétrica con respecto al eje Y porque las fuerzas se aplican simétricamente en direcciones opuestas. De lo que hemos hecho, podemos concluir que, a pesar de pensar que algo no se tiene en cuenta, el sistema está tratando de ser un vacío que no debería ser, y necesitamos evaluar su diseño óptimo para el diagrama.

### **Jair Alejandro Tamayo Ibarra 1815498**

Una vez hecho la práctica podemos observar el estudio de cargas que se aplican a pesar de las limitantes que puede llegar a tener, tomando en cuenta sus características; utilizamos matlab donde se usó un código para la optimización de un sistema

### **Karen Alexa Pérez Ortiz 1904708**

Gracias a la elaboración de esta práctica se pudo observar como por medio del estudio con múltiples cargas y tomando en cuenta la consideración de las implicaciones que esto conlleva se pudo diseñar la geometría, los alcances y las limitaciones en las que consiste la elaboración de un teleférico, así como el reforzamiento del cable del mismo para la utilización de dos teleféricos en este mismo, todo esto se desarrolló con ayuda del programa de Matlab donde se utilizó un código para la optimización de este sistema.

### **Jorge Luis Avila Hernández 1905338**

Se conocieron ciertos conceptos básicos del uso del teleférico, así como también los elementos que lo conforman, complementando con el estudio de cargas realizados en Matlab, y en el software se observó el comportamiento que tenían el código con una sola carga y el otro con múltiples cargas, permitiendo así la observación de unas notables diferencias.

**Ana Cristina Lucio Iracheta 1907905**

En esta práctica investigamos sobre los teleféricos para posteriormente poder realizar un estudio de cargas en Matlab, en dicho estudio tuvimos que tomar en cuenta diferentes factores para diseñar la geometría, una vez realizado esto analizamos el resultado por medio de un código para la optimización del sistema.

**Ana Belén Bolaños Carbajal 1908896**

Los cables aéreos o teleféricos son sistemas de transporte aéreo constituidos por cabinas colgadas de una serie de cables que se encargan de hacer avanzar a las unidades a través de las estaciones. En este reporte correspondiente a la práctica número 4 se realizó un análisis de formas y ejecución de la programación de los cables teleféricos, estos fueron dos: código con una carga y otro para múltiples cargas. Una vez ejecutado en el software de programación, en este caso matlab, pudimos observar el comportamiento de cada uno de los códigos anteriores.

## Referencias Bibliográficas

Ciencia, C. (2022, 3 febrero). *Qué es un teleférico*. CurioSfera

Ciencia. <https://curiosfera-ciencia.com/que-es-un-teleferico-como-funciona/amp/>

*Doppelmayr Garaventa group - ropeways, cable cars and ski lifts*. (2022, 1

febrero). <https://www.doppelmayr.com>

Killer666, K. (2016, 6 julio). *CRITERIOS Y ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE UN TELEFÉRICO*.

[https://www.academia.edu/26795263/CRITERIOS Y ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE UN TELEFÉRICO](https://www.academia.edu/26795263/CRITERIOS_Y_ALTERNATIVAS_PARA_EL_DISEÑO_DE_UN_TELEFÉRICO)

Mejia Vargas, A. F. (2011). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CARGA POR MEDIO DE CABLES PARA TOPOGRAFIA DE GRAN PENDIENTE*. UNIVERSIDAD EAFIT.

<https://core.ac.uk/download/pdf/47242348.pdf>