

INDICES

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	XI
RESUM	XIV
SUMMARY	XVII
INDICES.....	XX
INDICE DE CONTENIDOS.....	XX
INDICE DE FIGURAS	XXVII
INDICE DE TABLAS	XXXIII
ABREVIATURAS.....	XXXVII
TERMINOS	XL
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 MOTIVACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.4 ESTRUCTURA DE LA TESIS DOCTORAL	3
1.5 INTRODUCCIÓN A LA MANUFACTURA ADITIVA	4
1.6 PROCESOS DE IMPRESIÓN 3D.....	5
1.6.1 PROCESO DE IMPRESIÓN 3D POR EXTRUSIÓN DE MATERIAL (MEX).....	6
1.7 MATERIALES USADOS EN APLICACIONES MÉDICAS	8
1.7.1 CLASIFICACIÓN DE LAS APLICACIONES MÉDICAS	8
1.7.2 MATERIALES USADOS EN APLICACIONES MÉDICAS	9
1.8 APLICACIÓN DE IMPRESIÓN 3D EN ÁREAS MÉDICAS.....	13
1.8.1 USO DEL PROCESO DE IMPRESIÓN POR MEX EN APLICACIONES MÉDICAS.....	13
1.9 MATERIALES USADOS EN LA IMPRESIÓN POR MEX.....	14
1.9.1 IMPRESIÓN POR MEX CON ABS	14
1.9.2 IMPRESIÓN POR MEX CON PLA.....	14
1.9.3 IMPRESIÓN POR MEX CON PETG	15
1.9.4 IMPRESIÓN POR MEX CON PC.....	15
1.9.5 IMPRESIÓN POR MEX CON NYLON	16
1.9.6 IMPRESIÓN POR MEX CON PP.....	16
1.10 DISEÑO DE MATERIALES COMPUESTOS PARA IMPRESIÓN 3D	17
1.10.1 DESCRIPCIÓN DE MATERIAL COMPUESTO.	17
1.10.2 MATERIALES COMPUESTOS PARA IMPRESIÓN 3D POR MEX	17
1.10.3 PROCESO DE GENERACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA MEX.....	18
1.10.4 IMPRESIÓN POR MEX DE COMPUESTOS DE POLÍMEROS Y FIBRAS	18
1.10.5 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LAS PROPIEDADES DE LAS PARTES DE MATERIAL COMPUESTO IMPRESO POR MEX	19
1.10.5.1 INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA CARGA Y FORMA	20
1.10.6 INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DE LA IMPRESORA.	20
1.10.6.1 INFLUENCIA DEL DIÁMETRO DE LA BOQUILLA.....	20
1.10.6.2 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE LA BOQUILLA	20
1.10.6.3 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE LA CAMA DE IMPRESIÓN	21
1.10.6.4 INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE IMPRESIÓN.....	21
1.10.6.5 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE LA CABINA	21
1.10.6.6 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO	22
1.10.6.7 INFLUENCIA DEL POLÍMERO.....	22
1.10.6.8 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE CRISTALIZACIÓN.....	22
1.10.6.9 INFLUENCIA DE LA CRISTALINIDAD.....	22
1.10.7 INFLUENCIA PARÁMETROS DE PROCESO.	23
1.10.7.1 INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA CAPA.....	23

1.10.7.2	INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE RÁSTER.....	23
1.10.7.3	INFLUENCIA DEL ANCHO DEL RÁSTER.	23
1.10.7.4	INFLUENCIA DEL PORCENTAJE Y PATRÓN DE LLENADO	23
2.	EFFECTOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO Y CALOR HÚMEDO EN POLÍMEROS IMPRESOS POR MEX	24
2.1	INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN	25
2.1.1	FACTORES QUE AFECTAN LA EFICACIA DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN	26
2.1.2	ESTERILIZACIÓN VERSUS DESINFECCIÓN.....	26
2.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN	26
2.2.1	PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR AGENTES FÍSICOS	26
2.2.2	PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.....	26
2.2.2.1	MECANISMOS DE LA ESTERILIZACIÓN POR VAPOR	27
2.2.2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO	28
2.2.3	PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO.....	29
2.2.4	ESTERILIZACIÓN POR RADIACIÓN.	30
2.2.4.1	ESTERILIZACIÓN GAMMA.....	30
2.2.4.2	ESTERILIZACIÓN POR HAZ DE ELECTRONES	31
2.2.4.3	ESTERILIZACIÓN POR RAYOS X	31
2.2.5	ESTERILIZACIÓN POR AGENTES QUÍMICOS GASEOSOS.....	31
2.2.5.1	ESTERILIZACIÓN POR ÓXIDO DE ETILENO	31
2.2.5.2	ESTERILIZACIÓN POR OZONO	32
2.2.6	PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR AGENTES QUÍMICOS NO GASEOSOS.....	32
2.2.6.1	ESTERILIZACIÓN POR ALDEHÍDOS.....	32
2.2.6.2	ESTERILIZACIÓN POR ÁCIDO PERACÉTICO.....	32
2.2.6.3	ESTERILIZACIÓN POR PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	33
2.2.7	NORMAS PARA ESTERILIZACIÓN.....	33
2.3	DEGRADACIÓN DE POLÍMEROS.....	34
2.3.1	TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN EN PLÁSTICOS	36
2.3.2	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN.....	37
2.3.2.1	AGRIETAMIENTO DE PLÁSTICOS.....	37
2.3.2.2	OXIDACIÓN TÉRMICA.....	37
2.3.2.3	HIDRÓLISIS	39
2.3.2.4	HINCHAMIENTO Y DISOLUCIÓN	40
2.4	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN EN POLÍMEROS	40
2.4.1	AFECTACIÓN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE.....	40
2.4.2	AFECTACIÓN DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE.....	41
2.4.3	AFECTACIÓN DEL ÓXIDO DE ETILENO.....	41
2.4.4	AFECTACIÓN DEL PLASMA PERÓXIDO DE HIDRÓGENO.....	41
2.4.5	AFECTACIÓN DEL CALOR HÚMEDO	41
2.4.6	AFECTACIÓN DEL CALOR SECO.....	42
2.4.7	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN EN VARIOS POLÍMEROS PARA MEX.....	42
3.	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.....	47
3.1	INTRODUCCIÓN.....	48
3.2	FUENTES DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA CONSULTADAS	48
3.3	FUNCIONES DE BÚSQUEDA	48
3.4	ESTUDIO ESTADÍSTICO POR AÑO DE PUBLICACIÓN.....	52
3.5	ESTUDIO ESTADÍSTICO POR TIPO DE PUBLICACIÓN.....	53
3.6	ANÁLISIS DE LAS PUBLICACIONES.....	54
3.6.1	IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS EN LA LITERATURA	56
4.	TÉCNICAS Y MÉTODOS EXPERIMENTALES.....	58

4.1	PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	59
4.2	IMPRESIÓN DE PROBETAS	59
4.1.1	CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DE IMPRESIÓN POR MEX	60
4.1.2	IMPRESIÓN POR MEX	62
4.3	ESTERILIZACIÓN DE MATERIALES	64
4.3.1	ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.....	64
4.3.2	ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO	65
4.4	CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES.....	66
4.4.1	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA.....	67
4.4.1.1	CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE TRACCIÓN.....	67
4.4.1.2	CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE FLEXIÓN	69
4.4.1.3	CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE DUREZA SHORE	70
4.4.1.4	CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE IMPACTO CHARPY.....	71
4.4.1.5	CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE IMPACTO IZOD	72
4.4.2	CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	73
4.4.2.1	CARACTERIZACIÓN POR DSC.....	73
4.4.2.2	CARACTERIZACIÓN POR ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO	74
4.4.3	CARACTERIZACIÓN TERMO-MECÁNICA.....	75
4.4.3.1	ENSAYOS MECÁNICOS DINÁMICOS POR DMA	75
4.4.3.2	CARACTERIZACIÓN POR TMA.....	76
4.4.4	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA	77
4.4.4.1	MICROSCOPIA - ANÁLISIS DE FRACTURA	77
4.4.4.2	MICROSCOPIA SEM.....	77
4.4.4.3	MEDICIÓN DE COLOR	78
4.4.5	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	79
4.4.5.1	FTIR	79
4.4.6	CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA	79
4.4.6.1	REOMETRÍA CAPILAR.....	79
4.4.6.2	CORRECCIONES APLICADAS	80
4.4.6.3	MODELO REOLÓGICO DE CROSS-WLF	80
5.	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE MATERIALES DE BAJA TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO.....	82
5.1	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE PETG MÁS FIBRA DE CARBONO	83
5.1.1	INTRODUCCIÓN AL PETG.....	83
5.1.2	NOMENCLATURA DE MUESTRAS DE PETG MÁS FIBRA DE CARBONO.....	83
5.1.3	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL PETG-CF	84
5.1.3.1	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL PETG-CF POR ENSAYO DE TRACCIÓN	84
5.1.3.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL PETG-CF POR ENSAYO DE FLEXIÓN.....	85
5.1.3.3	CARACTERIZACIÓN PETG-CF POR ENSAYO DE IMPACTO CHARPY	86
5.1.3.4	CARACTERIZACIÓN DE DUREZA SHORE D DEL PETG-CF	87
5.1.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL PETG-CF	88
5.1.4.1	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN POR DSC DEL PETG-CF	88
5.1.4.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN POR ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO DEL PETG-CF	89
5.1.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TERMOMECÁNICA DEL PETG-CF	91
5.1.5.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DTMA SOBRE PETG-CF DTMA.....	91
5.1.5.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL PETG-CF POR ENSAYO DE TMA	93
5.1.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA	94
5.1.6.1	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL PETG-CF POR ESTEREOMICROSCOPIO.....	94
5.1.6.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO	96
5.1.7	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DE PETG-CF	96

5.1.8	CONCLUSIONES REFERENTES A LOS EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN SOBRE EL PETG-CF IMPRESO POR MEX	97
5.2	EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE EL PLA	98
5.2.1	INTRODUCCIÓN AL PLA	98
5.2.2	NOMENCLATURA DE MUESTRAS DE PLA	98
5.2.3	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN MECÁNICA.....	99
5.2.3.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PLA.....	99
5.2.3.2	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN EN PLA	100
5.2.3.3	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE IMPACTO CHARPY EN PLA	102
5.2.3.4	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUREZA SHORE D EN PLA.....	103
5.2.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	104
5.2.4.1	RESULTADOS DEL ENSAYO DE DSC EN PLA	104
5.2.4.2	RESULTADOS DEL ENSAYO DE TGA EN PLA	105
5.2.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TERMOMECÁNICA EN PLA	106
5.2.5.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DMA EN PLA.....	106
5.2.5.2	RESULTADOS DEL ENSAYO DE TMA EN PLA	108
5.2.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA	110
5.2.6.1	CARACTERIZACIÓN POR ESTEREOMICROSCOPIO DEL PLA.....	110
5.2.6.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO	111
5.2.7	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DEL PLA	112
5.2.8	CONCLUSIONES REFERENTES A LOS EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN SOBRE EL PLA IMPRESO POR MEX.	113
5.3	EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE EL CPE	114
5.3.1	INTRODUCCIÓN AL MATERIAL.....	114
5.3.2	NOMENCLATURA DE MUESTRAS	114
5.3.3	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN MECÁNICA.....	115
5.3.3.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DEL CPE	115
5.3.3.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE FLEXIÓN.	117
5.3.3.3	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE IMPACTO CHARPY	117
5.3.3.4	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN POR ENSAYO DE DUREZA SHORE CPE	118
5.3.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL CPE.....	119
5.3.4.1	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DEL CPE POR ENSAYOS DSC.....	119
5.3.4.2	CARACTERIZACIÓN DEL CPE POR TGA	120
5.3.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TERMOMECÁNICA	121
5.3.5.1	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL CPE POR DMA	121
5.3.5.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN POR TMA DEL CPE	123
5.3.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA	124
5.3.6.1	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL CPE POR ESTEREOMICROSCOPIO	124
5.3.6.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO PARA CPE	125
5.3.7	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DEL CPE	126
5.3.8	CONCLUSIONES REFERENTES A LOS EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN SOBRE EL CPE.....	127
6.	EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE PLA MÁS HIDROXIAPATITA.....	128
6.1	INTRODUCCIÓN.....	129
6.1.1	PROPIEDADES DEL PLA	129
6.1.2	PROPIEDADES DE LA HIDROXIAPATITA	129
6.1.3	MATERIAL COMPUESTO DE PLA MÁS HIDROXIAPATITA.	130
6.1.4	NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE PLA MÁS HIDROXIAPATITA	130

6.2	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE MECÁNICAS DEL PLA-HA	131
6.2.1	EFFECTOS DEL CALOR HÚMEDO SOBRE LAS PROPIEDADES DE MECÁNICAS PLA-HA	131
6.2.2	EFFECTOS DEL CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PLA-HA	132
6.3	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL PLA-HA	133
6.3.1	CARACTERIZACIÓN POR DSC DEL PLA-HA	133
6.3.2	CARACTERIZACIÓN DEL PLA-HA POR TGA	134
6.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TERMOMECAÁNICA DEL PLA-HA	136
6.4.1	CARACTERIZACIÓN DEL PLA-HA POR DMA	136
6.4.2	CARACTERIZACIÓN DEL PLA-HA POR TMA	137
6.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL PLA-HA	138
6.5.1	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA POR ESTEREOMICROSCOPIO	139
6.5.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO PARA PLA-HA	140
6.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DEL PLA-HA	141
6.7	CONCLUSIONES DE LOS EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN SOBRE PLA-HA ..	142
7.	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE EL PLA SMARTFILL®	143
7.1	INTRODUCCIÓN	144
7.1.1	PROPIEDADES DEL PLA SMARTFILL®	144
7.1.2	NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE PLA SMARTFILL®	144
7.2	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE MECÁNICAS DEL PLA-SF	144
7.2.1	RESULTADOS DE ENSAYOS MECÁNICOS DEL PLA-SF	144
7.3	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL PLA-SF	146
7.3.1	CARACTERIZACIÓN POR DSC DEL PLA-SF	146
7.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TERMOMECAÁNICA DEL PLA-SF	147
7.4.1	CARACTERIZACIÓN DEL PLA-SF POR DMA	147
7.4.2	CARACTERIZACIÓN DEL PLA-SF POR TMA	149
7.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL PLA-SF	150
7.5.1	RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICROSCOPIA SEM DE PLA-SF	150
7.5.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO PARA PLA-SF	151
7.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DEL PLA-SF	152
7.7	CONCLUSIONES REFERENTES A LOS EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN SOBRE EL PLA SMARTFILL®	152
8.	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE MATERIALES DE ALTA TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO	153
8.1	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE POLICARBONATO	154
8.1.1	INTRODUCCIÓN AL POLICARBONATO	154
8.1.2	NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE POLICARBONATO	155
8.1.3	EFFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE MECÁNICAS DEL POLICARBONATO	155
8.1.3.1	EFFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO EN LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN Y FLEXIÓN DEL POLICARBONATO IMPRESO POR MEX	155
8.1.3.2	EFFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO EN LA DUREZA Y RESISTENCIA AL IMPACTO DEL POLICARBONATO IMPRESO POR MEX	157
8.1.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL PC	157
8.1.4.1	CARACTERIZACIÓN POR DSC DEL PC	157
8.1.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TERMOMECAÁNICA DEL PC	158
8.1.5.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DMA SOBRE PC	158

8.1.5.2	RESULTADOS DE ENSAYO DE TMA DE POLICARBONATO	160
8.1.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL PC.....	161
8.1.6.1	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL PC POR MICROSCOPIA SEM	161
8.1.6.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO PARA PC	162
8.1.7	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DEL PC	163
8.1.8	CONCLUSIONES SOBRE LOS EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN SOBRE PC.....	164
8.2	EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE NYLON IMPRESO POR MEX.....	165
8.2.1	INTRODUCCIÓN AL NYLON.....	165
8.2.2	NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE NYLON.....	166
8.2.3	EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE MECÁNICAS DEL NYLON	166
8.2.3.1	EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO EN LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN Y FLEXIÓN DEL POLICARBONATO IMPRESO POR MEX.....	166
8.2.3.2	EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO EN LA DUREZA Y RESISTENCIA AL IMPACTO DEL NYLON IMPRESO POR MEX	168
8.2.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL NYLON.....	168
8.2.4.1	CARACTERIZACIÓN POR DSC DEL NYLON	169
8.2.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TERMOMECÁNICA DEL NYLON.....	170
8.2.5.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DMA SOBRE NYLON.....	170
8.2.5.2	RESULTADOS DE ENSAYO DE TMA DE NYLON	171
8.2.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL NYLON.....	171
8.2.6.1	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL NYLON POR MICROSCOPIA SEM	172
8.2.6.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO PARA NYLON	173
8.2.7	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DEL NYLON	173
8.2.8	CONCLUSIONES SOBRE LOS EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN SOBRE NYLON.....	174
8.3	EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE POLIPROPILENO IMPRESO POR MEX	175
8.3.1	INTRODUCCIÓN AL POLIPROPILENO	175
8.3.2	NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE POLIPROPILENO.....	176
8.3.3	EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE MECÁNICAS DEL NYLON	177
8.3.3.1	EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO EN LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN Y FLEXIÓN DEL POLICARBONATO IMPRESO POR MEX	177
8.3.3.2	EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO EN LA DUREZA Y RESISTENCIA AL IMPACTO DEL POLIPROPILENO IMPRESO POR MEX.....	178
8.3.4	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL POLIPROPILENO.....	179
8.3.4.1	CARACTERIZACIÓN POR DSC DEL POLIPROPILENO.....	179
8.3.5	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR DMA DEL POLIPROPILENO	180
8.3.6	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL POLIPROPILENO	181
8.3.6.1	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL POLIPROPILENO POR ESTEREOMICROSCOPIO.....	181
8.3.6.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLORÍMETRO PARA POLIPROPILENO.....	182
8.3.7	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN POR FTIR DEL PP	182
8.3.8	CONCLUSIONES SOBRE LOS EFECTOS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN SOBRE PP.....	183
9.	MODELO REOLÓGICO DE MATERIAL PARA IMPRESIÓN 3D.....	184
9.1	INTRODUCCIÓN.....	185
9.2	VISCOELASTICIDAD.....	185
9.3	MODELOS BÁSICOS DE VISCOELASTICIDAD.....	186
9.3.1	MODELO VISCOELASTICIDAD DE MAXWELL	186
9.3.2	MODELO DE KELVIN VOIGT	188
9.3.3	MODELO COMBINADO (BURGERS)	190

9.4	REOLOGÍA DE POLÍMEROS	192
9.4.1	INTRODUCCIÓN.....	192
9.4.2	REOLOGÍA PARA IMPRESIÓN 3D	193
9.4.3	MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD	194
9.4.3.1	REÓMETRO ROTACIONAL	194
9.4.3.2	REÓMETRO DE TUBO CAPILAR.....	195
9.4.3.3	CORRECCIÓN DE BAGLEY	196
9.4.3.4	CORRECCIÓN DE WEISSENBERG–RABINOWITSCH	198
9.4.4	MODELOS REOLÓGICO DE POLÍMERO PARA IMPRESIÓN 3D.....	199
9.4.4.1	MODELIZACIÓN REOLÓGICA MEDIANTE LOS PARÁMETROS DE CROSS-WLF.....	199
9.4.5	RESULTADOS DE MODELO REOLÓGICO	200
9.4.5.1	RESULTADOS DE LA CORRECCIÓN DE BAGLEY	201
9.4.5.2	CORRECCIÓN DE WEISSENBERG-RABINOWITCH	203
9.4.5.3	VISCOSIDAD REAL	206
9.4.5.4	MODELO DE CROSS WLF	207
	PARÁMETROS INDEPENDIENTES DEL MODELO DE CROSS-WLF.....	207
9.4.5.5	PARÁMETROS DEPENDIENTES DEL MODELO DE CROSS-WLF	207
9.5	CONCLUSIONES.....	210
10.	CONCLUSIONES.	211
10.1	CONCLUSIONS.....	212
10.1.1	REGARDING THE EFFECTS OF THE STERILIZATION PROCESSES ON PLA AND PLA REINFORCED MATERIALS. 212	
10.1.2	REGARDING THE EFFECTS OF THE STERILIZATION PROCESSES ON LOADED PETG-CF AND CPE 3D-PRINTED SAMPLES.	213
10.1.3	REGARDING THE EFFECTS OF THE STERILIZATION PROCESSES ON 3D PRINTED NYLON SAMPLES	213
10.1.4	REGARDING THE EFFECTS OF STERILIZATION PROCESSES ON 3D-PRINTED POLYCARBONATE SAMPLES.....	213
10.1.5	REGARDING THE EFFECTS OF THE STERILIZATION PROCESSES ON 3D-PRINTED POLYPROPYLENE SAMPLES	214
10.1.6	REGARDING THE RHEOLOGICAL MODEL OF THE MATERIAL	214
10.1.7	OVERALL CONCLUSIONS	215
11.	LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS.....	216
11.1	LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS.....	217
	REFERENCIAS	219
	REFERENCIAS.....	220
	ANEXOS.	267
	ANEXO I. PUBLICACIONES	268
	ANEXO II. PARTICIPACIONES EN CONGRESOS.....	272

INDICE DE FIGURAS

FIGURA I- 1. GUÍAS DE OPERACIÓN REALIZADAS POR MEX PARA OPERACIÓN CRÁNEO- MAXILOFACIAL[1].....	2
FIGURA I- 2. ESTRUCTURA DE LA TESIS DOCTORAL.....	4
FIGURA I- 3 ESQUEMA DE MANUFACTURA ADITIVA POR EL PROCESO DE MEX	7
FIGURA I- 4 ILUSTRACIÓN DE VARIOS DE LOS PARÁMETROS DE IMPRESIÓN POR MEX.	8
FIGURA I- 5. CLASES DE MATERIALES COMPUESTOS A) REFORZADO CON FIBRAS B) REFORZADO CON PARTÍCULAS C) LAMINAR	17
FIGURA I- 6 ILUSTRACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE FILAMENTO PARA EL PROCESO DE IMPRESIÓN POR MEX.	18
FIGURA I- 7 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LAS PROPIEDADES DE LAS PARTES IMPRESAS POR MEX. ADAPTADO DE [99].	19
FIGURA I- 8 ILUSTRACIÓN DE LA UNIÓN ENTRE CAPAS Y FILAMENTOS DEL PROCESO DE MEX.....	20
FIGURA II- 1 RESUMEN DE PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÉDICOS.....	25
FIGURA II- 2 AUTOCLAVE TIPO OLLA DE PRESIÓN[161].	28
FIGURA II- 3 HORNO ELÉCTRICO DE SECADO USADO PARA EL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO [167].	30
FIGURA II- 4 EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN CON ÁCIDO PARACÉTICO [190].....	33
FIGURA II- 5. PROCESO DE OXIDACIÓN TÉRMICA.....	38
FIGURA II- 6. CURVA DE FTIR DEL CONECTOR DE CODO DE UNA TUBERÍA QUE FALLÓ MUESTRA LA OXIDACIÓN UNA BANDA DE ABSORCIÓN INDICATIVA DE OXIDACIÓN.[206]	39
FIGURA II- 7 MECANISMO DE REACCIÓN DE LA HIDROLISIS.....	39
FIGURA II- 8 EFECTOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE EN POLÍMEROS.	40
FIGURA II- 9 ESTABILIDAD DE POLÍMEROS MÉDICOS A VARIOS NIVELES DE RADIACIÓN EN KGY [211].	40
FIGURA III- 1. RESULTADOS DE LA BUSQUEDA EN WEB OF SCIENCE CON LOS TERMINOS RELACIONADOS CON ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO (SHS) E IMPRESIÓN POR MEX.....	50
FIGURA III- 2. NUBE DE PALABRAS CON LOS CRITERIOS DE BÚSQUEDA PARA IMPRESIÓN 3D POR MEX Y A) ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y B) ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO.....	51
FIGURA III- 3. RESULTADOS DE LA BUSQUEDA EN WEB OF SCIENCE CON LOS TERMINOS RELACIONADOS CON ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO E IMPRESIÓN POR MEX.	51
FIGURA III- 4. PUBLICACIONES SOBRE ESTERILIZACIÓN DE PARTES IMPRESAS EN 3D.	52
FIGURA III- 5. PUBLICACIONES SOBRE IMPRESIÓN 3D Y ESTERILIZACIÓN.	53
FIGURA III- 6. PRINCIPALES REVISTAS PUBLICACIONES SOBRE ESTERILIZACIÓN E IMPRESIÓN 3D.	53
FIGURA IV- 1 ESQUEMA DE LA PLANIFICACIÓN DESARROLLADA EN LA INVESTIGACIÓN.	59
FIGURA IV- 2 APARIENCIA DE LOS PATRONES DE IMPRESIÓN Y PORCENTAJES DE RELLENO A) LINEAL- 40% B) LINEAL-80% Y C) HONEYCOMB 40% D) HONEYCOMB 80%.....	60
FIGURA IV- 3 ESQUEMA DEL PROCESO DE IMPRESIÓN Y ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	64
FIGURA IV- 4 PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO. A) OLLA DE PRESIÓN MONIX B) PIRÓMETRO RAYTEK C) OLLA RÁPIDA.	65
FIGURA IV- 5 CICLO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.....	65
FIGURA IV- 6 EQUIPOS USADOS PARA PROCESO DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR. A) HORNO SELECTA B) HORNO ESTERILIZADOR MH-300T.	66
FIGURA IV- 7 CICLO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO.	66
FIGURA IV- 8 PROBETAS PARA ENSAYO DE TRACCIÓN SEGÚN ISO 527-2012 TIPO 1BA. A) RELLENO 80%-LINEAL, B) RELLENO 40%-LINEAL, C) RELLENO 80% - HONEYCOMB D) RELLENO 40% - HONEYCOMB.	68
FIGURA IV- 9 ORIENTACIÓN DE LAS PROBETAS IMPRESAS POR MEX.	68
FIGURA IV- 10 PROBETAS DE DIFERENTES MATERIALES TIPO 1BA USADAS EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN.	69
FIGURA IV- 11. ENSAYO DE FLEXIÓN DE UNA PROBETA DE CPE.	70
FIGURA IV- 12 IMPRESIÓN HORIZONTAL DE PROBETAS DE CPE PARA ENSAYO DE FLEXIÓN.....	70
FIGURA IV- 13. A) DIMENSIONES PROBETA PARA ENSAYO SHORE D. B) CONFIGURACIÓN DE LAS PROBETAS PARA ENSAYO DE DUREZA, PATRÓN DE RELLENO LINEAL A 45°.....	71
FIGURA IV- 14- A) ENSAYO DE DUREZA SHORE SOBRE UNA PROBETA DE PLA B) FOTOGRAFÍA DE LAS PROBETAS TÍPICAS USADAS PARA EL ENSAYO SHORE D, SE MUESTRA UNA PROBETA DE PP.	71

FIGURA IV- 15. PROBETAS PARA ENSAYO DE CHARPY Y FLEXIÓN. A. RELLENO 80% LINEAL. A. RELLENO 40% LINEAL. A. RELLENO 80% PANEL DE ABEJA. A. RELLENO 40% PANEL DE ABEJA.	72
FIGURA IV- 16 IMAGEN DE UNA MUESTRA DE CPE PARA EL ENSAYO CHARPY CON MUESCA MECÁNICA.....	72
FIGURA IV- 17. A) CONFIGURACIÓN PROBETA DE ENSAYO IZOD B) FOTOGRAFÍA DE PROBETA DE PA (Z-NYLON) PARA EL ENSAYO IZOD.....	73
FIGURA IV- 18. CALORÍMETRO DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) MODELO METTLER-TOLEDO 821.....	74
FIGURA IV- 19 CALORÍMETRO DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) TA INSTRUMENTS, MODELO Q2000[265].	74
FIGURA IV- 20. ANALIZADOR TERMOGRAVIMÉTRICO LINSEIS MODELO TG-PT1000.....	75
FIGURA IV- 21. A) ESQUEMA DEL PROCESO DE ENSAYO DE TMA POR TORSIÓN B) AJUSTE DE PROBETA DE POLÍMERO DE CPE EN REÓMETRO DMA -TA INSTRUMENTS AR-G2.	75
FIGURA IV- 22. ANALIZADOR TERMOMECAÁNICO TA INSTRUMENTS, MODELO Q400 [269].	77
FIGURA IV- 23. ESTEREOMICROSCOPIO OLYMPUS SZX7.....	77
FIGURA IV- 24. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO DE MESA PSEM eXPRESS [270].....	78
FIGURA IV- 25. COLORÍMETRO CM-3600D COLORFLEX-DIFF2 458/08.....	78
FIGURA IV- 26 ESPECTROFOTÓMETRO DE INFRARROJO FTIR.	79
FIGURA IV- 27 REÓMETRO CAPILAR.	80
FIGURA V- 1. ESTRUCTURA QUÍMICA DEL PETG[280].	83
FIGURA V- 2. COMPARACIÓN DE PROPIEDADES A TRACCIÓN DE PETG-CF IMPRESAS DE MEX ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).	85
FIGURA V- 3. RESISTENCIA Y MÓDULO DE FLEXIÓN DEL PETG-CF ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	86
FIGURA V- 4. RESISTENCIA AL IMPACTO DEL PETG-CF ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	87
FIGURA V- 5. DUREZA SHORE DE PETG-CF ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.....	87
FIGURA V- 6. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) PARA PETG-CF IMPRESO POR MEX, ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).	89
FIGURA V- 7. DEGRADACIÓN TÉRMICA DE PETG-CF IMPRESO POR MEX, ESTERILIZADO POR CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH) (A) PÉRDIDA DE PESO TG Y (B) CURVAS DTG.....	90
FIGURA V- 8. CURVAS DE ANÁLISIS DINAMO-MECÁNICO TÉRMICO (DMA) PARA PETG-CF IMPRESO POR MEX A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (TAN Δ) DE PETG-CF CON RELLENOS DEL 40% Y 80%.	92
FIGURA V- 9. CURVAS DE ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO (TMA) DE PETG-CF IMPRESO EN 3D IMPRESOS Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).	94
FIGURA V- 10. FRACTURAS DE PETG-CF IMPRESO DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA CHARPY. A1-A4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS MUESTRAS PETG SIN ESTERILIZAR, B1-B4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO, B1-B4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO.	95
FIGURA V- 11. DIFERENCIAS TOTALES DE COLOR (ΔE) ASÍ COMO CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI) DEL PETG-CF. ^{A-E} DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN (P < 0,05).	96
FIGURA V- 12. ESPECTROS INFRARROJOS DE TRANSFORMADA DE FOURIER DE PETG-CF IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR SECO Y POR CALOR HÚMEDO.....	97
FIGURA V- 13. ESTRUCTURA QUÍMICA DEL POLI-ÁCIDO POLILÁCTICO[299].....	98
FIGURA V- 14 . CAMBIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS PROBETAS DE PLA IMPRESAS EN 3D CON LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH) CON RELLENO DEL 40% Y 80% Y CON TIPO DE RELLENO LINEAL (L) Y HONEYCOMB (H).	100
FIGURA V- 15. A) MÓDULO DE FLEXIÓN Y B) RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA MUESTRAS DE PLA IMPRESAS POR MEX CON DIFERENTES PORCENTAJES DE RELLENO.	101
FIGURA V- 16. RESISTENCIA AL IMPACTO CHARPY PARA MUESTRAS DE PLA IMPRESAS POR MEX CON DIFERENTES PORCENTAJES DE RELLENO (80%-40%).	103
FIGURA V- 17. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA SHORE D PARA MUESTRAS PLA IMPRESAS POR MEX CON DIFERENTES NIVELES DE RELLENO (80%-40%).	103

FIGURA V- 18. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CALORIMETRÍA DIFERENCIA DE BARRIDO (DSC) PARA PLA IMPRESO POR MEX, ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO (MH) Y POR CALOR SECO (DH).	105
FIGURA V- 19. DEGRADACIÓN TÉRMICA DEL PLA IMPRESO MEX CON LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO (DH) Y EL CALOR HÚMEDO (MH), (A) TG PÉRDIDA DE PESO Y (B) CURVAS DTG.	106
FIGURA V- 20. CURVAS DE ANÁLISIS DINAMO-MECÁNICO TÉRMICO (DMA) PARA PLA IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (TAN Δ).	107
FIGURA V- 21. CURVAS DE ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO DE PLA IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO, EL CAMBIO DE DIMENSIÓN (μM) INDICA LA DIFERENCIA DE TAMAÑO EN LA MUESTRA A TEMPERATURA T Y A TEMPERATURA AMBIENTE.	109
FIGURA V- 22. IMÁGENES ÓPTICAS TÍPICAS DE PLA IMPRESO DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA CHARPY. A1-A4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS MUESTRAS PLA-SIN ESTERILIZAR, B1-B4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO, B1-B4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO.	110
FIGURA V- 23 DIFERENCIAS TOTALES DE COLOR (ΔE) ASÍ COMO CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI) DEL PLA. ^{A-F} DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN (P < 0,05).	112
FIGURA V- 24. ESPECTROS INFRARROJOS DE TRANSFORMADA DE FOURIER DE PLA IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR SECO Y POR CALOR HÚMEDO.	112
FIGURA V- 25. ESTRUCTURA QUÍMICA DEL PETG [332].	114
FIGURA V- 26. CAMBIO DE LOS PARÁMETROS MECÁNICOS DE LAS PROBETAS EN CPE CON LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO MEDIDOS CON EL ENSAYO DE TRACCIÓN.	116
FIGURA V- 27. CAMBIO DE LOS PARÁMETROS DE FLEXIÓN DE PROBETAS DE CPE IMPRESAS POR MEX LUEGO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	117
FIGURA V- 28. RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO CHARPY PARA MUESTRA DE CPE IMPRESO POR MEX CON DIFERENTES NIVELES DE RELLENO (80%-40%).	118
FIGURA V- 29. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA SHORE D PARA MUESTRAS DE CPE IMPRESAS POR MEX CON DIFERENTES NIVELES DE RELLENO (80%-40%).	118
FIGURA V- 30. COMPARACIÓN DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) DEL FILAMENTO DE CPE, CPE IMPRESO EN 3D, CPE ESTERILIZADO POR CALOR SECO Y CPE ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO.	119
FIGURA V- 31. DEGRADACIÓN TÉRMICA DEL CPE IMPRESO MEX Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH), (A) PÉRDIDA DE PESO TG Y (B) PRIMERAS CURVAS DERIVADAS DTG.	121
FIGURA V- 32. CURVAS DE ANÁLISIS TÉRMICO MECÁNICO DINÁMICO (DMTA) A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUACIÓN (TAN Δ) DE CPE IMPRESO EN 3D.	122
FIGURA V- 33. CURVAS DE ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO (TMA) PARA EL CPE IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO, EL CAMBIO DE DIMENSIÓN (MM) SIGNIFICA LA DIFERENCIA DE TAMAÑO EN LA MUESTRA A TEMPERATURA T Y A TEMPERATURA AMBIENTE.	124
FIGURA V- 34. IMÁGENES ÓPTICAS TÍPICAS DE CPE IMPRESO DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA CHARPY. A1-A4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS MUESTRAS CPE-SIN ESTERILIZAR, B1-B4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO, C1-C4) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO.	125
FIGURA V- 35. DIFERENCIAS TOTALES DE COLOR (ΔE) ASÍ COMO CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI) DEL CPE. ^{A-E} DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN (P < 0,05).	126
FIGURA V- 36. ESPECTROS INFRARROJOS DE TRANSFORMADA DE FOURIER DE CPE IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR SECO Y POR CALOR HÚMEDO.	127
FIGURA VI- 1. UNIDADES ESTRUCTURALES QUÍMICAS DEL PLA	129
FIGURA VI- 2. UNIDADES ESTRUCTURALES QUÍMICAS DE LA HIDROXIAPATITA.	130
FIGURA VI- 3. COMPARACIÓN DE PROPIEDADES A TRACCIÓN DE PLA-HA IMPRESAS DE MEX ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	132
FIGURA VI- 4. RESISTENCIA Y MÓDULO DE FLEXIÓN DEL PLA-HA ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	132

FIGURA VI- 5. A) RESISTENCIA AL IMPACTO CHARPY Y B) DUREZA SHORE D PARA MUESTRAS DE PLA Y PLA-HA IMPRESAS POR MEX	133
FIGURA VI- 6. COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) DEL PLA-HA Y FILAMENTO DE PLA-HA, SIN ESTERILIZAR Y ESTERILIZADO CON CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO	134
FIGURA VI- 7. DEGRADACIÓN TÉRMICA DE PLA-HA IMPRESO POR MEX, ESTERILIZADO POR CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH) (A) PÉRDIDA DE PESO TG Y (B) CURVAS DTG	135
FIGURA VI- 8. CURVAS DE ANÁLISIS DINAMO-MECÁNICO TÉRMICO (DMA) PARA PLA-HA IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (TAN Δ).....	137
FIGURA VI- 9. CURVAS DE ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO TÉRMICO (TMA) PARA EL PLA-HA IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y POR CALOR HÚMEDO, EL CAMBIO DE DIMENSIÓN (MM) SIGNIFICA LA DIFERENCIA DE TAMAÑO EN LA MUESTRA A TEMPERATURA T Y A TEMPERATURA AMBIENTE. ALPHA ES EL COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA.	138
FIGURA VI- 10. IMÁGENES ÓPTICAS TÍPICAS DE PLA-HA DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA CHARPY. (A) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA SIN ESTERILIZAR (B) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO (C) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO.	139
FIGURA VI- 11. DIFERENCIAS TOTALES DE COLOR (ΔE) ASÍ COMO CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI) DEL PLA-HA. ^{A-C} DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN (p < 0,05).	140
FIGURA VI- 12. CURVAS DE FTIR DE PLA-HA IMPRESO POR MEX, PLA-HA ESTERILIZADO POR CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO.....	142
FIGURA VII- 1. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL PLA SMARTFILL.	145
FIGURA VII- 2. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE FLEXIÓN DEL PLA SMARTFILL.	146
FIGURA VII- 3. DSC PRIMERA CURVA DE CALENTAMIENTO PARA PLA SMARTFILL ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.	147
FIGURA VII- 4. CURVAS DE ANÁLISIS DINAMO-MECÁNICO TÉRMICO (DMA) PARA PLA-SF IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (TAN Δ).....	148
FIGURA VII- 5. CURVA DE TMA DEL PLA SMARTFILL ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.....	149
FIGURA II- 6. IMÁGENES POR MICROSCOPIA SEM DEL PLA -SF IMPRESO DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA IZOD. A1-A3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS MUESTRAS PLA-SF-3D, B1-B3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO, B1-B3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO.....	150
FIGURA VII- 7. DIFERENCIAS TOTALES DE COLOR (ΔE), ASÍ COMO TAMBIÉN CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI) DEL PLA-SF. ^{A-E} DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE FORMULACIONES (p < 0,05).....	151
FIGURA VII- 8. ESPECTROS INFRARROJOS DE TRANSFORMADA DE FOURIER DE PLA IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR SECO Y POR CALOR HÚMEDO.	152
FIGURA VIII-1. ESTRUCTURA QUÍMICA DEL POLICARBONATO.....	154
FIGURA VIII- 2. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL PC.	156
FIGURA VIII- 3. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE FLEXIÓN DEL PC.	157
FIGURA VIII- 4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) PARA PC IMPRESO POR MEX, ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).	158
FIGURA VIII- 5. CURVAS DE ANÁLISIS DINAMO-MECÁNICO TÉRMICO (DMA) PARA PC IMPRESO POR MEX A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (TAN Δ) DE PC.....	159
FIGURA VIII- 6. CURVAS DE ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO (TMA) DE PC IMPRESO EN 3D IMPRESOS Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).	160

FIGURA VIII- 7. IMÁGENES ÓPTICAS TÍPICAS DE PC IMPRESO DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA IZOD. A1-A3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS MUESTRAS PC-SIN ESTERILIZAR, B1-B3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO, C1-C3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO.	162
FIGURA VIII- 8. DIFERENCIA TOTAL DE COLOR ΔE E ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI). DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE FORMULACIONES ($P < 0,05$).	163
FIGURA VIII- 9. FTIR -ATR PARA EL PC ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	164
FIGURA VIII- 10. ESTRUCTURA QUÍMICA Z-NYLON (PA-12) [472].	166
FIGURA VIII- 11. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL NYLON.	167
FIGURA VIII- 12. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE FLEXIÓN DEL NYLON.	168
FIGURA VIII- 13. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) PARA NYLON IMPRESO POR MEX, ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).	169
FIGURA VIII- 14. CURVAS DE ANÁLISIS DINAMO-MECÁNICO TÉRMICO (DMA) PARA NYLON IMPRESO POR MEX A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO ($TAN \Delta$) DE NYLON.	170
FIGURA VIII- 15. CURVAS DE ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO (TMA) DE NYLON IMPRESO EN 3D IMPRESO Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).	171
FIGURA VIII- 16. IMÁGENES ÓPTICAS TÍPICAS DE NYLON IMPRESO DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA IZOD. A1-A3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS MUESTRAS PA SIN ESTERILIZAR, B1-B3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO, C1-C3) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO.	172
FIGURA VIII- 17. DIFERENCIAS TOTALES DE COLOR (ΔE) Y CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI). ^{A-C} DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN ($P < 0,05$)	173
FIGURA VIII- 18. ESPECTRO DE FTIR-ATR DE NYLON ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	174
FIGURA VIII- 19. ESTRUCTURA QUÍMICA POLIPROPILENO.	175
FIGURA VIII- 20. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL NYLON.	178
FIGURA VIII- 21. EFECTO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN DE CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO SOBRE LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL NYLON.	178
FIGURA VIII- 22. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) PARA PP IMPRESO POR MEX, ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).	179
FIGURA VIII- 23. CURVAS DE ANÁLISIS DINAMO-MECÁNICO TÉRMICO (DMA) PARA PP IMPRESO POR MEX A) MÓDULO DE ALMACENAMIENTO, G' Y B) FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO ($TAN \Delta$) DE PP.	180
FIGURA VIII- 24. IMÁGENES ÓPTICAS TÍPICAS DEL PP IMPRESO Y DESPUÉS DE SUFRIR UNA FRACTURA CON LA PRUEBA DE CHARPY. A-C) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS MUESTRAS PP SIN ESTERILIZAR, D-F) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR SECO, G-I) SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA ESTERILIZADA POR CALOR HÚMEDO.	181
FIGURA VIII- 25. DIFERENCIAS TOTALES DE COLOR (ΔE) Y CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE AMARILLEZ (YI). ^{A-F} DIFERENTES LETRAS MUESTRAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE PROCESOS ESTERILIZACIÓN ($P < 0,05$).	182
FIGURA VIII- 26. ESPECTRO DE FTIR-ATR DEL PP ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	183
FIGURA IX- 1. A) PROBETAS DE PP DEFORMADAS LUEGO DEL PROCESO DE IMPRESIÓN POR MEX. B) COMPARACIÓN DE PROBETAS DE PP, PA Y PC LUEGO DEL PROCESO DE IMPRESIÓN POR MEX.	185
FIGURA IX- 2. ESQUEMA DEL MODELO VISCOELÁSTICO DE MAXWELL MEDIANTE EL ACOPLAMIENTO EN SERIE DEL ELEMENTO ELÁSTICO (MUELLE) Y ELEMENTO VISCOSO (ÉMBOLO).	186
FIGURA IX- 3. REPRESENTACIÓN DE LA DEFORMACIÓN CON RESPECTO AL TIEMPO SEGÚN EL MODELO DE MAXWELL BAJO LA ACCIÓN DE UNA TENSIÓN CONSTANTE	188
FIGURA IX- 4. ESQUEMA DEL MODELO VISCOELÁSTICO DE KELVIN-VOIGT EN EL CUAL SE TIENE UN ACOPLAMIENTO EN PARALELO DEL ELEMENTO ELÁSTICO Y ELEMENTO VISCOSO.	188

FIGURA IX- 5. ESQUEMA DE LA ELONGACIÓN QUE SUFRE EN EL TIEMPO UN ELEMENTO VISCOELÁSTICO QUE CUMPLE EL MODELO DE KELVIN VOIGHT.	189
FIGURA IX- 6. REPRESENTACIÓN DE LA DEFORMACIÓN CON RESPECTO AL TIEMPO SEGÚN EL MODELO DE MAXWELL BAJO LA ACCIÓN DE UNA TENSIÓN CONSTANTE.	189
FIGURA IX- 7. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA DEFORMACIÓN REAL QUE SUFRE UN POLÍMERO, EN EL CUAL SE OBSERVA LA DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA, LA DEFORMACIÓN Y LA RECUPERACIÓN VISCOSAS DEL MATERIAL.	190
FIGURA IX- 8. ESQUEMA DEL MODELO VISCOELÁSTICO COMBINADO (BURGUERS).	190
FIGURA IX- 9. ESQUEMA DE LA RELACIÓN ENTRE LA VISCOSIDAD DINÁMICA Y VISCOSIDAD CINEMÁTICA.	192
FIGURA IX- 10. ESQUEMA DE LA LEY DE LA POTENCIA QUE MUESTRA $\log \tau$ VERSUS $\log (d\gamma/dt)$ PARA DIFERENTES TIPOS DE FLUIDOS.	193
FIGURA IX- 11. GRÁFICA DE VISCOSIDAD DEL PP, POLYFORT® FIPP 30 T K1005 A 3 TEMPERATURAS [8].	193
FIGURA IX- 12. A) ESQUEMA DE UN VISCOSÍMETRO DE CILINDRO COAXIAL B) ESQUEMA DE VISCOSÍMETRO DE PLACA Y CONO.	194
FIGURA IX- 13. ESQUEMA DE UN REÓMETRO CAPILAR.	195
FIGURA IX- 14. ILUSTRACIÓN CURVA DE CAÍDA DE PRESIÓN (ΔP_{Tot}) VERSUS FLIJO VOLUMÉTRICO (Q) PARA 3 BOQUILLAS (3 RELACIONES L/D).	197
FIGURA IX- 15. ILUSTRACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA CORRECCIÓN DE BAGLEY.	197
FIGURA IX- 16. REPRESENTACIÓN DE BAGLEY: CAÍDA DE PRESIÓN FRENTE L/D PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE CIZALLA.[555]	197
FIGURA IX- 17- APROXIMACIÓN DE LA VISCOSIDAD CON EL MODELO DE CROSS-WLF EN ECUACIONES (9. 36) Y (9. 37)[561].	200
FIGURA IX- 18. REPRESENTACIÓN DE BAGLEY CAÍDA DE PRESIÓN FRENTE A L/D PARA VARIAS VELOCIDADES DE CIZALLA Y AJUSTE LINEAL DE LAS MEDICIONES DE PRESIÓN CON TRES BOQUILLAS PARA POLIPROPILENO.	202
FIGURA IX- 19. CORRECCIÓN DE RABINOWITCH, PERFIL DE VELOCIDAD PARA UN FLUIDO NEWTONIANO Y PARA UNO NO NEWTONIANO.	204
FIGURA IX- 20. VELOCIDAD DE CIZALLA APARENTE γ_{app} vs ESFUERZO CORTANTE CORREGIDO γ_{app} PARA CALCULAR LA CORRECCIÓN DE RABINOWITSCH.	204
FIGURA IX- 21. AJUSTE DE CURVA POLINÓMICA PARA EL CÁLCULO DE PENDIENTES (PP 220°C Y 240 °C, L/D=10).	205
FIGURA IX- 22. AJUSTE DE CURVA POLINÓMICA PARA EL CÁLCULO DE PENDIENTES (PP 220°C Y 240 °C, L/D=20).	205
FIGURA IX- 23. AJUSTE DE CURVA POLINÓMICA PARA EL CÁLCULO DE PENDIENTES (PP 220°C Y 240 °C, L/D=30).	206
FIGURA IX- 24. VISCOSIDAD REAL DEL PP A 220°C Y 240°C.	206
FIGURA IX- 25 PARÁMETROS INCLUIDOS EN MINITAB PARA LA PREDICCIÓN DE VISCOSIDAD CON EL MODELO DE CROSS-WLF.	208
FIGURA IX- 26. GRAFICA DE RESIDUOS DE LA PREDICCIÓN DEL MODELO DE CROSS-WLF OBTENIDOS A PARTIR DEL PROGRAMA MINITAB.	208
FIGURA IX- 27 CURVA DEL PP CON VALORES REALES VS PREDICCIÓN DEL MODELO DE CROSS-WLF.	209

INDICE DE TABLAS

TABLA I- 1. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DE MA.....	5
TABLA I- 2. EJEMPLOS DE DISPOSITIVOS MÉDICOS ASOCIADOS CON LA CLASE DE DISPOSITIVOS DE LA FDA.....	9
TABLA I- 3 METALES USADOS EN APLICACIONES MÉDICAS IMPLANTABLES	10
TABLA I- 4 APLICACIONES MÉDICAS IMPLANTABLES DE POLÍMEROS EN MEDICINA.	11
TABLA I- 5 APLICACIONES COTIDIANAS DE POLÍMEROS Y EN DISPOSITIVOS E INSTRUMENTACIÓN MÉDICA.....	12
TABLA I- 6 PARÁMETROS TÍPICOS DE IMPRESIÓN POR MEX DEL ABS.....	14
TABLA I- 7 PARÁMETROS TÍPICOS DE IMPRESIÓN POR MEX DEL PLA	15
TABLA I- 8 PARÁMETROS TÍPICOS DE IMPRESIÓN POR MEX DEL PETG.....	15
TABLA I- 9 PARÁMETROS TÍPICOS DE IMPRESIÓN POR MEX DEL PETG.....	15
TABLA I- 10 PARÁMETROS TÍPICOS DE IMPRESIÓN POR MEX DEL NYLON	16
TABLA I- 11 PARÁMETROS TÍPICOS DE IMPRESIÓN POR MEX DEL PP	16
TABLA II- 1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.....	27
TABLA II- 2 ACTIVIDADES DENTRO DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.....	28
TABLA II- 3 NORMAS UNE-ISO PARA PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.	34
TABLA II- 4 APLICACIONES MÉDICAS DEL PROCESO DE MEX, FUNCIONES, REQUISITOS Y MODOS DE FALLA.....	36
TABLA II- 5 SUSCEPTIBILIDAD A LA OXIDACIÓN DE DIFERENTES POLÍMEROS [205].....	38
TABLA II- 6 RESUMEN DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN MÁS UTILIZADOS EN LOS PLÁSTICOS COMUNES UTILIZADOS EN LOS PROCESOS DE IMPRESIÓN MEX (ADAPTADO DE [208]).....	42
TABLA II- 7. EJEMPLO DE FILAMENTOS PARA MEX COMERCIALES QUE PUEDEN SOPORTAR LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	45
TABLA III- 1. FICHA DE PLANIFICACIÓN DE LA BÚSQUEDA LITERARIA	49
TABLA III- 2. OPERADORES BOOLEANOS PARA LA BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA Y RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA EN LA BASE DE BASE DE DATOS WEB OF SCIENCE	49
TABLA III- 3. RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS MÁS CITADOS DE LA BÚSQUEDA DE ESTERILIZACIÓN E IMPRESIÓN 3D.	54
TABLA IV- 1 PRINCIPALES PARÁMETROS DE IMPRESIÓN 3D DE LOS MATERIALES FABRICADOS EN LA IMPRESORA PRUSA I3 MK3s, OBTENIDOS DEL PROGRAMA SLIC3R PRUSA EDITION.	61
TABLA IV- 2 PRINCIPALES PARÁMETROS DE IMPRESIÓN 3D DE LOS MATERIALES FABRICADOS EN LAS VARIAS IMPRESORAS, PARÁMETROS OBTENIDOS DE SU RESPECTIVO PROGRAMA DE CONFIGURACIÓN.	61
TABLA IV- 3 MATERIALES Y NOMENCLATURA EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	62
LOS ÁNGULOS DE RELLENO EN TODAS LAS IMPRESIONES CON EL TIPO LINEAL FUERON A 45°. LAS IMPRESORAS USADAS EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN, PARA LOS MATERIALES USADOS, SE DETALLAN EN LA TABLA IV- 4.....	62
TABLA IV- 5 IMPRESORAS USADAS EN LA INVESTIGACIÓN.....	63
TABLA IV- 6 MATERIALES Y EQUIPO PARA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.	65
TABLA IV- 7 MATERIALES Y EQUIPO PARA ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO.	66
TABLA IV- 8 MATRIZ DE ENSAYOS REALIZADOS SOBRE CADA MATERIAL.....	67
TABLA IV- 9 CICLOS DE CALENTAMIENTO ENFRIAMIENTO EN EL ENSAYO DSC DE LOS MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN. .	73
TABLA IV- 10 RANGOS DE TEMPERATURA PARA EL ENSAYO DE DMA.	76
TABLA IV- 1 PRINCIPALES PARÁMETROS DE IMPRESIÓN 3D DE LOS MATERIALES FABRICADOS EN LA IMPRESORA PRUSA I3 MK3s, OBTENIDOS DEL PROGRAMA SLIC3R PRUSA EDITION.	61
TABLA IV- 2 PRINCIPALES PARÁMETROS DE IMPRESIÓN 3D DE LOS MATERIALES FABRICADOS EN LAS VARIAS IMPRESORAS, PARÁMETROS OBTENIDOS DE SU RESPECTIVO PROGRAMA DE CONFIGURACIÓN.	61
TABLA IV- 3 MATERIALES Y NOMENCLATURA EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	62
LOS ÁNGULOS DE RELLENO EN TODAS LAS IMPRESIONES CON EL TIPO LINEAL FUERON A 45°. LAS IMPRESORAS USADAS EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN, PARA LOS MATERIALES USADOS, SE DETALLAN EN LA TABLA IV- 4.....	62
TABLA IV- 5 IMPRESORAS USADAS EN LA INVESTIGACIÓN.....	63
TABLA IV- 6 MATERIALES Y EQUIPO PARA ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.	65
TABLA IV- 7 MATERIALES Y EQUIPO PARA ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO.	66
TABLA IV- 8 MATRIZ DE ENSAYOS REALIZADOS SOBRE CADA MATERIAL.....	67
TABLA IV- 9 CICLOS DE CALENTAMIENTO ENFRIAMIENTO EN EL ENSAYO DSC DE LOS MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN. .	73
TABLA IV- 10 RANGOS DE TEMPERATURA PARA EL ENSAYO DE DMA.	76

TABLA V- 1. NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS PETG-CF IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	84
TABLA V- 2. PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUESTRAS DE PETG-CF IMPRESAS POR MEX SOMETIDAS A PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	88
TABLA V- 3 PRINCIPALES PARÁMETROS TÉRMICOS DEL PETG-CF-CF IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).	89
TABLA V- 4 MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)'A 40 °C Y 110°C Y LA TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA (T _g) DE LAS MUESTRAS IMPRESAS EN 3D POR MEX DE PETG-CF Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).....	93
TABLA V- 5. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA Y COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA DESPUÉS DE LA PRUEBA TMA EN MUESTRAS DE PETG-CF IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADOS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	93
TABLA V- 6. ÍNDICES DE COLOR CIELAB (L*, A*, B*) DE LAS PIEZAS IMPRESAS EN 3D DE PETG-CF ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN	96
TABLA V- 7. NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE PLA IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	99
TABLA V- 8. PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUESTRA DE PLA IMPRESAS EN 3D CON DIFERENTES DENSIDADES DE RELLENO, TIPO DE RELLENO SOMETIDAS A PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	102
TABLA V- 9 PRINCIPALES PARÁMETROS TÉRMICOS DE PLA IMPRESO, ESTERILIZADO CON CALOR SECO Y CALOR HÚMEDO.	105
TABLA V- 10. MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)'A 40 °C Y 110°C Y TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA (T _g) DE LAS MUESTRAS IMPRESAS EN 3D Y ESTERILIZADAS.	108
TABLA V- 11. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA Y COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA (CTE) DESPUÉS DE LA PRUEBA DE TMA EN MUESTRAS IMPRESAS DE PLA Y ESTERILIZADAS CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).	110
TABLA V- 12. ÍNDICES DE COLOR (L*, A*,B*) DE PIEZAS IMPRESAS EN 3D DE PLA, ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).	111
TABLA V- 13. NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE CPE IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	114
TABLA V- 14. PROPIEDADES MECÁNICAS DE PROBETAS DE CPE IMPRESAS EN 3D CON DIFERENTES DENSIDADES DE RELLENO, TIPO DE PATRÓN DE RELLENO Y PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	116
TABLA V- 15. PARÁMETROS TÉRMICOS PRINCIPALES DEL CPE IMPRESO POR MEX Y CPE ESTERILIZADO CON CALOR SECO Y HÚMEDO.....	120
TABLA V- 16. MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)' A 40 °C Y 110°C Y TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA (T _g) DEL CPE IMPRESO EN 3D Y MUESTRAS ESTERILIZADAS.	123
TABLA V- 17 TEMPERATURA DE TRANSICIÓN DE VÍTREA Y COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA PARA CPE DESPUÉS DE LA PRUEBA DE TMA EN MUESTRAS IMPRESAS Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	123
TABLA V-18. ÍNDICES DE COLOR (L*,A*,B*) DE LAS PIEZAS IMPRESAS EN 3D HECHAS DE CPE, DESPUÉS Y ANTES DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO (DH) Y EL CALOR HÚMEDO(MH)	126
TABLA VI- 1 NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS PLA MÁS HIDROXIAPATITA IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO	131
TABLA VI- 2.1 MECÁNICAS DEL PLA-HA IMPRESAS EN 3D CON DIFERENTES DENSIDADES DE RELLENO, TIPO DE RELLENO Y PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	131
TABLA VI- 3.2 TÉRMICOS PRINCIPALES DEL PLA Y PLA-HA IMPRESOS POR MEX Y ESTERILIZADOS CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).	134
TABLA VI- 4. PARÁMETROS TÉRMICOS DEL ENSAYO DE TGA DEL PL-HA IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO CON CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).	136
TABLA VI- 5 MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)'A 40 °C Y 110 °C Y TEMPERATURA DE TRANSICIÓN DE VÍTREA (T _g) DE LAS MUESTRAS DE PLA-HA IMPRESAS EN 3D Y ESTERILIZADAS	137
TABLA VI- 6. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN DE VÍTREA Y COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA DESPUÉS DE LA PRUEBA DE TMA EN MUESTRAS IMPRESAS Y ESTERILIZADAS PLA-HA POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH)	138
TABLA VI- 7. ÍNDICES DE COLOR (L*,A*,B*) DE LAS PIEZAS IMPRESAS EN 3D HECHAS DE CPE, DESPUÉS Y ANTES DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO (DH) Y EL CALOR HÚMEDO(MH).	140

TABLA VII-1. NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE PLA SMARTFILL IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	144
TABLA VII- 2. RESUMEN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PLA SMARTFILL® ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN	144
TABLA VII- 3. 3 TÉRMICOS PRINCIPALES A PARTIR DEL ENSAYO DE DSC DE PROBETAS DE PLA SMARTFILL (PLA-SF) ANTES Y DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO (DH) Y CALOR HÚMEDO (MH).....	147
TABLA VII- 4 MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)'A 40 °C Y 110 °C Y TEMPERATURA DE TRANSICIÓN DE VÍTREA (<i>T_g</i>) DE LAS MUESTRAS DE PLA-SF IMPRESAS EN 3D Y ESTERILIZADAS	149
TABLA VII- 5 RESULTADOS ANÁLISIS TERMOMECÁNICO TMA PLA SMARTFILL.....	149
TABLA VII- 6. PARÁMETROS DE COLOR PARA EL ESPACIO CIE L*A*B* DE PLA-SF SIN ESTERILIZAR Y CON LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.	151
TABLA VIII- 1. NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE POLICARBONATO IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	155
TABLA VIII- 2. PORCENTAJE DE RETENCIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS LUEGO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN PARA EL POLICARBONATO.	156
TABLA VIII- 3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUESTRAS DE PC IMPRESAS POR MEX SOMETIDAS A PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	157
TABLA VIII- 4. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DSC SOBRE POLICARBONATO IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	158
TABLA VIII- 5. MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)'A 40 °C Y 110°C Y LA TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA (<i>T_g</i>) DE LAS MUESTRAS IMPRESAS EN 3D POR MEX DE PC Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).	160
TABLA VIII- 6 TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA Y COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA DESPUÉS DE LA PRUEBA TMA EN MUESTRAS DE PC IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADOS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	161
TABLA VIII- 7. PARÁMETROS DE COLOR PARA EL ESPACIO CIE L*A*B* DE PC SIN ESTERILIZAR Y CON LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.	162
TABLA VIII- 8. NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE NYLON IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	166
TABLA VIII- 9. PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUESTRAS DE NYLON IMPRESAS POR MEX SOMETIDAS A PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	168
TABLA VIII- 10. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DSC SOBRE Z-NYLON IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO, CALOR SECO.....	169
TABLA VIII- 11. MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)'A 40 °C Y 110°C Y LA TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA (<i>T_g</i>) DE LAS MUESTRAS IMPRESAS EN 3D POR MEX DE NYLON Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).....	170
TABLA VIII- 12. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA Y COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA DESPUÉS DE LA PRUEBA TMA EN MUESTRAS DE NYLON IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADOS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	171
TABLA VIII- 13. PARÁMETROS DE COLOR PARA EL ESPACIO CIE L*A*B* DE NYLON SIN ESTERILIZAR Y LUEGO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.....	173
TABLA VIII- 14. NOMENCLATURA DE LAS MUESTRAS DE NYLON IMPRESAS POR MEX Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.....	177
TABLA VIII- 15. PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUESTRAS DE PP IMPRESAS POR MEX SOMETIDAS A PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO Y CALOR SECO.	177
TABLA VIII- 16. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DSC SOBRE PP IMPRESO POR MEX Y ESTERILIZADO POR CALOR HÚMEDO, CALOR SECO.....	179
TABLA VIII- 17. MÓDULO DE ALMACENAMIENTO (G)'A 40 °C Y 110°C Y LA TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA (<i>T_g</i>) DE LAS MUESTRAS IMPRESAS EN 3D POR MEX DE NYLON Y ESTERILIZADAS POR CALOR HÚMEDO (MH) Y CALOR SECO (DH).....	181
TABLA VIII- 18. PARÁMETROS DE COLOR PARA EL ESPACIO CIE L*A*B* DE NYLON SIN ESTERILIZAR Y LUEGO DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN.....	182

TABLA IX- 1 TABLA INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE KELVIN VOIGT EN LA CURVA DE FLUENCIA DEL MATERIAL.....	191
TABLA IX- 2 PRESIONES Y VELOCIDADES DE CIZALLA EN REÓMETRO PARA POLIPROPILENO A 220°C Y 240°C.....	201
TABLA IX- 3 VALORES DE LA CORRECCIÓN DE BAGLEY PARA PP A 220°C	202
TABLA IX- 4 CORRECCIÓN DE BAGLEY PARA PP A 240°.....	203
TABLA IX- 5. AJUSTE DE LA VELOCIDAD DE CIZALLA PARA PP A 220°C (CORRECCIÓN DE RABINOWITCH), PARA L/D=10.	205
TABLA IX- 6. VALORES DE VISCOSIDAD REAL DEL PP A 220°C.	207
TABLA IX- 7. VALORES DE VISCOSIDAD REAL DEL PP A 240°C	207
TABLA IX- 8. PARÁMETROS DEPENDIENTES MODELO CROSS-WLF PARA PP CON MINITAB	208
TABLA IX- 9 COMPARACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL PP POR EL MODELO DE CROSS WLF VS LOS DATOS EXPERIMENTALES.	209