



Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Laboratorio de biomecánica

“PRÁCTICA 5”

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 3 del mes Noviembre 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

Para el uso de una prótesis debe de existir el acto de una amputación en primera instancia, y la amputación es una cirugía que provoca un cambio irreversible en la persona sometida a ésta, debido a que dicho procedimiento consiste en cortar o separar del cuerpo un segmento de un miembro superior o inferior.

El nivel al que se realiza el corte es determinante en las competencias futuras del paciente, entre más cercana sea la amputación al resto del cuerpo se requerirán más elementos protésicos, para poder generar una función similar a la sección del cuerpo que fue retirada.

Los niveles transarticulares presentan mejor pronóstico funcional que los realizados a través del hueso en un nivel inmediatamente superior. Es importante que el cirujano antes de realizar la amputación no solo piense en salvar la vida, sino en conservar buenas posibilidades de independencia y reinserción social. (Espinoza V., 2014)



Las prótesis de pierna pueden variar de acuerdo con sus componentes y nivel de amputación; pues no es lo mismo para un paciente que tienen una amputación debajo de rodilla a un paciente al que se le realizó la amputación arriba de rodilla y que

requerirá de una cantidad mayor de componentes, para sustituir la articulación perdida. Para una prótesis con un nivel de amputación transtibial los componentes que se necesitan para la prótesis son: Pie protésico, adaptadores y elementos de unión con el encaje protésico.

En cambio, para un nivel de amputación transfemoral, serán necesarios: Un pie protésico, una articulación de rodilla, adaptadores y elementos de unión con el encaje protésico.

¿Qué Beneficio Se Busca Obtener A Partir Del Uso De Una Prótesis De Miembro Inferior?

El objetivo de los dispositivos protésicos para miembro inferior sin importar el nivel de la amputación es poder realizar el apoyo bipodal durante la bipedestación y su contribución en dinámica, para que el usuario pueda realizar actividades como la marcha o la carrera e incluso practicar actividades deportivas.

Cuando se busca la asesoría de un licenciado prótesis este buscará cubrir más objetivos como:

- Conseguir una correcta amortiguación de impactos y fuerzas del peso corporal.
- Lograr la estabilidad del miembro residual.
- Obtener la progresión del centro de gravedad durante la marcha.
- Adecuada alineación de los miembros inferiores.

La prótesis está compuesta por:

Socket: Es el componente que sirve como conexión entre el miembro remanente o muñón y el resto de los componentes protésicos, este puede estar elaborado de distintos materiales, por ejemplo: fibra de carbono, polipropileno, fibra de vidrio, socket de bordes flexibles, entre otros.

El socket es una de las partes más esenciales e importantes, pues debe encajar de manera correcta y precisa sobre el muñón para evitar cualquier lesión en la piel.

Liner: Este puede no usarse siempre, todo depende del tipo de prótesis que se elabore y las características del paciente, el liner va en contacto directo con la piel del paciente

y se coloca antes del socket.

Rodilla: Los pacientes que presenten una amputación arriba de rodilla necesitarán forzosamente algún tipo de rodilla, de las cuales existen infinidad de modelos y diseños que cumplen con funciones y características distintas, desde rodillas básicas hasta rodillas para deportistas que pueden ser con un funcionamiento mecánico, neumático, hidráulico o hasta mecatrónico.

Pie: El pie suele determinar cómo actuará la prótesis ante las diferentes fuerzas o superficies que la afectan durante la marcha, por lo que, elegir un pie acorde al nivel de actividad del usuario, resulta esencial para su buen ajuste.

¿Cómo funciona una prótesis de pierna?

Una prótesis de pierna es un aparato diseñado para reemplazar artificialmente la extremidad inferior de un cuerpo humano, pudiendo suplantar de forma estética como funcional la ausencia de una pierna.



Estos aparatos tienen la finalidad de restablecer el soporte, equilibrio y la fuerza requerida para que las personas con amputaciones de pierna por accidentes o enfermedad puedan volver a ponerse de pie y caminar, recuperando su calidad de vida y pudiendo retomar las actividades que desempeñaban con anterioridad.

Las prótesis se diagnostican y fabrican de forma personalizada dependiendo del tipo de amputación, forma del muñón, necesidades y fuerza física de la persona.

Esto determina el material del que se elaborará la pieza, así como de la forma de encaje, la cual puede ser:

- ✓ Encaje de succión.
- ✓ Encaje de vacío.
- ✓ Anclaje por lanzadera.

De igual manera se pueden adaptar piezas funcionales o estéticas dependiendo de las exigencias del paciente.

¿De qué materiales se fabrican las prótesis de pierna?

Estos artefactos médicos se elaboran de distintos materiales dependiendo del tipo de sección a reemplazar, las necesidades de cada persona y la resistencia requerida.

Normalmente se elaboran de elementos metálicos y polímeros que cumplen con las necesidades básicas de soporte, sin embargo, existen algunas como las construidas para deportistas, las cuales se elaboran de materiales altamente resistentes y flexibles.

Por lo general los materiales de los que se elaboran son:

- ❖ Resina.
- ❖ Fibra de carbono.
- ❖ Polipropileno.
- ❖ Biocerámica.
- ❖ Fibra de carbono.
- ❖ Aleaciones con titanio.
- ❖ Silicona.
- ❖ Acero inoxidable.
- ❖ Aluminio.
- ❖ Titanio.
- ❖ Gomaespuma.
- ❖ Neopreno.



La optimización topológica es un método de optimización de la forma que usa modelos algorítmicos para optimizar la organización del material dentro de un espacio definido por el usuario para un conjunto dado de cargas, condiciones y limitaciones. La optimización topológica maximiza el rendimiento y la eficiencia del diseño eliminando el material sobrante de las zonas que no necesitan soportar cargas considerables para reducir el peso o resolver desafíos de diseño como reducir la resonancia o el esfuerzo térmico.

El diseño generativo y la optimización topológica se han convertido en las palabras de moda en el mundo del diseño CAD, pero a menudo se suelen confundir como sinónimos.

La optimización topológica no es nueva. Ha existido durante al menos 20 años y ha estado disponible en muchas de las herramientas habituales de software CAD. Para iniciar el proceso, se requiere un ingeniero humano para crear un modelo CAD, en el que se apliquen cargas y restricciones teniendo en cuenta los parámetros del proyecto. Luego, el software elimina el material redundante y genera un concepto de modelo de malla optimizado que está listo para que el ingeniero lo evalúe. En otras palabras, la optimización topológica requiere un modelo diseñado por humanos desde el principio para que funcione, lo que limita el proceso, sus resultados y la escala.

De cierta forma, la optimización topológica sirve como base para el diseño generativo. El diseño generativo lleva el proceso un paso más allá y elimina la necesidad de que el modelo inicial sea diseñado por humanos, asumiendo el papel del diseñador en función del conjunto predefinido de restricciones.

Aplicaciones médicas

La fabricación aditiva es ideal para crear implantes médicos, ya que da a los profesionales de la medicina la capacidad de crear libremente formas, superficies y estructuras porosas. Gracias a la optimización topológica, los diseños pueden incluir estructuras que son más ligeras, ofrecen una osteointegración mejorada y duran más que otros implantes.

Las herramientas de optimización topológica también pueden optimizar los diseños de andamios biodegradables para la ingeniería de tejidos, implantes porosos y productos ortopédicos ligeros. Las aplicaciones de la nanotecnología, como la manipulación celular, la cirugía, los microfluidos y los sistemas ópticos, también utilizan la optimización topológica.



Procedimiento de la programación

%%%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLESIGMUND, OCTOBER 1999 %%%

```
function topp(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
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=1:5
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);
% 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)
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)))));
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),5); U =sparse(2(nely+1)*(nelx+1),5);

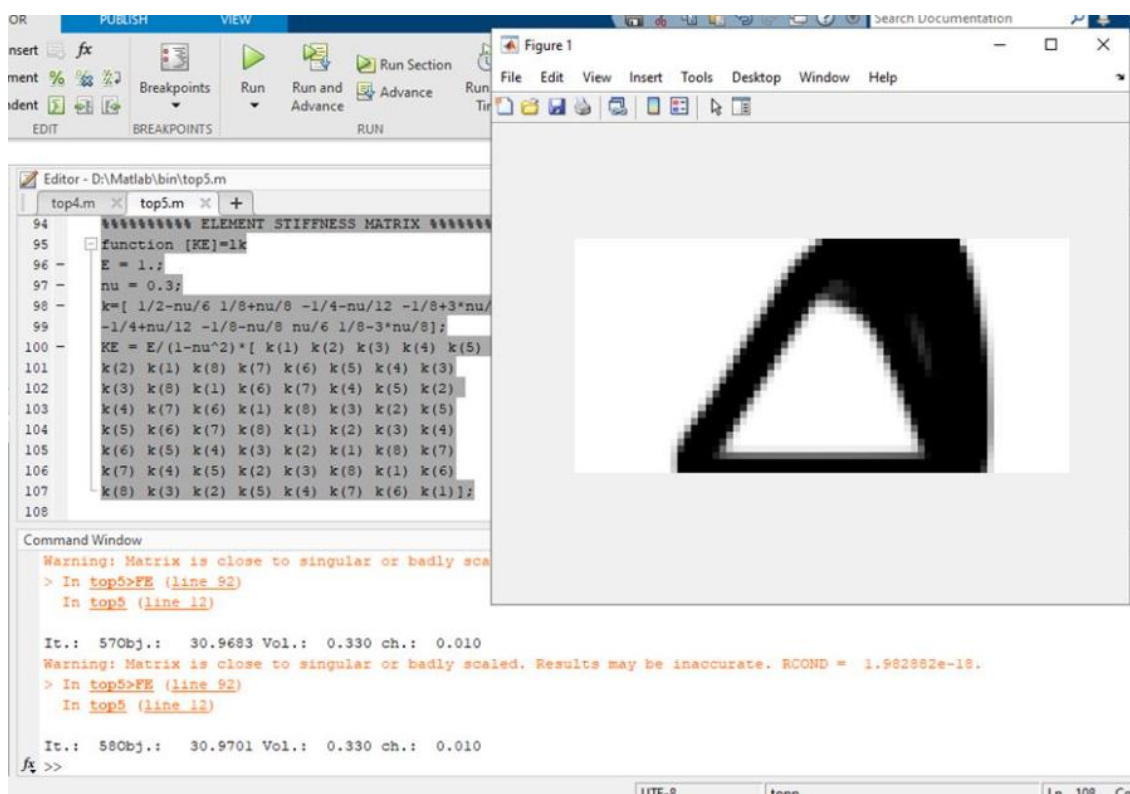
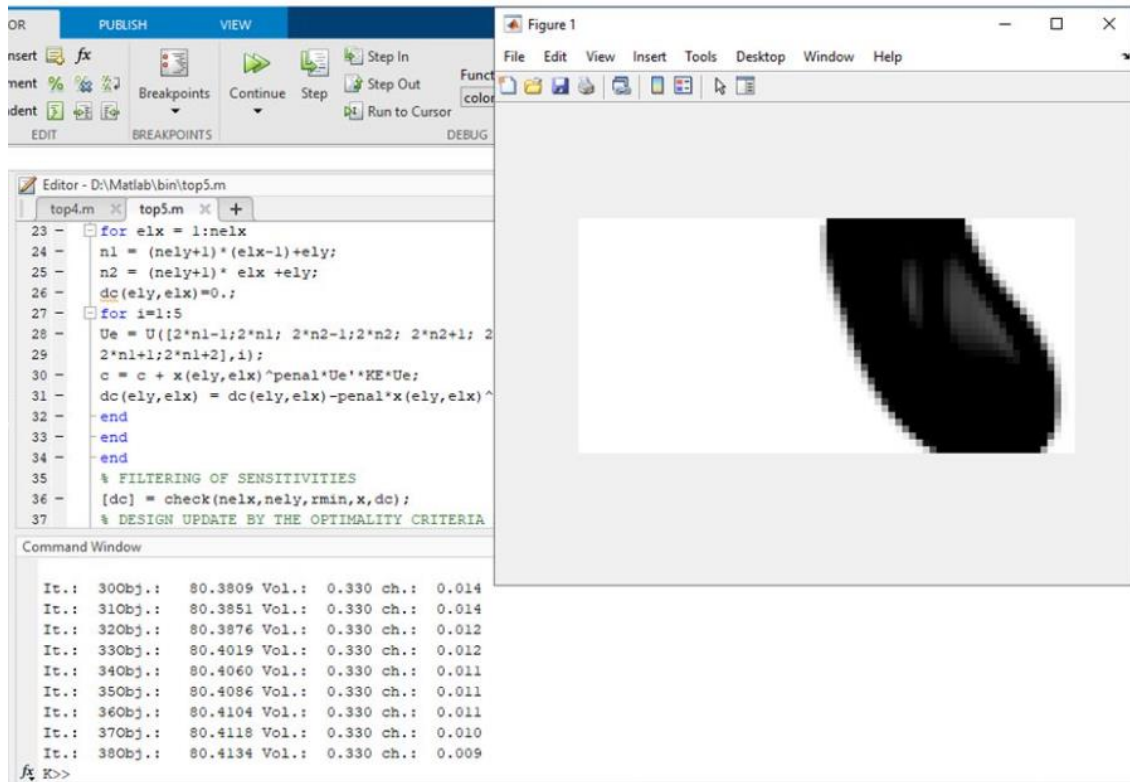
```

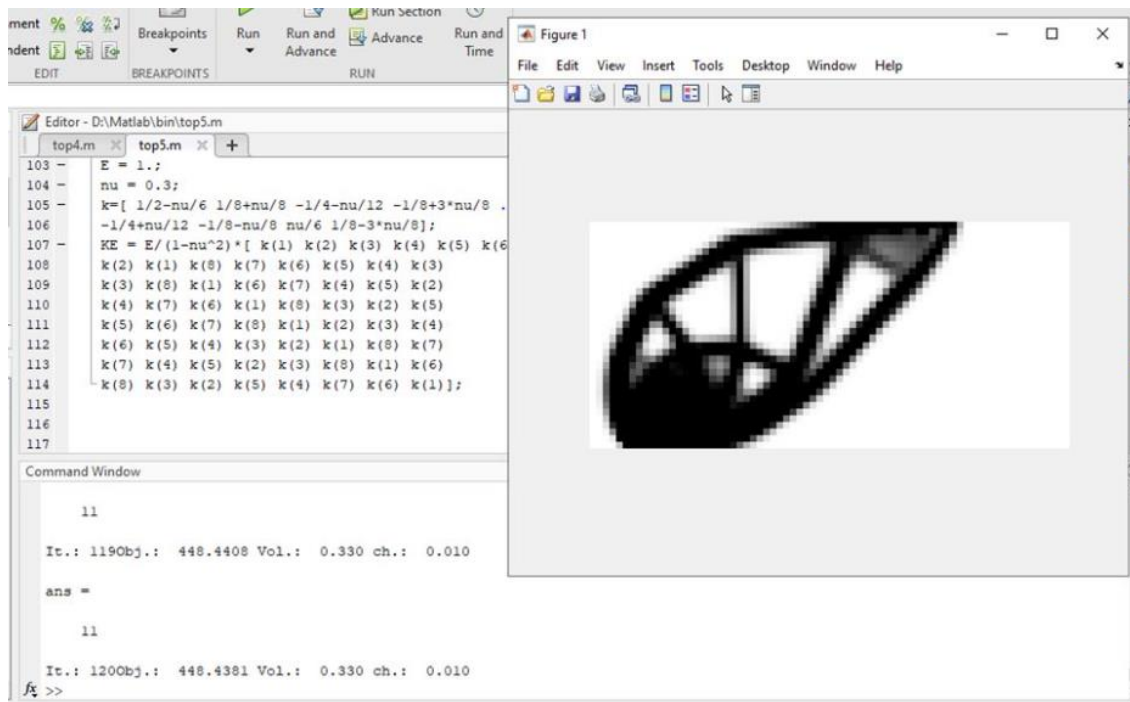


```

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(3222,1) = -1;
F(3782,2) = -1;
F(2662,3) = -1;
F(2942,4) = -1;
F(3502,5) = -1;
fixeddofs = union([560:2*(nely+1):1260],[3920:2*(nely+1):4620]);
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING 127
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)];

```





Conclusión

Victor Cantú: En esta práctica se trabajó con un diseño mediante código y generación de imagen sobre una prótesis de pie, sabemos la gran importancia e impacto que tienen estos elementos en la vida cotidiana para los que lo necesitan; por lo que se analizaron varios casos para esta misma prótesis para observar mejor su estructura y funcionamiento. Gracias a estos programas podemos descubrir que se pueden realizar diversos tipos de estructuras para poder tener un mejor análisis sobre lo que conforma o la estructura que tienen estas geometrías.

Mauricio Salazar: Para la realización de esta práctica se nos solicitó presentar una propuesta de análisis de formas y de la programación para la ejecución de la optimización de una prótesis de pie. Se tomaron 3 casos debido a los tres estados de la marcha que realiza comúnmente cualquier persona, para así comparar los resultados obtenidos. El código proporcionado por el profesor al comienzo del laboratorio tuvo que ser modificado en secciones específicas para definir las cargas, variables y el análisis que se llevaría a cabo en cada uno de los 3 casos presentados. Al final observamos los resultados de la optimización para así darnos cuenta de las diversas aplicaciones con las que cuenta el código proporcionado.

Brayan Belloc: La práctica nos mostró el diseño de una prótesis, dónde se vieron 3 casos, cada uno nos daba un diseño diferente, se utilizó el mismo código usado en las otras prácticas, el código de 99 líneas, se hicieron ciertas modificaciones para cada caso y se pudo ver qué la dinámica se asimilaba a las anteriores, pues era la misma forma de realizar la práctica. Se nos mostraron diferentes casos dónde cada caso tenía sus iteraciones, el caso uno contó con 580 iteraciones, el caso 2 con 380 y el caso 3 1200, se pudo ver qué el caso 3 daba un resultado con diferentes áreas, la pieza estaba dividida en más partes.

Bibliografía

- ¿Qué es una prótesis de pierna? (2020, 18 julio). Mediprax. <https://mediprax.mx/que-es-una-protesis-de-pierna/>
- ▷ Especialistas en Prótesis de Pierna en México - Tipos y costos. (2022, 7 abril). Mi Protesis de Pierna. <https://miptesisdepierna.mx/>
- ▷ Especialistas en Prótesis de Pierna en México - Tipos y costos. (2022, 7 abril). Mi Protesis de Pierna. <https://miptesisdepierna.mx/>