

# Práctica 2 Diseño del marco de una bicicleta

Uriel G. Ernesto A. Marcela O. Ana L. Diego O.

20 de septiembre de 2022

## Resumen

En esta práctica explicaremos lo que es un código topológico y que sucede cuando lo optimizamos, así mismo se mostrará un ejemplo de cómo se vería un código de optimización topológica

## 1. Introducción

La optimización topológica es una herramienta matemática que le permite a un diseñador sintetizar topologías de forma óptima. En la mecánica se entiende como topología óptima a una pieza o parte mecánica diseñada especialmente para maximizar o minimizar alguna característica deseada[1].

## 2. Instrucciones

El estudiante deberá presentar una propuesta de análisis de formas y de la programación para la ejecución de la optimización de características de trabajo específicas que presenta las ventajas.

## 3. Nombre y definición de la forma

Para el desarrollo de la práctica de laboratorio, se diseñará el marco de una bicicleta. Con el fin de optimizar su rendimiento, para que la bicicleta sea lo más rígida y ergonómica posible, como la práctica anterior que se optimizó un código muy similar, utilizando la lógica del código de Matlab para colocación de cargas, apoyos y fuerzas dentro de un espacio de diseño propuesto.

## 4. Estado del arte

El marco de una bicicleta es la estructura rígida o semi-rígida que une todos los componentes de la bicicleta. Al cuadro se fija el manillar, la horquilla, el sillín, la rueda trasera, la transmisión y los frenos. En caso de ser una bicicleta eléctrica, también se fija el sistema eléctrico completo o algunas partes de él.

Los cuadros de bicicleta son de materiales resistentes como el aluminio, el acero, el carbono o el magnesio. Están diseñados para ofrecer al ciclista una geometría de conducción optimizada para el uso que se le va a dar a ese tipo de bicicleta. Así, una bicicleta de carretera tiene una geometría pensada en una posición de pedaleo aerodinámica.

El material del cuadro tiene una relación directa con tres factores importantes: el peso, la resistencia y el precio. Cuanto menos pese el cuadro, menos peso deberá arrastrar el ciclista y, por tanto, menos esfuerzo deberá realizar.

## 5. Propuesta de diseño de la geometría, alcance y limitaciones

La geometría de una bici mide las longitudes de los tubos que la conforman, así como los ángulos que forman dichos tubos en la dirección y en el tubo de sillín principalmente. Los tubos se miden desde centro a centro y evidentemente no es necesario que la forma de los tubos sea convencional para medirlos. Lo que se mide es la longitud; no importa si el cuadro está realizado en algún tipo de monocasco o con tubería convencional o hidroformada. De este modo, además de la talla, que es el primer parámetro por el que elegimos una bici a nivel de medidas, la geometría es básica para que la bici se comporte de una manera u otra dependiendo del conjunto de medidas y ángulos.

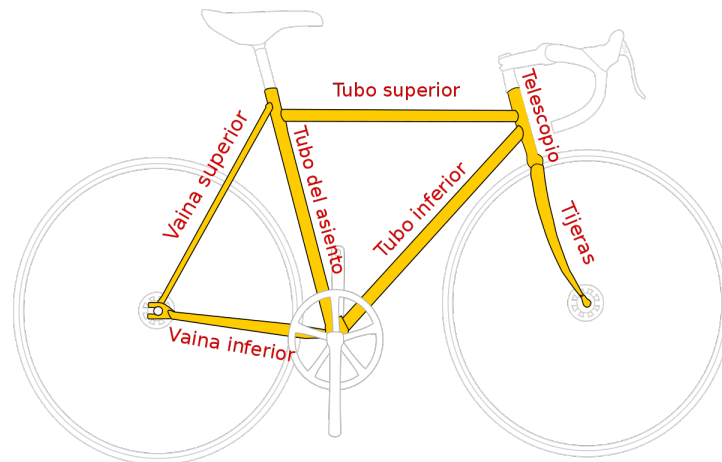


Figura 1: Pocisiones de los dedos

El alcance que depende del presupuesto dado que es el factor más importante a la hora de elegir una bicicleta y, por lo tanto, su material. Como una generalización, en orden de mayor a menor costo, el titanio está a la cabeza, seguido de la fibra de carbono; luego van el aluminio y el acero. Como siempre, el balance entre lo que estás dispuesto a gastar y el resultado que tendrás es la consideración clave.

Hay limitaciones como son los materiales, tenemos materiales más ligeros y resistentes son el magnesio y el carbono pero también son los más caros. El acero, es el material más barato pero también el más pesado. El aluminio es el material más común en los cuadros porqué tiene una relación peso-resistencia-coste más equilibrada. De esta forma podemos tener cuadros resistentes y ligeros a un precio razonable.

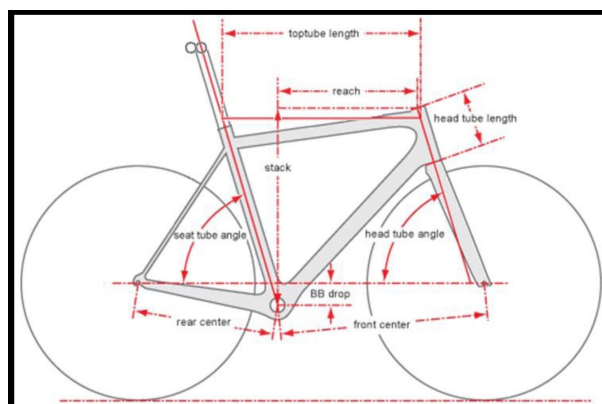


Figura 2: Parte 1 del codigo

## 6. Codigo de programación

```
%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLESIGMUND, OCTOBER 1999 %%
function P2(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)
% INITIALIZE%%
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
loop = 0;
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        if ((elx)^2+(ely-nely)^2) < (0.65*nelx)^2
            passive(ely,elx) = 1;
        else
            passive(ely,elx) = 0;
        end
    end
end
x(find(passive))=0.001;
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;
            Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1;2*n1+2],1);
            c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
            dc(ely,elx) = -penal*x(ely,elx)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue;
        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
end
```

Figura 3: Parte 1 del codigo

```

%%%%%%%%%% OPTIMALITY CRITERIA UPDATE %%%%%%%%%%
function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
while ((l2-l1)/l2 > 1e-4)
    lmid = 0.5*(l2+l1);
    xnew(find(passive))=0.001
    xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid)))));
    if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
        l1 = lmid;
    else
        l2 = lmid;
    end
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
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),1); U =sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),1);
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];

```

Figura 4: Parte 2 del codigo

```

end
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),1); U =sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),1);
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
end
% DEFINE LOADSAND SUPPORTS(HALF MBB-BEAM)
F(2,1) = 1;
fixeddofs =2*nelx*(nely+1)+1:2*(nelx+1)*(nely + 1);
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING 127
U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
U(fixeddofs,:)= 0;
end

%%%%%%%%%% 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

```

Figura 5: Parte 2 del código

## 7. Resultado de la optimización

Para la primera prueba se utilizarán los valores  $P1(30,10,0.5,3,1.5)$ , los resultados fueron los siguientes.

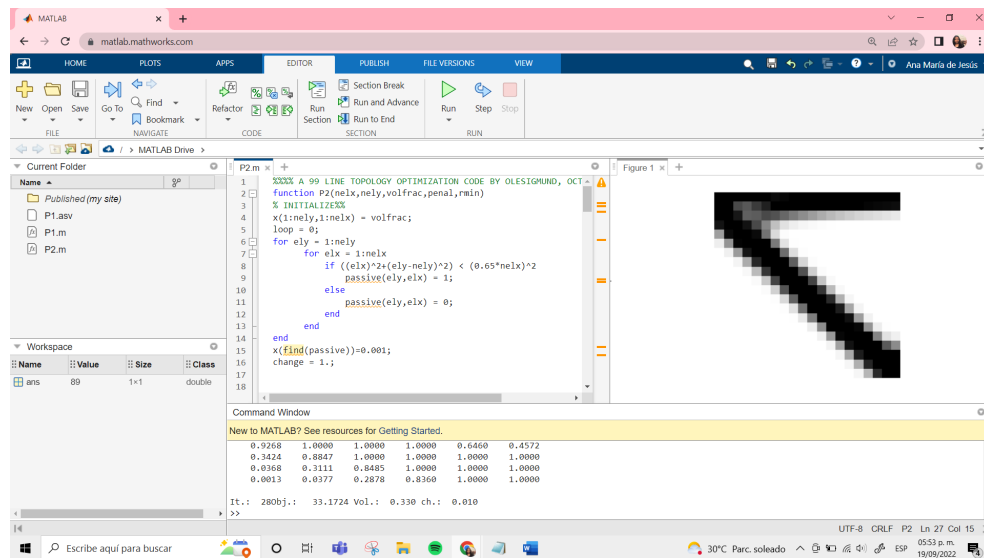


Figura 6: Resultados

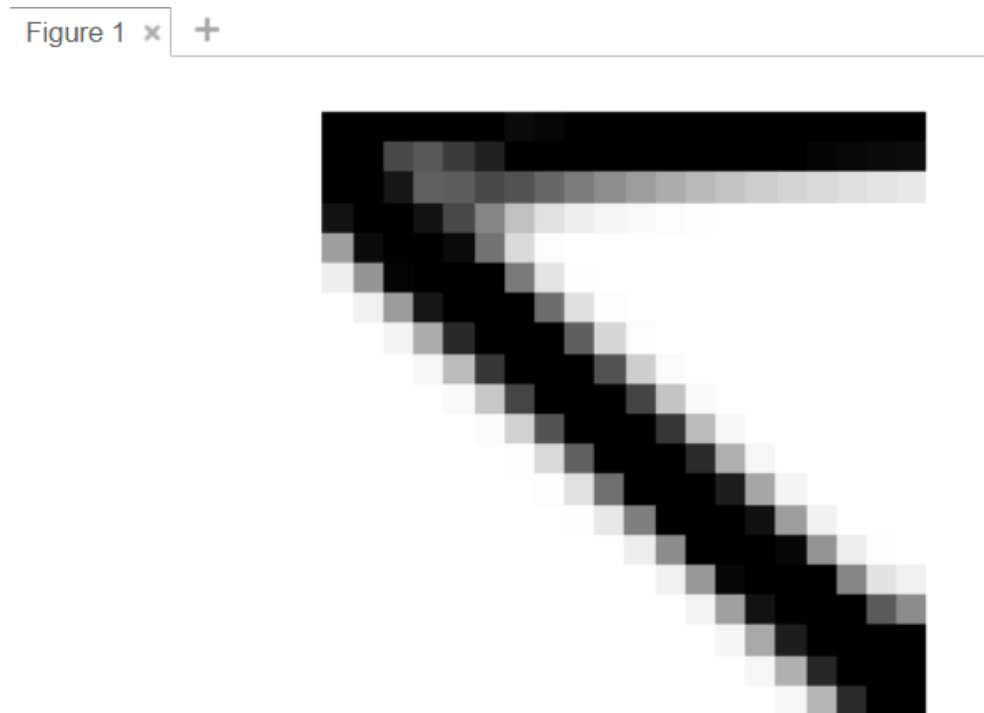


Figura 7: Resultado de la optimización

## 8. Conclusiones

- Diego O.

Al termino de esta practica se puede concluir que efectivamente se cumplió con el objetivo propuesto al inicio de la práctica ya que se pudo obtener los resultados y diseñar lo que se nos solicitaba en el planteamiento de dicha practica. Se considera demasiado interesante así como curioso ver cómo una herramienta de programación como lo es Matlab además de tener la capacidad de desarrollar cálculos también tiene la versatilidad de abarcar otras áreas como el diseño y la optimización de distintas piezas. Esto deja al descubierto que en efecto Matlab es una herramienta que puede cubrir perfectamente en todas las ramas de la ingeniería, por lo que es muy importante tener claro el funcionamiento y dominio de dicha herramienta.

- Ana L.

El propósito de la practica fue realizado de acuerdo a lo solicitado. Gracias a MATLAB fue posible implementar el código de elemento finito. En esta practica se utilizo la optimización topológica. En esta practica se presento una propuesta de análisis de formas y programación para la ejecución de esta optimización.

- Uriel G.

En conclusion puedo comentar que esta práctica tiene una gran relación con la primera ya que el código que se genero es similar , con la diferencia de que es necesario el generar el marco de una bicicleta, algo que mencionar es que gracias a modificación de solo unas cuentas líneas de código , se puede generar una gran precisión en la generación de la figura que realiza el software MATLAB. Por ultimo me gustaria decir que este software es muy bueno ya que ayuda al estudiante a entender y aprender al mismo tiempo sobre el diseño principal de algunas piezas en la ingeniería además de generar buenas imágenes y así las personas puedan captar de mejor manera la idea.

- Marcela O.

Con esta práctica llegué a la conclusión de que muchas herramientas que utilizamos diariamente, pueden apoyarse en software como MATLAB. Considero que este programa es una grandiosa herramienta en el diseño y cálculo de piezas y situaciones, principalmente en el ámbito de la ingeniería, siendo facilitadores de muchas situaciones en la vida laboral y estudiantil.

- Ernesto A.

Para esta práctica realizamos una investigación para complementar el uso de la optimización topológica, para ello se nos proporcionó el objeto a realizar que es el marco de una bicicleta, para ello se tuvo que investigar diferentes factores con el fin de que la optimización fuera la mejor posible. Por medio de un código de MATLAB, el cual colocamos los datos para su simulación.

## Referencias

[1] EQUIPOBIKEEXCHANGE. Materiales usados en los marcos de bicicleta, Enero 2018.