



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



Agosto - Diciembre 2022

Unidad de Aprendizaje: Laboratorio de Biomecánica

Practica No. 4

Nombre	Matricula
Gabryiel Bailon Avila	1869828
Carlos Eduardo Rivera López	1897545
Víctor Adrián Higuera Vázquez	1876474
Andrés Anaya Hernández	1914471
César Armando Luna Zapata	1844920

Hora: Martes V2

San Nicolás de los Garza, Nuevo León fecha: 25-October -2022

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).

ESTADO DEL ARTE

El teleférico o cable aéreo es un sistema de transporte que comenzó a utilizarse, al menos, desde el 250 a.C., llegando a alcanzar un gran desarrollo tecnológico a finales del siglo XIX. En esta época era empleado exclusivamente en minería, pero también en otras ramas de la industria. Su ventaja sobre los sistemas de transporte convencionales radica en la facilidad para atravesar terrenos abruptos e inclinados, imposibles de superar para aquéllos, obteniendo, además, costes muy baratos sin posible competencia.

De los dos principales sistemas, monocable y bicable, el segundo fue el que demostró mejores cualidades técnicas y ventajas económicas y es por eso que hemos optado en el Proyecto Minero Vereda Guayaquil junto con Mi nexCorp y Pensilvania Gold & Mineral.

Teleférico monocable: es aquel en el que el cable transportador realiza las funciones de cable portante y tractor. Las vagonetas se conectan al cable mediante mordazas de forma permanente o temporal.

Teleférico bicable: es el que tiene un cable portante sobre el que rueda el carretón de la vagoneta, que es propulsada por un cable tractor al que va agarrada. El término bicable no se refiere al número de cables presentes sino a las dos funciones que desempeñan, sustentadora y tractora.

La extraordinaria calidad de los materiales metálicos empleados en su construcción ha permitido que, si no se han desmantelado, se conserven en buen estado constituyendo un importante legado de la operación minera que, en algunos casos, tiene la consideración de patrimonio minero.

NOMBRE Y DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA

El teleférico es un sistema de transporte aéreo constituido por cabinas colgadas de una serie de cables que se encargan de hacer avanzar a las unidades a través de las estaciones. Cuando las cabinas van por tierra se denomina funicular. 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 shola está conectado a un motor (ubicado en la estación) y hace mover las cabinas. Algunos teleféricos usan dos cabinas por tramo (trayecto entre estación y estación) a fin de crear un contrapeso. Otros sistemas más complejos tienen varias cabinas suspendidas simultáneamente en cada dirección.

PROPUESTA DE DISEÑO DE LA GEOMETRÍA, ALCANCES Y LIMITACIONES

El teleférico de la figura 4.1 necesita un refuerzo en su apoyo. Sugiera un refuerzo según la información dada en la figura 4.2.



Figura 4.1: Teleférico diseño

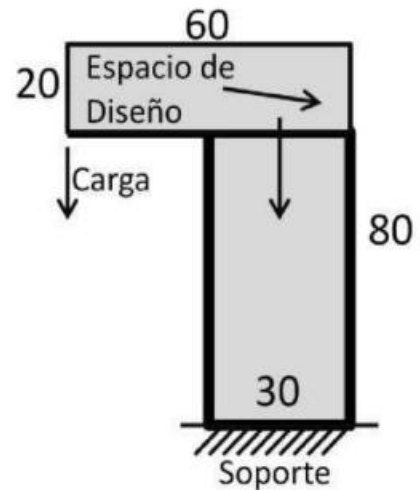


Figura 4.2: Espacio de

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.

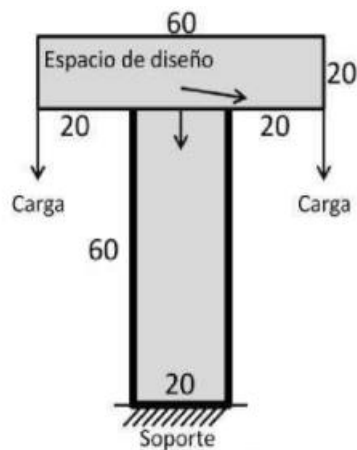


Figura 4.3: Espacio de diseño para dos cargas.

IMPLEMENTACIÓN O DESARROLLO DEL PROTOTIPO

Modificación en el código

```

%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY GLENNYMSD, OCTOBER 1999
function topp(nelx,nely,volfrac,penal,xmin);
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        if ely>21
            if elx<31
                passive(ely,elx) = 1;
            else

```

```

        passive{ely,elix} = 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)*(elix-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,elix)^penal*KE;
        end
    end
end
% DEFINE LOADSAND SUPPORTS (HALF HEB-BEAM)
F(40,1) = -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 12?
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)];
end

```

PROCEDIMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN

Ejercicio 1

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
end
end

```

Declaración de fuerza:

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

Este es el resultado que arroja el Matlab al poner los valores de (60,80,0.33,3,1.5)

Command Window

```

>> top(60,80,0.33,3,1.5)
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND =
3.577286e-18.
> In topFE at 101
In top at 24
It.: 10Obj.: 12980.2260 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND =
2.603734e-18.
> In topFE at 101
In top at 24
It.: 20Obj.: 3133.7205 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND =
2.185678e-18.
> In topFE at 101
In top at 24
It.: 30Obj.: 1776.7941 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND =
6.201724e-18.
> In topFE at 101
In top at 24
It.: 40Obj.: 1094.9499 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
It.: 50Obj.: 816.1555 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
It.: 60Obj.: 738.1655 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
It.: 70Obj.: 701.3656 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
It.: 80Obj.: 688.3020 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
It.: 90Obj.: 680.2337 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
It.: 100Obj.: 673.3752 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND =
.....

```

Workspace

Name	Value	Min
top3(60,80,0.2,3,0,1.5)		
topp(60,80,0.2,0.3,1.5)		
top(60,80,0.2,0.3,1.5)		
clc		
topp(20,60,0.2,0.3,1.5)		
top(20,60,0.2,0.3,1.5)		
clc		
top(60,20,0.2,0.3,1.5)		
top(60,80,0.2,0.3,1.5)		
clc		
top(60,80,0.33,3,1.5)		

Command History

```

top3(60,80,0.2,3,0,1.5)
25/10/2019 15:34 --%
topp(60,80,0.2,0.3,1.5)
top(60,80,0.2,0.3,1.5)
clc
topp(20,60,0.2,0.3,1.5)
top(20,60,0.2,0.3,1.5)
clc
top(60,20,0.2,0.3,1.5)
top(60,80,0.2,0.3,1.5)
clc
top(60,80,0.33,3,1.5)

```

Command Window

```

It.: 110Obj.: 667.6246 Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND =
2.108856e-18.
> In topFE at 101
In top at 24
It.: 120Obj.: 662.8546 Vol.: 0.330 ch.: 0.182
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND =
3.226443e-18.
> In topFE at 101
In top at 24
It.: 130Obj.: 656.9428 Vol.: 0.330 ch.: 0.133
It.: 140Obj.: 653.4488 Vol.: 0.330 ch.: 0.105
It.: 150Obj.: 650.4052 Vol.: 0.330 ch.: 0.101
It.: 160Obj.: 647.2321 Vol.: 0.330 ch.: 0.099
It.: 170Obj.: 644.1686 Vol.: 0.330 ch.: 0.101
It.: 180Obj.: 643.1558 Vol.: 0.330 ch.: 0.073
It.: 190Obj.: 643.1319 Vol.: 0.330 ch.: 0.060
It.: 200Obj.: 643.1030 Vol.: 0.330 ch.: 0.056
It.: 210Obj.: 643.0305 Vol.: 0.330 ch.: 0.052
It.: 220Obj.: 642.9601 Vol.: 0.330 ch.: 0.047
It.: 230Obj.: 642.8907 Vol.: 0.330 ch.: 0.043
It.: 240Obj.: 642.8040 Vol.: 0.330 ch.: 0.041

```

Workspace

Name	Value	Min
top3(60,80,0.2,3,0,1.5)		
topp(60,80,0.2,0.3,1.5)		
top(60,80,0.2,0.3,1.5)		
clc		
topp(20,60,0.2,0.3,1.5)		
top(20,60,0.2,0.3,1.5)		
clc		
top(60,20,0.2,0.3,1.5)		
top(60,80,0.2,0.3,1.5)		
clc		
top(60,80,0.33,3,1.5)		

Command History

```

top3(60,80,0.2,3,0,1.5)
25/10/2019 15:34 --%
topp(60,80,0.2,0.3,1.5)
top(60,80,0.2,0.3,1.5)
clc
topp(20,60,0.2,0.3,1.5)
top(20,60,0.2,0.3,1.5)
clc
top(60,20,0.2,0.3,1.5)
top(60,80,0.2,0.3,1.5)
clc
top(60,80,0.33,3,1.5)

```

It.: 250Obj.: 642.7424 Vol.: 0.330 ch.: 0.040	top(20,60,0.2,0.3,1.5)
It.: 260Obj.: 642.6954 Vol.: 0.330 ch.: 0.039	clc
It.: 270Obj.: 642.6443 Vol.: 0.330 ch.: 0.035	top(60,20,0.2,0.3,1.5)
It.: 280Obj.: 642.5847 Vol.: 0.330 ch.: 0.033	top(60,80,0.2,0.3,1.5)
It.: 290Obj.: 642.5416 Vol.: 0.330 ch.: 0.033	clc
It.: 300Obj.: 642.4805 Vol.: 0.330 ch.: 0.032	top(60,80,0.33,3,1.5)
It.: 310Obj.: 642.4492 Vol.: 0.330 ch.: 0.030	

Command Window	Workspace
It.: 360Obj.: 642.1856 Vol.: 0.330 ch.: 0.023	Name = Value Mi
It.: 370Obj.: 642.1219 Vol.: 0.330 ch.: 0.024	
It.: 380Obj.: 642.0349 Vol.: 0.330 ch.: 0.025	
It.: 390Obj.: 641.9154 Vol.: 0.330 ch.: 0.026	
It.: 400Obj.: 641.7962 Vol.: 0.330 ch.: 0.026	
It.: 410Obj.: 641.6646 Vol.: 0.330 ch.: 0.027	
It.: 420Obj.: 641.4861 Vol.: 0.330 ch.: 0.028	
It.: 430Obj.: 641.3060 Vol.: 0.330 ch.: 0.029	
It.: 440Obj.: 641.0886 Vol.: 0.330 ch.: 0.028	
It.: 450Obj.: 640.8815 Vol.: 0.330 ch.: 0.028	
It.: 460Obj.: 640.6643 Vol.: 0.330 ch.: 0.027	
It.: 470Obj.: 640.2786 Vol.: 0.330 ch.: 0.025	
It.: 480Obj.: 639.9547 Vol.: 0.330 ch.: 0.026	
It.: 490Obj.: 639.6438 Vol.: 0.330 ch.: 0.023	
It.: 500Obj.: 639.6401 Vol.: 0.330 ch.: 0.024	
It.: 510Obj.: 639.6205 Vol.: 0.330 ch.: 0.025	
It.: 520Obj.: 639.6016 Vol.: 0.330 ch.: 0.024	
It.: 530Obj.: 639.5751 Vol.: 0.330 ch.: 0.023	
It.: 540Obj.: 639.5637 Vol.: 0.330 ch.: 0.022	
It.: 550Obj.: 639.5368 Vol.: 0.330 ch.: 0.020	
It.: 560Obj.: 639.5152 Vol.: 0.330 ch.: 0.018	
It.: 570Obj.: 639.5057 Vol.: 0.330 ch.: 0.016	
It.: 580Obj.: 639.4903 Vol.: 0.330 ch.: 0.015	
It.: 590Obj.: 639.4863 Vol.: 0.330 ch.: 0.013	
It.: 600Obj.: 639.4810 Vol.: 0.330 ch.: 0.012	
It.: 610Obj.: 639.4782 Vol.: 0.330 ch.: 0.011	
It.: 620Obj.: 639.4758 Vol.: 0.330 ch.: 0.011	
It.: 630Obj.: 639.4629 Vol.: 0.330 ch.: 0.010	
It.: >>	Command History
	top3(60,80,0.2,3.0,1.5)
	25/10/2018 15:34
	topp(60,80,0.2,0.3,1.5)
	top(60,80,0.2,0.3,1.5)
	clc
	topp(20,60,0.2,0.3,1.5)
	top(20,60,0.2,0.3,1.5)
	clc
	top(60,20,0.2,0.3,1.5)
	top(60,80,0.2,0.3,1.5)
	clc
	top(60,80,0.33,3,1.5)

Ejercicio 2

Modificaciones en el código:

```

top4.m  x  +
1      %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999
2      function top4(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);

for elx = 1:nelx
    n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
    n2 = (nely+1)* elx +ely;
    edof = [3*n1-1; 2*n1; 3*n2-1; 3*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 LOADS AND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
F(40,1) = -1.;
F(9760,3) = 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];

```

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
end

```

Declaración de fuerzas:

```

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

```

Resultado mostrado agregando los valores de (60,80,0.33,3,1.5):

Command Window

```

It.: 35 Obj.: 216.3079Vol.: 0.330 ch.: 0.010
>> top4(60,80,0.33,3,1.5)
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND = 1.922372e-18.
> In top4FE at 124
In top4 at 24
It.: 1 Obj.: 5132.6410Vol.: 0.276 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND = 1.000000e-18.
> In top4FE at 124
In top4 at 24
It.: 2 Obj.: 1238.9544Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND = 1.212216e-18.
> In top4FE at 124
In top4 at 24
It.: 3 Obj.: 517.4034Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND = 5.478487e-18.
> In top4FE at 124
In top4 at 24
It.: 4 Obj.: 844.8710Vol.: 0.330 ch.: 0.200
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND = 5.109918e-18.
> In top4FE at 124
In top4 at 24
It.: 5 Obj.: 273.6289Vol.: 0.330 ch.: 0.200
It.: 6 Obj.: 248.7605Vol.: 0.330 ch.: 0.177
It.: 7 Obj.: 238.2534Vol.: 0.330 ch.: 0.143

```

Workspace

Name	Value	Memory
top4(60,80,0.33,3,1.5)		
c1c		
top4(60,80,0.33,3,1.5)		
top4(60,80,0.33,3,1.5)		
c1c		
top4(60,80,0.33,3,1.5)		
top4(60,80,0.20,3,1.5)		
c1c		
top4(60,80,0.40,3,1.5)		
top4(60,80,0.35,3,1.5)		
top4(60,80,0.33,3,1.5)		

Command History

```

top4(60,80,0.33,3,1.5)
c1c
top4(60,80,0.33,3,1.5)
top4(60,80,0.33,3,1.5)
c1c
top4(60,80,0.33,3,1.5)
top4(60,80,0.20,3,1.5)
c1c
top4(60,80,0.40,3,1.5)
top4(60,80,0.35,3,1.5)
top4(60,80,0.33,3,1.5)

```

Command Window

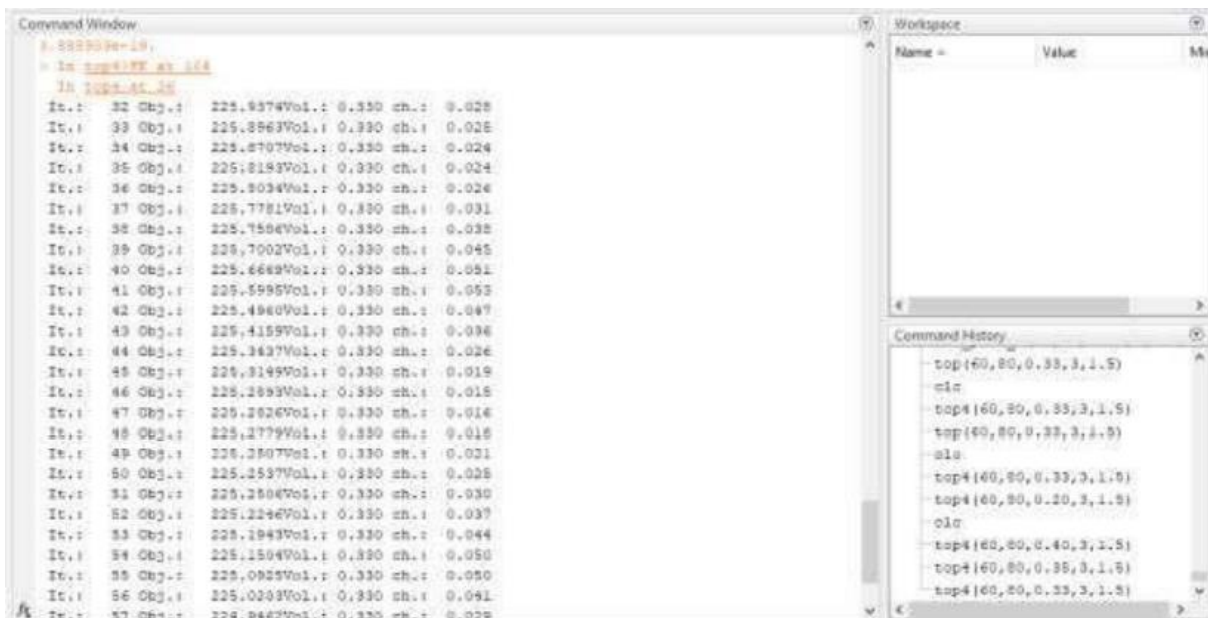
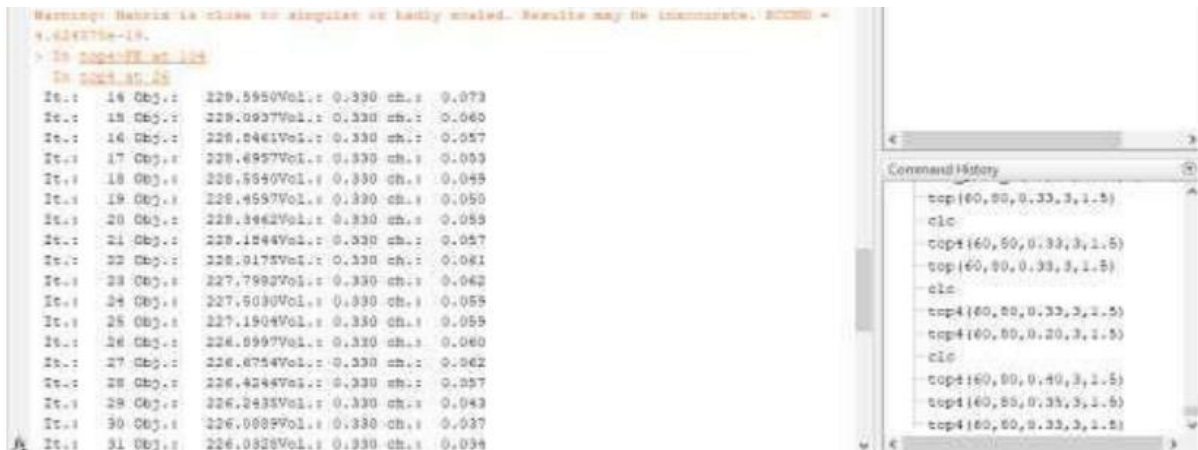
```

It.: 7 Obj.: 238.2534Vol.: 0.330 ch.: 0.143
It.: 8 Obj.: 234.8129Vol.: 0.330 ch.: 0.099
It.: 9 Obj.: 233.3421Vol.: 0.330 ch.: 0.110
It.: 10 Obj.: 232.2694Vol.: 0.330 ch.: 0.080
It.: 11 Obj.: 231.4424Vol.: 0.330 ch.: 0.084
It.: 12 Obj.: 230.5388Vol.: 0.330 ch.: 0.090
It.: 13 Obj.: 230.2684Vol.: 0.330 ch.: 0.088

```

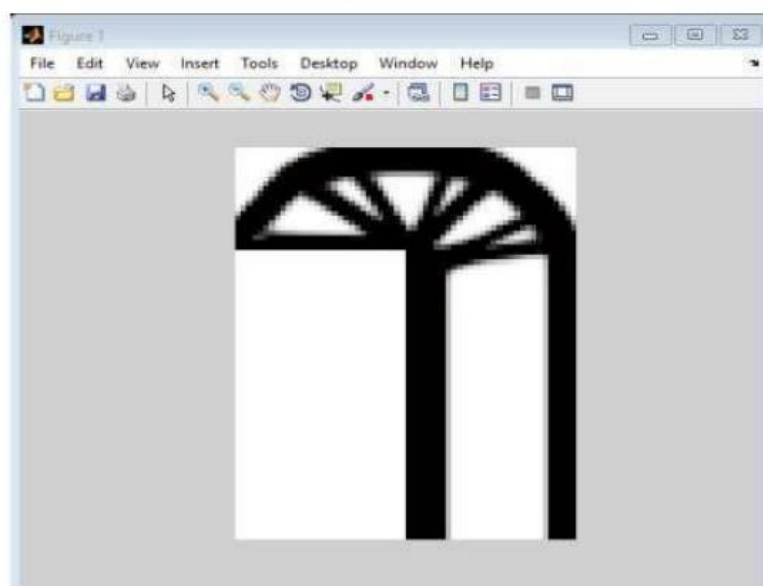
Workspace

Name	Value	Memory

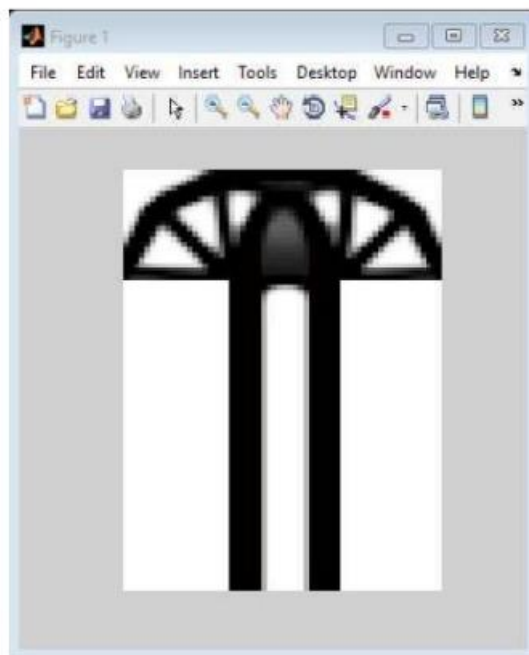


RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN

Ejercicio 1



Ejercicio 2



CONCLUSIONES

Andrés Anaya Hernández

En esta práctica se implementó la topología para análisis de cargas como medio para llevar a cabo una propuesta de diseño para el prototipo de un teleférico y así observar una de las aplicaciones que tiene este tipo de análisis en lo que respecta al diseño.

Carlos Eduardo Rivera López

Al hacer esta actividad, podemos poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la clase de biomecánica, además de poder hacer la optimización vía software, el cual para esta ocasión fue Matlab, con lo cual se puede ver la forma en que se pueden optimizar las piezas para un funcionamiento mejor.

César Armando Luna

En esta actividad pusimos en práctica conocimientos adquiridos en biomecánica, pero ahora los aplicamos al desarrollo de diseño de teleféricos utilizando el software Matlab. Aunque realizar esta actividad pudo resultar un poco tedioso en un principio podemos decir que concluimos con ella satisfactoriamente.

Víctor Adrián Higuera Vázquez

Es impresionante las cantidades de ejercicios que se pueden realizar en el software de MatLab y como su programación ayuda incluso para hacer análisis de carga en algún diseño establecido, siendo el método de topología, el elaborado por MatLab, y de esta manera hacer optimizaciones igual por este mismo software.

Gabryiel Bailon Avila

Esta práctica aprendí a como modificar el código de 99 líneas de topología para el análisis de cargas en un teleférico. Este tipo de programación es muy versátil ya que, con un buen análisis bien definido, uno puede crear diversos diseños. Para este caso se aprecia a que son similares ambas figuras geométricas y que, además la figura 2 tiene una simetría en la distribución de fuerzas sobre el eje Y.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

99 Line Topology Optimization Code – O. Sigmund, Department of Solid Mechanics, Building 404, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denmark.

Miravete, Antonio (2004). Transportadores y elevadores (2 edición). Reverte. p. 448. ISBN 8492134917. «pag. 251».