

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Laboratorio de Biomecánica

Práctica 4. Refuerza del cable de un teleférico.

Nombre:	Matricula:	Carrera:
Campos Miranda Julio Emilio	1917048	IMTC
Cruz Puente Sergio Eduardo	1903115	IMTC
Cynthia Belen Guerrero Pardo	1026215	IMTC
Jorge Luis Salinas Garza	1916367	IMTC
Acuña Rodríguez Christopher Russ	1894698	IMTC

Maestro: Ing Isaac Estrada

Grupo: 309

Hora: N5

Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza.

26 de Octubre de 2022

Práctica 4. Refuerza del cable de un teleférico.

Objetivo

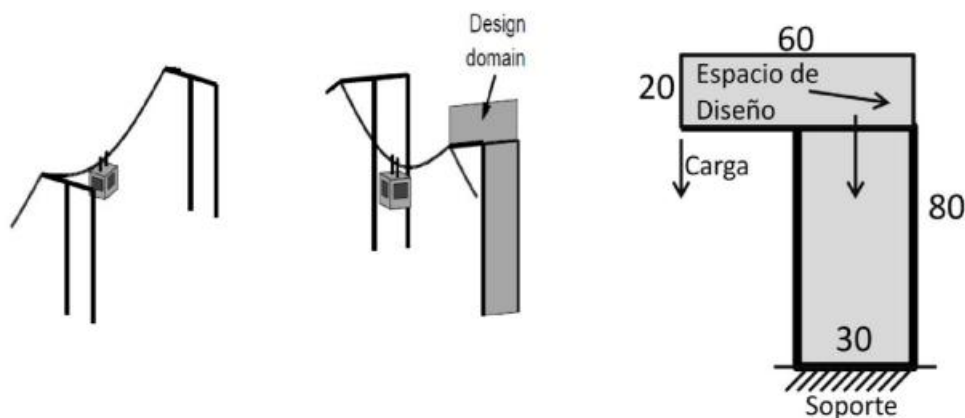
El estudiante deberá presentar una propuesta de análisis de las formas y de la programación para la ejecución de la optimización (descripción funcional) de características de trabajo específicas que presenta la(s) ventaja(s).

Nombre y definición de la Geometría

El teleférico es un medio de transporte que consiste en cabinas con capacidad para llevar un grupo de personas. Estas cabinas viajan suspendidas en el aire transportadas por uno o varios cables. Por ser una estructura poco convencional no se cuenta con un código que norme su diseño y construcción. Un teleférico debe ser visualizado como sistema estructural en el que sus componentes (anclajes, apoyos, cables) tienen comportamientos diferentes pero que funcionan en conjunto.

El sistema de cada teleférico está compuesto por uno o más cables (dependiendo del tipo). El primer cable está fijo y sirve para sostener las cabinas, el segundo está conectado a un motor (ubicado en la estación) y hace mover las cabinas.

El teleférico es un medio de transporte que consiste en cabinas con capacidad para llevar un grupo de personas. Estas cabinas viajan suspendidas en el aire transportadas por uno o varios cables. La mayoría de estos medios de transporte son accionados por energía eléctrica. Este transporte se usa en zonas con grandes diferencias de altura, donde el acceso por carretera o ferrocarril resulta difícil.



Estado del Arte.

Los sistemas de teleférico requieren como mínimo dos **estaciones**. Una estación se construye en el punto de inicio del teleférico y la otra en su punto final. En cuanto a los aspectos técnicos de un teleférico, el motor, los frenos de servicio o el panel de mando no se sitúan en el vehículo sino directamente en la estación.

Dependiendo de las necesidades específicas del proyecto, la **motriz** se puede ubicar tanto en la estación inferior o superior, en configuración enterrada o aérea, en las variantes motriz fija o motriz tensora. Un grupo motor clásico está formado al menos por un motor, un freno de servicio, un freno de emergencia y el reductor de velocidad.

La línea

Ningún otro elemento como la morfología del terreno es capaz de influir tan claramente en las características de la línea de un teleférico. En consecuencia, es importante el desarrollo de todos los aspectos de los componentes y su correcto funcionamiento, los cuales ofrecen a los pasajeros el máximo confort y seguridad. La línea tiene diferentes componentes, como las pilonas, los balancines y el cable.

Las pilonas

Las pilonas deben soportar el peso del vehículo con los pasajeros y, por este motivo, su construcción es robusta. Los vehículos pueden circular por ambos lados de la pila. Las pilonas individuales están formadas por una combinación de tubos de acero de diferente longitud, diámetro y espesor de la pared. En función de la morfología del terreno, las pilonas se transportarán hasta el área de la obra en helicóptero y se montaron allí. Las pilonas especiales son pilonas con una altura de más de 30 metros, construidas como pilonas tubulares divididas o como soportes en celosía.

Los balancines

Los balancines sirven para dirigir el cable portante a lo largo de la línea. Cada balancín está compuesto por una disposición de poleas. El número de poleas depende del peso que el cable debe transportar. Cada polea está compuesta por un cuerpo base, el anillo giratorio y la rueda con bridas.

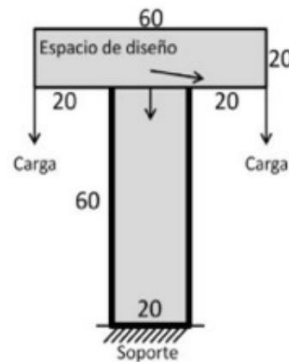


El cable

El cable da nombre a todos los sistemas de transporte por cable, los teleféricos. Los cables de acero están compuestos de hilos de cable que se retuercen alrededor del núcleo del cable. Empresas especializadas fabrican los cables y los montan en el lugar.

Propuesta

Como se mencionó, en esta práctica se realizará el diseño y la optimización de un cable de teleférico y se sugiere un refuerzo que pueda sostener 2 teleféricos a la vez, como se ve en la figura 1.



Como vemos, tenemos que aplicar 2 cargas al refuerzo y se necesitará hacer el uso de espacios en blanco como en la práctica anterior.

Desarrollo

Para realizar el procedimiento necesario, utilizaremos el código implementado en la práctica 3, haciéndole algunos ajustes en partes del código para que se pueda diseñar bien la forma deseada.

Código de la práctica 3

```
1  %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLESGIMUND, OCTOBER 1999 %%%
2  function Practica3(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
3  % INITIALIZE
4  x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
5  loop = 0;
6  change = 1.;
7  %Se declara el espacio en blanco
8  for ely = 1:nely
9      for elx = 1:nelx
10         if ((ely-(nely*0.5))<(2*elx)-(1.36*nelx)) & (ely < (1+nely*0.5)) & (elx > (1+nelx)*0.6666)
11             passive(ely,elx) = 1;
12         else
13             passive(ely,elx) = 0;
14         end
15     end
16 end
17 x(find(passive))=0.001;
18 change = 1.;
```

Código modificado para la práctica 4

```
1  %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
2  function Practica4(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 x(find(passive))=0.001;
19 loop = 0; change = 1.;
```

Código de la práctica 3

```
25 %13 OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
26 [KE] = lk;
27 c = 0.;
28 for ely = 1:nely
29 for elx = 1:nelx
30 n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
31 n2 = (nely+1)* elx +ely; %19
32 dc(ely,elx) = 0.;
33 for i = 1:5
34 Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2;
35 2*n1+1;2*n1+2],1);
36 c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
37 dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue;
38 end
39 end
40 end
```

Código modificado para la práctica 4

```
24 % OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
25 [KE] = lk;
26 c = 0.;
27 for ely = 1:nely
28 for elx = 1:nelx
29 n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
30 n2 = (nely+1)* elx +ely;
31 dc(ely,elx)=0.;
32 for i=1:2
33 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);
34 c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
35 dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)* Ue'*KE*Ue;
36 end
37 end
38 end
```

Código de la práctica 3

```
96 % DEFINE LOADSAND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
97 - F(2*nelx*(nely+1)+2,1) = 1;
98 - F(2*nelx*(nely+1)+(nely/4),2) = 1;
99 - F(2*nelx*(nely+1)+(nely/2),3) = 1;
100 - F(2*nelx*(nely+1)+(nely),4) = 1;
101 - F(2*nelx*(nely+1)+(nely*1.2),5) = 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;
```

Código modificado para la práctica 4

```
95 % DEFINE LOADSAND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
96 - F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
97 - fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
98 - alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
99 - freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
100 % SOLVING
101 - U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \ F(freedofs,:);
102 - U(fixeddofs,:)= 0;
```

En esta última parte, es donde se asignan las cargas correspondientes, y como en la práctica 3 tenemos más cargas, las tuvimos que reducir y ajustar para esta práctica 4.

Código final implementado

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

function Practica4(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
6
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(1e-6);
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;
7
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];

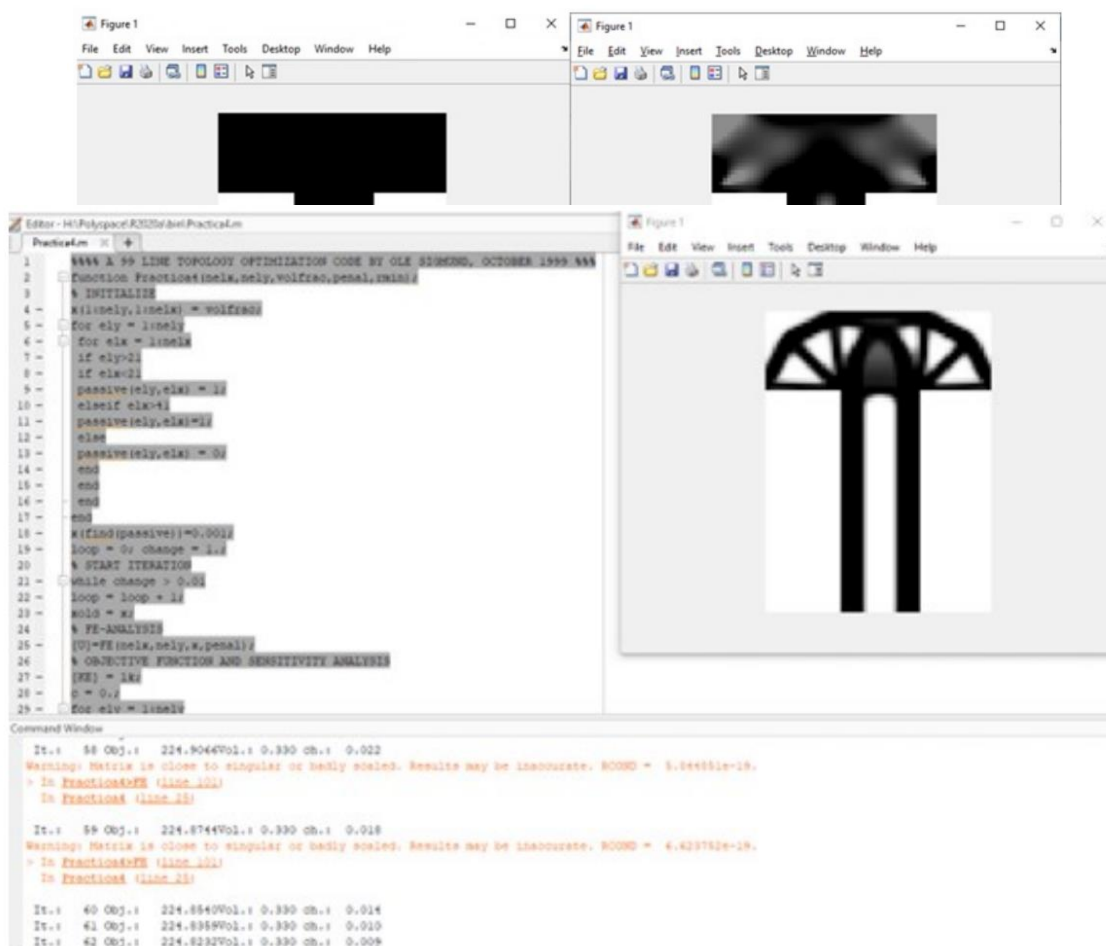
```


$KE = E/(1-\nu^2) * [\begin{matrix} k(1) & k(2) & k(3) & k(4) & k(5) & k(6) & k(7) & k(8) \\ k(2) & k(1) & k(8) & k(7) & k(6) & k(5) & k(4) & k(3) \\ k(3) & k(8) & k(1) & k(6) & k(7) & k(4) & k(5) & k(2) \\ k(4) & k(7) & k(6) & k(1) & k(8) & k(3) & k(2) & k(5) \\ k(5) & k(6) & k(7) & k(8) & k(1) & k(2) & k(3) & k(4) \\ k(6) & k(5) & k(4) & k(3) & k(2) & k(1) & k(8) & k(7) \\ k(7) & k(4) & k(5) & k(2) & k(3) & k(8) & k(1) & k(6) \\ k(8) & k(3) & k(2) & k(5) & k(4) & k(7) & k(6) & k(1) \end{matrix}];$

Resultado

Inicio de la optimización

Optimización complete



Conclusiones

Sergio Eduardo Cruz Puente 1903115

Durante la elaboración de esta práctica del laboratorio, se logró entender las distintas formas en que se pueden emplear desarrollos tecnológicos CAD para el procesamiento de datos de estructuras, en este caso logramos ver los esfuerzos y deformaciones que presentaba una geometría, la cual conforme vimos en estudios pasados mecanica vectorial y resistencia de materiales. Los esfuerzos alteran linealmente a las deformaciones ya que mientras aumenta el grado del esfuerzo en la geometría, esta va presentando zonas críticas donde se presentaría una ruptura o deformación permanente. Finalmente, gracias a la interfaz CAD se logró apreciar cómo funciona un sistema de colores que nos indican el grado de esfuerzo aplicado en ciertas áreas y así ver cuáles son las más afectadas, esto en base a un mallado por nodos que nos permite calcular las interacciones de la fuerza en la geometría.

Julio Emilio Camps Miranda 1917048

En la elaboración de esta práctica, se atravesaron diferentes desafíos que fueron resueltos gracias al apoyo en el CAD., gracias a esta herramienta hemos podido realizar más prácticas y ver la implementación de algunas. En esta ocasión fue un teleférico lo que analizamos para esta práctica, con ayuda del código proporcionado fue que pudimos ver la simulación y los resultados que se deseaban.

Christopher Russ Acuña Rodríguez 1894698

Para finalizar la práctica, se pudo generar un diseño eficiente de manera satisfactoria. El objetivo de crear un cable reforzado el cuál sea optimizado por el diseño generativo fue el punto de partida para esta práctica, y al concluir con esta se logró el objetivo. Se usó el código original y fue adaptado para la nueva estructura y sus puntos de apoyo con el fin de poder generar un diseño el cual cumpla con los requerimientos.

Cynthia Belen Guerrero Pardo 1926215

Como conclusión ya para finalizar esta práctica, hicimos otra vez énfasis en el diseño de las estructuras como lo fue también en la práctica pasada, sin embargo, esta se basó en el reforzamiento de un cable teleférico a diferencia del panorámico; por supuesto, con el uso de las herramientas CAD pudimos obtener lo que son los esfuerzos y deformaciones de la geometría de la estructura lo cual nos ayudó a hacer un análisis extenso sobre como funciona esto.

Jorge Luis Salinas Garza 1916367

Gracias a la realización de esta práctica se puede observar que en los resultados de los casos propuestos se tiene una geometría muy similar entre ellos. En el caso de dos cargas, este como las fuerzas son aplicadas en opuestos simétricos la forma de pieza es simétrica en el eje Y También teniendo en cuenta el punto clave de en realidad en que consiste un teleférico y sus respectivos componentes ya que nos podemos basar de ellos as fuerzas y las cargas que de estas se componen, por otro lado, empezando con lo que hicimos podemos concluir que aunque se

crea que algo no se toma en cuenta dentro de un sistema de esfuerzos por ser un espacio en blanco, esto no debe ser así, debemos darle la importancia para el diseño óptimo del diagrama.