



Universidad Autónoma de Nuevo León



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Laboratorio de biomecánica

“PRÁCTICA 5”

Brigada: 309

Nombre	Carrera
Cristian Arturo Garza Cavazos	IMTC
Edelmiro Eugenio García Sánchez	IMTC
Jesús Alberto Funes Mendoza	IMTC
Elías Alejandro García Bueno	IMTC

Instructor(a): Ing. Isaac Estrada

Semestre Agosto – Diciembre 2022

**3 de Noviembre del 2022
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

Las prótesis biónicas para amputación de pierna arriba de rodilla son distintas a las prótesis biónicas para amputación debajo de rodilla, ya que en esta última no contemplamos la rodilla biónica para su movimiento y nos enfocamos directamente en el componente de prótesis para pierna debajo de rodilla que es el pie, en conjunto con el socket que está en contacto con el muñón, recordando que este último es el que le va a dar comodidad a la prótesis biónica por amputación de pierna.

Ahora bien en el estudio biomecánico de la marcha de una paciente sin amputación, la marcha ideal ocurre desde el momento de contacto inicial realizando con el talón una ligera flexión del pie, previo a la oscilación final, posteriormente a esto el tobillo se va trasladando hacia adelante funcionando como un péndulo invertido, en el cual se realiza una traslación del peso de cuerpo hacia el medio pie y posteriormente al antepié, siendo al final el dedo primero el encargado de realizar el despegue del peso corporal; cuando empieza el proceso de la fase de oscilación, el pie



anatómico realiza una ligera flexión dorsal lo que conlleva a que la punta del pie suba teniendo dos cosas como resultado; la optimización del movimiento del centro de gravedad del paciente ya que este movimiento evita que se flexione más la rodilla y la cadera para dar el siguiente

paso de la misma pierna y por otro lado igual de importante evita tener accidentes, ya que esa ligera flexión dorsal del pie permite tener la seguridad cuando se está en un terreno irregular y evite un accidente por este pequeño movimiento, ya que está más

cerrado el ángulo del pie para la marcha.

La prótesis biónica de pierna debajo de la rodilla funciona en cuenta este proceso de marcha ideal, lo que es sumamente importante es la proyección del peso del cuerpo, el apoyo al despegue y la flexión del pie al realizar la marcha, entonces en la fase de apoyo la prótesis biónica de pierna para amputación debajo de rodilla reacciona realizando un movimiento similar al del pie anatómico, mediante la velocidad que va teniendo y en el momento de la oscilación inicial el pie de



la prótesis biónica de pierna genera una flexión dorsal, para que la punta de los dedos estén orientados hacia arriba permitiendo tener una marcha mejor para evitar caer con bordes que estén en el suelo o por alguna irregularidad, esto es la principal ventaja de una prótesis biónica para pierna debajo de la rodilla, generando las dos cosas importantes del pie anatómico de un paciente, la seguridad en la marcha y la optimización del movimiento del centro de gravedad del cuerpo además de menor flexión de rodilla y cadera.



Este tipo de prótesis biónica para prótesis debajo de rodilla cuenta con un tobillo controlado por microprocesadores para pacientes de actividad baja a moderada y adaptándose a terrenos irregulares. Existen cuatro tipos de actividad: Baja, cuando el paciente se mueve en casa o

afuera con ayuda de algún componente distinto a la prótesis (ayudas técnicas). Moderada, son pacientes que realizan alguna actividad fuera de casa. Alta, son pacientes que realizan algún tipo de deporte para recreación. Extrema, son pacientes que corren de una manera más constante.

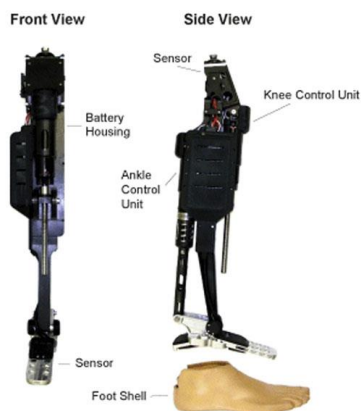
Por lo general los materiales de los que se elaboran son:

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



Antes que nada, es indispensable dejar en claro que las prótesis de pierna biónica no son instrumentos comunes, ya que su tecnología, costo e implementación tienen precios elevados, además de que no cualquier persona es candidata al uso de estos aparatos.

Los médicos tienen que hacer un riguroso examen físico para determinar si el cuerpo de una persona es apto para la implementación de este tipo de prótesis, así como si el muñón es adecuado para la prótesis biónica sin el riesgo de generar complicaciones.



Por otra parte, al igual que las prótesis de pierna tradicionales, estas tienen precios bastante variables que dependen del tipo de amputación, sección de la pierna a reemplazar, materiales utilizados, y en este caso, de los tipos de motores, sensores y aditamentos tecnológicos que son de alto valor.

Como estas prótesis no se producen a gran escala o de forma estandarizada, sino personalizada, de esto también depende el precio, sin embargo, hay registros de que muchos llegan a alcanzar precios de más de 200 mil pesos.

Actualmente diversos organismos ofrecen programas de apoyo a personas de escasos recursos y que necesitan de una prótesis para la recuperación de su calidad de vida, para lo cual, se les asignan modelos prototipos con el fin de ayudarlos al mismo tiempo que se estudian los resultados.

Los componentes para una prótesis de pierna arriba de rodilla son tres:

- 1.- El socket es el componente de prótesis para pierna que va en contacto con el muñón.
- 2.- La rodilla de prótesis que es la que permite el movimiento de flexión extensión de la rodilla de prótesis para pierna.
- 3.- El pie de prótesis para pierna que es el que contacta con el suelo para dar el siguiente paso.

Código de programación en matlab

```
%%%%% 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)

```

```

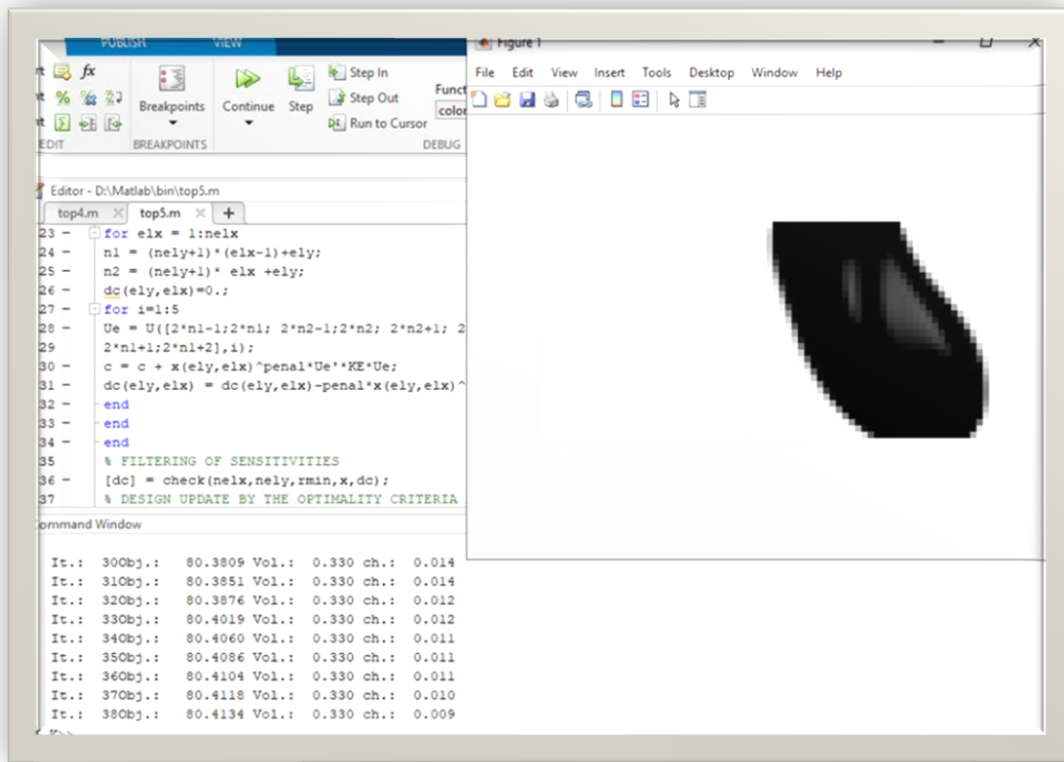
fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
sum = sum+max(0,fac);
dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
end
end
dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
end
end
%%%%%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%%%%%%
function [U]=FE(nelx,nely,x,penal)
[KE] = lk;
K = sparse(2*(nelx+1)(nely+1), 2(nelx+1)*(nely+1));
F = sparse(2*(nely+1)(nelx+1),5); 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 ...

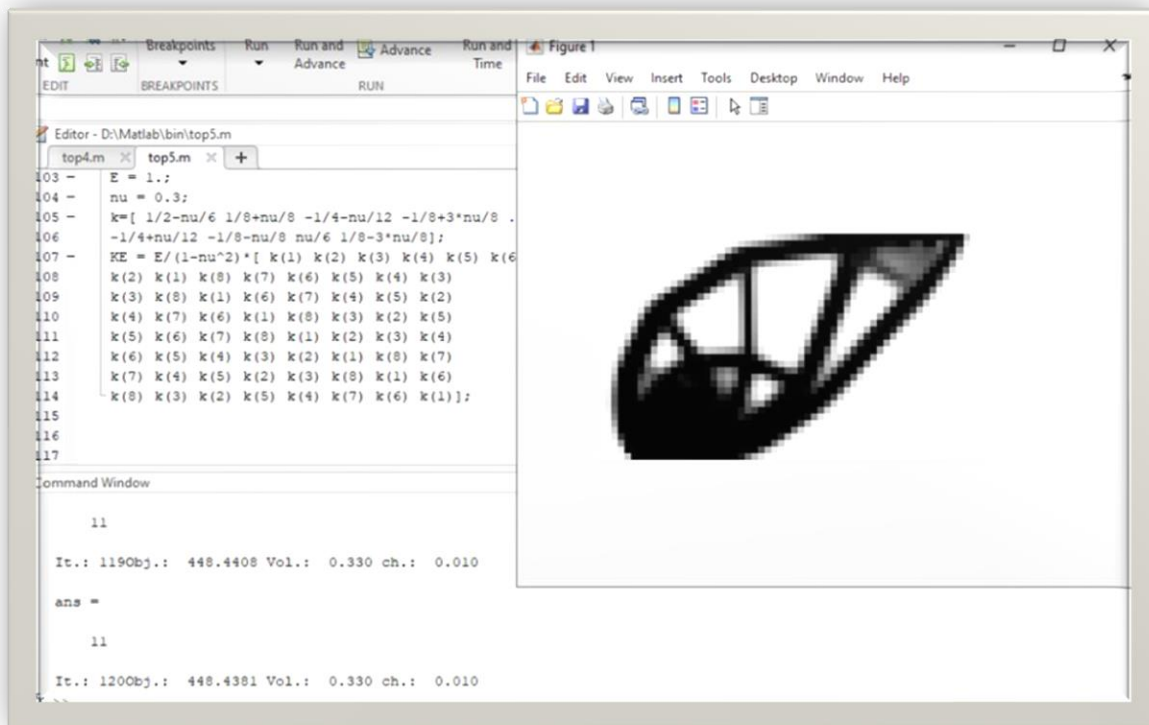
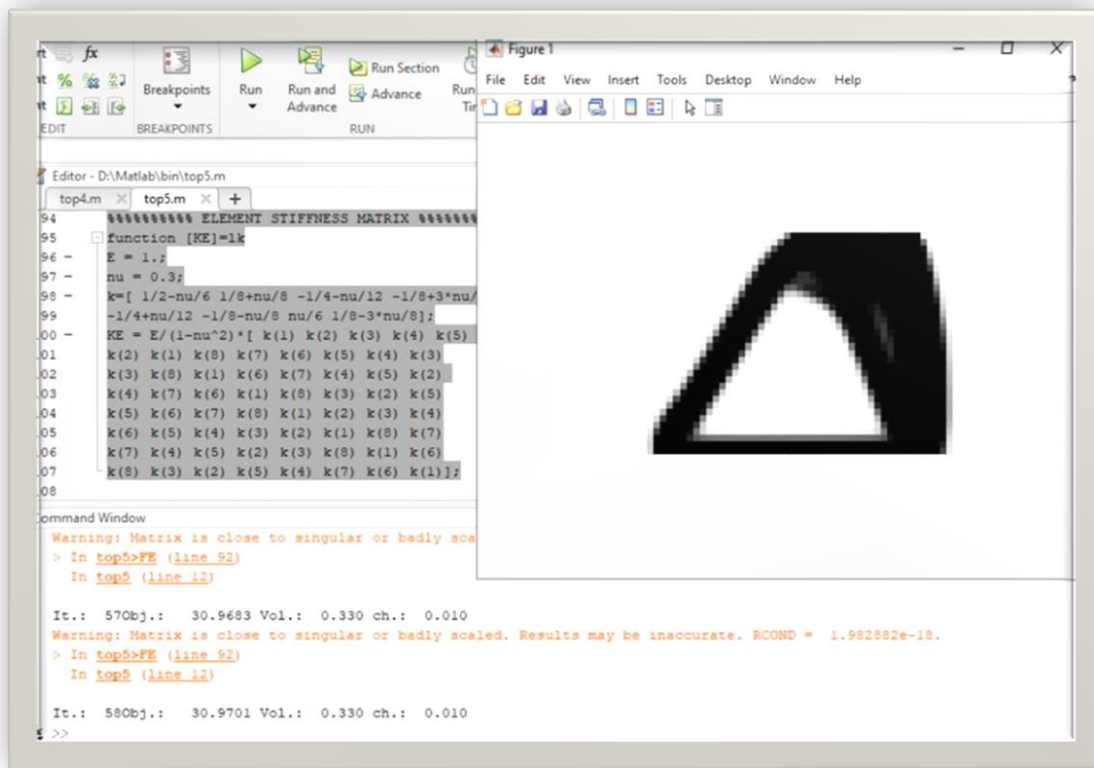
```

```

-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

Jesús Alberto Funes Mendoza

En esta actividad realizamos la investigación para realizar una prótesis de pierna en la cual aprendimos mucho sobre este tema y no solo lo teórico sino también el cómo realizar cálculos y simulación de esta misma, esto lo logramos gracias a que a lo largo del curso fuimos realizando actividades de simulación que nos fueron preparando para esta práctica que, si fue un poco más difícil, pero nada complicada de realizar.

Cristian Arturo Garza Cavazos

Gracias a esta práctica pudimos analizar mucho mejor como es que funciona una prótesis de pierna, en donde gracias al software de Matlab que utilizamos pudimos realizar un análisis mucho mas detallado, gracias a esto vemos como mejoramos en el manejo de diferentes actividades de análisis, en este caso sobre un elemento finito sobre las partes de la prótesis que estamos analizando.

Edelmiro Eugenio García Sánchez

en esta práctica vimos como procede el movimiento de un pie o la fuerza de la pierna cuando está moviendo y vimos con ayuda de matlab como se puede dar un análisis de elementos finitos que igual en otros programas nos ayudan con los cálculos para el análisis especificando la fuerza que repercute en la pieza dando un entendimiento mejor pero un poco más complicado.

Elías Alejandro García Bueno

Es importante destacar que la movilidad libre de las articulaciones y el trabajo que desempeñan los músculos es importante para lograr el mejor diseño posible. La falta de ciertas acciones debe ser sustituida por otras, con el fin de mantener la estabilidad y la progresión. El uso de estas herramientas nos permite analizar nuestro diseño desde diferentes perspectivas.

Bibliografía

- ¿Qué es una prótesis de pierna? (2020, 18 julio). Mediprax. <https://mediprax.mx/que-es-una-protesis-de-pierna/>
- Prótesis de Pierna. (s. f.). <https://protesisdepierna.mx/>
- Bravo, D. A., & Rengifo, C. F. (2014). Modelo biomecánico de una prótesis de pierna. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 11(4), 417-425.
- Acuña Espinoza, A., Solórzano Rojas, J. P., Vainer Lechtman, M., & Cruz Soto, S. Mecanismo de alineación para prótesis de pierna.