

## INDICE GENERAL DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 SOLUCIÓN PROPUESTA .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 ALCANCES DEL PROYECTO .....	4
1.6 METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	5
1.7 RESULTADOS ESPERADOS.....	8
1.8 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA ESCRITA .....	9
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. FISIOLÓGÍA DEL PIE .....	11
2.1.1 El pie.....	11
2.1.2 Estructura del pie .....	11
2.1.3 Movimientos del pie .....	12
2.2 CICLO DE MARCHA.....	14
2.2.1 La marcha humana.....	14
2.2.2 Ciclo de marcha .....	14
2.2.3 Etapas del ciclo de marcha .....	14
2.2.4 Parámetros del ciclo de marcha .....	16
2.3 TRANSTORNOS FISIOLÓGICOS Y ANATÓMICOS DEL PIE.....	17
2.4 BAROPOMETRIA .....	22
2.4.1 Plataforma Footscan .....	22
2.5 ORTESIS PLANTARES .....	24
2.5.1 Tipos de ortesis plantares según las funciones terapéuticas .....	24
2.5.2 Tipos de plantillas ortopédicas según la patología del pie .....	25

2.6	MATERIALES PARA LA CONFECCIÓN DE PLANTILLAS ORTOPÉDICAS	26
2.6	PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS .....	28
2.7.1	Histéresis de los polímeros.....	28
2.7.2	Resiliencia .....	29
2.7.4	Dureza .....	30
2.7.5	Densidad.....	30
2.7.6	Restitución.....	30
2.7.7	Esfuerzo deformación .....	30
CAPITULO 3. ENSAYO MECÁNICO.....		32
3.1	MATERIALES .....	33
3.2	PRUEBA Y PROBETAS .....	34
3.3	TRATAMIENTO DE DATOS Y CURVA MODELO.....	34
3.4	RESULTADOS MECÁNICOS .....	35
3.4.1	Material Fflex (Marca Recreus) .....	35
3.4.2	Material Mdflex (Marca Cooper 3D) .....	37
3.4.3	Sakata (Sakata 3D Filaments).....	39
3.4.4	Falfa (Filoalfa 3D).....	40
3.5	RESUMEN PROPIEDADES MECÁNICAS DETERMINADAS .....	42
CAPITULO 4. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA .....		43
4.1.1	Análisis 2D .....	44
4.1.2	Análisis Sondas .....	44
4.1.3	Tamaño de la huella.....	45
4.1.4	Análisis Footscan presiones.....	46
4.2	MATERIAL SELECCIONADO .....	46
4.3	DISEÑO DE PLANTILLA UTILIZANDO MANUFACTURA ADITIVA .....	48
4.3.1	División de zonas de plantillas ortopédicas.....	48
4.3.2	Plantilla Base .....	49
4.3.3	Correlación resultados de Footscan y material seleccionado .....	51
4.4	Impresión de plantilla .....	52
4.5	APLICACIÓN .....	53
CAPITULO 5: ANALISIS DE RESULTADO.....		61
5.1	DIVISIÓN DE ZONAS .....	62

5.2	INDEPENDENCIA DE LOS DEDOS DEL PIE AL TIPO DE PISADA .....	63
5.3	INFLUENCIA DEL COLOR DE FILAMENTO EN LAS PROPIEDADES DE DISEÑO .....	64
5.4	INSERCIÓN DE SOPORTE DE TALÓN PARA PLANTILLAS ORTOPÉDICAS .....	64
5.5	MATERIAL OPTIMO PARA EL DISEÑO DE PLANTILLAS ORTOPÉDICAS	65
5.6	DISEÑO DE PLANTILLA .....	66
5.7	RESUMEN RESULTADOS .....	67
CAPITULO 6: CONCLUSION .....		68
6.1	CONCLUSION.....	69
Bibliografía.....		72
ANEXOS .....		76
Anexo 1: Ejes generados por el software 1 sobre el punto medio del pie .....		76
Anexo 2: Posicionamiento de cajas de rellenos .....		77
Anexo 3: Excel tamaño y posicionamiento cajas modificadoras.....		77
Anexo 4: Determinación Módulo de Young.....		78
Anexo 5: Presiones máximas en la zona del talón .....		79
Anexo 6: Diseño de inserción de talón .....		79
Anexo 7: Apoyo arco longitudinal.....		80

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista lateral estructura ósea del pie. Fuente: Netter, 2014.....	12
Figura 2. Planos del pie. Fuente: Mi Bienestar, 2020.....	13
Figura 3. Ciclo de marcha humana. Fuente: Gabel R.H, Brand R.A, 1994 .....	16
Figura 4. Pie plano. Fuente: MAYO CLINIC, 2020 .....	17
Figura 5. Pie cavo. Fuente: Podoactiva, 2020. ....	18
Figura 6. Pie valgo. Fuente: Clinica San Roman, 2020.....	19
Figura 7. Pie equino. Fuente: Carignano, 2011. ....	19
Figura 8. Pie zambo. Fuente: Fisioonline, 2020.....	20
Figura 9. Pie varo. Fuente: Bodyhelp, 2018.....	21
Figura 10. Pie aducto. Fuente: Héctor Almeida Merino, 2020.....	21
Figura 11. análisis 2D de footscan. Fuente: Sporthesis, 2020.....	23
Figura 12. Análisis presión por zona. Fuente: ORTOPEDIA BOSTON, 2016. ....	24
Figura 13. Resiliencia de los polímeros. Fuente: Area Tecnologica, 2020.....	29
Figura 14. Curva Esfuerzo vs Deformación Fflex Azul 20% de relleno. Fuente: Elaboración Propia.....	35
Figura 15. Comportamiento Fflex naranja en un 20, 30 y 40% de relleno. fuente: Elaboración Propia. ....	36
Figura 16.Comparativa Fflex azul en un 20, 30 y 40% de relleno. fuente: Elaboración Propia.....	36
Figura 17. Gráfica Esfuerzo vs deformación Fflex naranja y azul. Fuente: Elaboración Propia.....	37
Figura 18. Comparativa Mdflex gris en un 20, 30 y 40% de relleno. Fuente: Elaboración Propia.....	38
Figura 19.Comparativa Mdflex rojo en un 20, 30 y 40% de relleno. Fuente: Elaboración Propia.....	38
Figura 20. Gráfica Esfuerzo vs deformación Mdflex gris y rojo. Fuente: Elaboración Propia.....	39
Figura 21. Comparativa Sakata rojo en un 20, 30 y 40% de relleno. Fuente: Elaboración Propia.....	39
Figura 22. Comparativa Falfa azul en un 20, 30 y 40% de relleno. Fuente: Elaboración Propia.....	40
Figura 23. Informe estático de footscan. Fuente: SCAN, 2020.....	44
Figura 24. Análisis Sondas Footscan. Fuente: SCAN, 2020.....	45
Figura 25. Informe Tamaño de huella Footscan. Fuente: SCAN, 2020.....	46
Figura 26. Gráfica esfuerzo vs Deformación rango de diseño Falfa Transparente. Fuente: Elaboración Propia. ....	47
Figura 27: División de plantilla ortopédica. Fuente: Elaboración Propia .....	49
Figura 28. Plantilla Base. Fuente: Elaboración Propia.....	50
Figura 29. Zoom zona medial. Fuente: Elaboración Propia. ....	50
Figura 30. Zoom zona metatarsianos. Fuente: Elaboración Propia.....	51
Figura 31. Diagrama de correlación entre mapa de presiones y pruebas mecánicas. Fuente: Elaboración Propia .....	52
Figura 32. Mapeado cajas modificadoras de relleno. Fuente: Elaboración Propia .....	53

Figura 33. Toma de presiones en estática, paciente A. Fuente: Elaboración Propia.....	54
Figura 34. Toma de presiones en dinámica, paciente A. Fuente: Elaboración Propia. ....	55
Figura 35. Informe 2D del paciente A. Fuente: Elaboración Propia. ....	55
Figura 36. Informe por sondas paciente A. Fuente: Elaboración Propia. ....	56
Figura 37. Tabla resultados de Informes Footscan. Fuente: Elaboración Propia.....	57
Figura 38. Porcentaje de relleno según zonas. Fuente: Elaboración Propia.....	58
Figura 39. Posicionamiento y tamaño de cajas. Fuente: Elaboración Propia.....	59
Figura 40. Generación caja modificadora talón meidal. Fuente elaboración Propia.....	59
Figura 41. Distribución de presiones en los dedos, siendo el anaranjado las zonas de mayor presiones, verde presiones medias, celeste y azul presiones mínimas. Fuente: Elaboración propia.....	62
Figura 42. Independencia del tipo de pisada en la zona de los dedos, (a) Pie izquierdo, pisada pronadora, paciente: Máximo Apablaza sesión 05-05-2017, (b) pie izquierdo, pisada supinadora, paciente: Ángel De La Torre. Fuente: Elaboración Propia. ....	63
Figura 43. Origen de coordenadas y ejes coordenados generados sobre la plantilla ortopédica. Fuente: Elaboración Propia.....	76
Figura 44. Posicionamiento caja de relleno Talón lateral. Fuente: Elaboración propia. ....	77
Figura 45: Curva Esfuerzo-Deformación, criterio del 2%. Fuente: ASTM, 1992. ....	78
Figura 46. Presiones máximas en la zona del talón. Fuente: Elaboración Propia. ....	79
Figura 47: Inserción talón, (a) pie pronador, (b) pie plano, (c) pie supinador. Fuente: Elaboración Propia. ....	80

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas del EVA para extrusión o inyección. Fuente: Tecnología de los Plásticos, 2012. ....	26
Tabla 2. Propiedades materiales testeados. Fuente: Elaboración Propia.....	33
Tabla 3. Tabla resumen Propiedades mecánicas obtenidas. Fuente: Elaboración Propia. ....	42
Tabla 4. Rango de diseño Falfa transparente. Fuente: Elaboración Propia. ....	47
Tabla 5. Comparativa esfuerzos de meseta. Fuente; Elaboración Propia.....	65
Tabla 6. Tabla resumen resultados obtenidos.....	67
Tabla 7. Excel de posicionamiento y tamaño de cajas modificadoras. Fuente: Elaboración Propia.....	77