

ÍNDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 SOLUCIÓN PROPUESTA	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 ALCANCES DEL PROYECTO.....	3
1.6 METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS	3
1.7 RESULTADOS ESPERADOS	4
1.8 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 AMPUTACIÓN	6
2.2 AMPUTACIÓN TRANSTIBIAL	6
2.3 MOVIMIENTOS DEL CICLO DE MARCHA	7
2.4 MATERIALES COMPUESTOS	7
2.4.1 Laminado unidireccional	8
2.4.2 Laminado de forma cruzada	8
2.5 PROCESO DE INFUSIÓN AL VACÍO	9
2.6 PROCESO DE FABRICACIÓN LAMINACIÓN MANUAL.....	10
2.7 CRITERIOS DE FALLA	10
2.7.1 Criterio de falla Tsai-Hill	10
2.7.2 Criterio de falla Tsai-Wu.....	10
2.8 PRÓTESIS EXISTENTE EN EL MERCADO	11
2.8.1 Prótesis deportiva OSSU CHEETA flex-foot.....	13
2.10 ANSYS	14
2.11 AUTODESK INVENTOR	14
CAPITULO III: DISEÑO Y PROCESO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL	15
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PACIENTE A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO: .	16
3.2 CÁLCULOS DE PERNOS DE SUJECIÓN	18
3.3 PROCESO DE ANÁLISIS EN ANSYS	21

3.3.1 Definición del material	21
3.3.2 Mallado	22
3.3.3 Desarrollo en ACP (Pre).....	22
3.3.4 Análisis Estructural	25
3.3.5 Desarrollo en ACP (Post)	27
3.4 RESUMEN DE TAREAS REALIZADAS EN ANSYS.....	27
CAPITULO IV: RESULTADOS, ANÁLISIS Y COMENTARIOS	28
4.1 RESULTADOS DESPLAZAMIENTO	29
4.2 RESULTADO DE CRITERIO TSAI-HILL.....	29
4.3 RESULTADO DE CRITERIO TSAI-WU	30
4.5 RESULTADOS CRITERIO DE FALLA PARA DIFERENTES ESPESORES	31
CAPITULO V: PROCESO DE FABRICACIÓN	34
5.1 ETAPAS PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN	35
5.1.1 Crear molde en inventor para laminación manual exterior	35
5.1.2 Proceder a transformar archivo a formato STL	36
5.1.3 Disminuir imperfecciones de la superficie	36
5.1.4 Aplicar desmoldante.....	36
5.1.5 Dimensionar los paños de fibra a utilizar	37
5.1.6 Realización de la mezcla de resina con catalizador	37
5.1.7 Proceso de laminación manual	37
5.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS	39
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	40
6.1 CONCLUSIONES	41
6.2 SUGERENCIAS	42
REFERENCIAS	43
ANEXOS	45
ANEXO A	46
ANEXO B	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Nivel de amputación transtibial (2).....	6
Figura 2. 2 Ciclo de marcha (3).....	7
Figura 2. 3 Clasificación de materiales compuestos (4)	8
Figura 2. 4 Laminado unidireccional.....	8
Figura 2. 5 Laminado de forma cruzada	8
Figura 2. 6 Laminado de forma angulada	9
Figura 2. 7 Esquema infusión al vacío (5)	9
Figura 2. 8 Esquema laminación manual (6).....	10
Figura 2. 9 Prótesis (9).....	11
Figura 2. 10 Pie tipo SACH (11)	11
Figura 2. 11 Pie tipo Single Axis (11)	12
Figura 2. 12 Pie tipo Flex (11).....	12
Figura 2. 13 Cuencas o Socket de prótesis (12)	12
Figura 2. 14 Liners o cubiertas de muñón (12).....	12
Figura 2. 15 Prótesis CHEETAH sujeción trasera (13)	13
Figura 2. 16 Imagen representativa de lámina analizada por ANSYS (14)	14
Figura 3. 1 Medidas para el diseño	17
Figura 3. 2 Geometría de socket espesor 1 [mm]	18
Figura 3. 3 Posición crítica del pie para análisis por corte (17)	20
Figura 3. 4 Mallado.....	22
Figura 3. 5 Espesor del material	22
Figura 3. 6 Creación de Sub-laminado similar a fibra de vidrio bidireccional	23
Figura 3. 7 Propiedades material coordenadas polares $\pm 45^\circ$	23
Figura 3. 8 Dirección normal a la superficie	24
Figura 3. 9 Orientación $\pm 45^\circ$	24
Figura 3. 10 Numero de láminas.....	25
Figura 3. 11 Condición de borde	25
Figura 3. 12 Condición de carga.....	26
Figura 3. 13 Desplazamientos	26
Figura 3. 14 Criterio de falla Tsai-Hill	27
Figura 4. 1 Resultado desplazamiento 1 [mm] de espesor	29
Figura 4. 2 Resultado criterio de falla Tsai-Hill espesor 1 [mm]	30
Figura 4. 3 Resultado criterio de falla Tsai-Wu espesor 1 [mm]	30
Figura 4. 4 Zonas del socket.....	31
Figura 4. 5 Gráfico de desplazamientos y factores de falla Tsai-Hill obtenidos.....	33
Figura 5. 1 Proceso de fabricación.....	35
Figura 5. 2 Molde realizado en impresora 3D.....	36
Figura 5. 3 Resina epóxica EPOTHAN 1309.....	37
Figura 5. 4 Prototipo final de prótesis deportiva transtibial	38
Figura A. 1 Socket con ángulos cerrados.....	46
Figura A. 2 Socket sujeción trasera y base esférica.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Impacto de ciclo de marcha en persona de 90 [Kg] (15).....	16
Tabla 3. 2 Propiedades de fibra de vidrio unidireccional.....	21
Tabla 4. 1 Resultados obtenidos aplicando presión de 0,18 [MPa].....	32
Tabla 4. 2 Características del socket.....	33
Tabla 5. 1 Costos del proceso de fabricación	39