

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO DE UNA PRÓTESIS ARTICULADA
DE EXTREMIDAD POSTERIOR PARA
PERROS AMPUTADOS***

DOCUMENTO 4- PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Casal Rodriguez, Mikel

Director: Macho Mier, Erik

Curso: 2020-2021

Fecha: Bilbao, 30 de Junio de 2021

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

BILBOKO
INGENIARITZA ESKOLA

ESCUELA
DE INGENIERIA DE BILBAO



4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1.	CONDICIONES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	2
4.1.1.	CONDICIONES DE LOS EQUIPOS.....	2
4.1.1.1.	HARDWARE	2
4.1.1.2.	SOFTWARE	3
4.1.2.	CONDICIONES DEL MODELADO	4
4.1.2.1.	GIM.....	4
4.1.2.2.	ANSYS.....	4
4.1.3.	CONDICIONES DEL PROTOTIPO.....	5
4.1.3.1.	CONDICIONES DE FABRICACIÓN	5
4.1.3.2.	CONDICIONES DE MONTAJE	5



4.1. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En este documento se describirá toda información relacionada con las condiciones técnicas, y legales para que el proyecto pueda llevarse a cabo de manera correcta, evitando posibles interpretaciones no deseadas.

El proyecto consiste en el desarrollo de un modelo geométrico que, posteriormente, se ha complementado con el cálculo estructural mediante el Método de los Elementos finitos de la prótesis trasera,

Durante la elaboración no se ha realizado ningún ensayo experimental, por lo cual en el documento se mencionarán las condiciones de los equipos y de los softwares utilizados, así como de las condiciones de fabricación y montaje.

4.1.1. CONDICIONES DE LOS EQUIPOS

Para la realización de este proyecto han sido necesarios dos equipos y varios programas informáticos.

4.1.1.1. HARDWARE

Los equipos utilizados para el desarrollo del proyecto son un ordenador portátil personal y un teléfono móvil.

- **Equipo portátil:** En este se ha desarrollado la memoria escrita, el estudio de la marcha mediante Kinovea, el modelo 3D y los planos mediante el software Autodesk Inventor y los cálculos MEF con el software Ansys.
 - Ordenador portátil HP Pavilion x360 - 14-ba025ns
 - Microprocesador Intel® Core™ i7-7500U (frecuencia base de 2,7 GHz, hasta 3,5 GHz con tecnología Intel® Turbo Boost, 4 MB de caché, 2 núcleos)
 - Tarjeta gráfica NVIDIA® GeForce® 940MX 4GB
 - Memoria RAM 12 GB
 - Sistema operativo Windows 10
 - Teclado, ratón y monitor (14") integrados

- **iPhone 12 Pro:** Gracias a este dispositivo se ha podido grabar y escanear al perro para después poder analizar la marcha y el dimensionado de la prótesis.
 - Procesador Apple A14
 - Memoria RAM 6 GB
 - Triple cámara trasera:
 - 12 MP f/1.6 26mm OIS
 - 12 MP (tele) f/2.2 52mm OIS
 - 12 MP f/1.6 13mm ultra gran angular 120º
 - Sensor LiDAR
 - iOS 14
 - Pantalla Super Retina XDR OLED de 6,1"

4.1.1.2. SOFTWARE

Durante la elaboración del proyecto se han utilizado los siguientes softwares:

- **3d Scanner App:** Aplicación utilizada para analizar de manera detallada la extremidad a remplazar. Permitiendo hacer escaneos y después pudiendo exportarlos a otro software para su manipulación y extracción de datos.
- **Kinovea:** Programa responsable de analizar la marcha canina a través de unas grabaciones. Creando gráficos y sacando datos esenciales para una correcta simulación del movimiento de la prótesis.
- **GIM:** Utilizado para la creación de un modelo en dos dimensiones para el dimensionado de las barras. Necesario para conseguir el movimiento que se quiere antes de desarrollar un modelo 3D.
- **Autodesk Inventor:** Usado para el desarrollo del modelo geométrico en 3D, teniendo como base el diseño en 2D. También se ha utilizado para crear los planos de cada pieza.
- **Ansys Workbench:** Programa esencial para el cálculo mediante el Método de los Elementos Finitos de manera estructural estática y modal del modelo tridimensional de la prótesis.
- **Microsoft Word y Excel:** Programa utilizado para la redacción de los documentos del proyecto y de los gráficos y tablas que aparecen en los mismos.

4.1.2. CONDICIONES DEL MODELADO

Para el garantizar el correcto desarrollo del modelo en GIM y el análisis en Ansys, es imprescindible determinar unas condiciones para cada modelo. Así, se conseguirán resultados con valores fiables. Para ello, se mencionarán las condiciones para cada uno de los softwares de forma separada.

4.1.2.1. GIM

- Se utilizarán barras biarticuladas. Habrá una barra por cada parte de la pierna (Fémur, Tibia y peroné, y tarso, metatarso y pie).
- La articulación de la rodilla se formará mediante un cuadrilátero, dimensionándolo hasta conseguir el movimiento requerido
- La sincronización del fémur y el tarso se hará mediante una barra que unirá estos elementos formando un paralelogramo. Se podrá modificar la longitud y posición de la barra para optimizar el movimiento.
- Para la comprobación del movimiento se fijará la articulación de la cadera y se comprobará haciendo un giro de rodilla de 60 grados.
- Para la simulación de ciclo completo se actuará sobre la cadera haciendo un movimiento sinusoidal, y fijando el pie al suelo o rotando la rodilla.

4.1.2.2. ANSYS

- Se importarán los archivos .stp de los puntos críticos a analizar
- Se asignará el material junto a las propiedades necesarias para el cálculo (densidad, dureza, módulo de Young y coeficiente de Poisson).
- Se realizará un mallado con elementos hexaédricos, elementos lineales y un tamaño de elemento de 5mm.
- En aquellas zonas que sea necesario por falta de espacio, se mallará con el mismo tipo de elemento, pero de 3 mm y en aquellas zonas susceptibles de sufrir mayores niveles de tensiones con elementos de 2 mm.
- Se limitarán los desplazamientos en la cara interna del socket.
- La fuerza que actúa sobre el modelo se aplicará en la superficie de contacto con el suelo.

4.1.3. CONDICIONES DEL PROTOTIPO

Por último, después de definir las condiciones para la creación de un modelo bidimensional y para el correcto análisis mediante elementos finitos, se van a detallar las condiciones para una adecuada fabricación y montaje del prototipo.

4.1.3.1. CONDICIONES DE FABRICACIÓN

En primer lugar, se fijarán las condiciones para una adecuada impresión de las piezas.

- La impresora 3D deberá utilizar la tecnología de impresión FDM.
- Dimensiones mínimas de pieza capaz de ser impresa: 2 [mm] de espesor.
- El material base de la impresión es un filamento de \varnothing 1.75 mm de Nylon 6 (PA6).
- La precisión en el eje Z será mejor o igual que: $-0.000/+$ altura de capa.
- La precisión en los ejes X e Y será mejor o igual que: el valor más alto entre ± 0.0020 mm/mm y ± 0.130 mm.
- La temperatura de impresión será de 280 °C con un HotEnd totalmente metálico para que mantenga la temperatura estable.
- La temperatura de base nunca será superior a 50 °C.
- Una vez terminada la impresión las piezas deben ser recocidas a 90 °C durante dos horas, para eliminar deformaciones.
- Por último, el proceso de secado recomendado es de 12 horas a 80 °C.

Una vez terminada la impresión se recomienda esperar entre 15-20 minutos, dependiendo de la temperatura ambiente del lugar. Después se podrá retirar la pieza con seguridad y evitar quemaduras.

4.1.3.2. CONDICIONES DE MONTAJE

En este apartado se van a exponer las condiciones que se tienen que cumplir para que el montaje de la prótesis cumpla con todos los requisitos establecidos en el diseño.

- Antes de comenzar con el montaje hay que revisar que todas las piezas tienen el acabado deseado, retirando todas las posibles rebabas que puedan aparecer a causa de la impresión.



- Una vez unidas las piezas impresas con los pasadores se comprobará el correcto movimiento del mecanismo
- Para la fijación del molde del muñón de goma EVA se utilizará una masilla de epoxi. Tiene una fácil aplicación y endurece en pocos minutos
- Para la colocación de la banda antideslizante se retirará el plástico protector de la zona adhesiva y se pegará en la zona del pie que está en contacto con el suelo.