

Índice

Capítulo 1	Introducción	1
1.1.	Justificación	1
1.2.	Funcionalización de tejidos	3
1.2.1.	Tipos de funcionalización	3
1.2.1.1.	Hidrófugo y oleófugo	3
1.2.1.2.	Antiarrugas	4
1.2.1.3.	Antibacteriano y antifúngico	4
1.2.1.4.	Antiestático	5
1.2.1.5.	Autolimpiable	5
1.2.1.6.	Fotoprotección	6
1.2.1.7.	Retardante a la llama	6
1.2.1.8.	Microcápsulas	7
1.2.1.9.	Materiales de cambio de fase	8
1.2.1.10.	Nanopartículas	10
1.2.1.11.	Tratamientos enzimáticos	13
1.2.1.12.	Memoria de forma	14
1.2.1.13.	Autorreparación	15
1.2.1.14.	Textiles inteligentes	15
1.3.	Métodos de aplicación	20
1.3.1.	Recubrimiento por inmersión	21
1.3.2.	Recubrimiento mediante rodillos	21
1.3.3.	Recubrimiento con rasqueta	22
1.3.4.	Recubrimiento mediante spray	23
1.3.5.	Recubrimiento mediante extrusión	24
1.3.6.	Laminado	24
1.3.7.	Calandrado	25
1.3.8.	Otros métodos de funcionalización	25

1.3.8.1. Impresión 3D	25
1.3.8.2. Láser	25
1.3.8.3. Plasma.....	26
1.3.8.4. Electrodeposición	26
1.3.8.5. Bordado	26
1.4. Grafeno	27
1.4.1. Propiedades	28
1.4.1.1. Propiedades mecánicas	28
1.4.1.2. Propiedades químicas	28
1.4.1.3. Propiedades eléctricas.....	28
1.4.1.4. Propiedades térmicas	29
1.4.1.5. Propiedades ópticas	29
1.4.1.6. Propiedades biológicas	29
1.4.2. Métodos de fabricación.....	30
1.4.2.1. Exfoliación mecánica	30
1.4.2.2. Exfoliación en fase líquida	30
1.4.2.3. Reducción de óxido de grafeno	31
1.4.2.4. Crecimiento epitaxial.....	31
1.4.2.5. Deposición química de vapor	31
1.4.2.6. Reducción mediante láser	32
1.4.3. Incorporación de grafeno sobre sustratos textiles	32
1.4.4. Aplicaciones y usos en el ámbito textil.....	34
1.4.4.1. Circuitos flexibles.....	34
1.4.4.2. Sensores y tejidos inteligentes	34
1.4.4.3. Almacenamiento y generación de energía	35
1.4.4.4. Otros usos	36
Capítulo 2 Hipótesis y objetivos.....	51
2.1. Hipótesis	51
2.2. Objetivos.....	51
Capítulo 3 Publicaciones	53
3.1. Adaptación del artículo: Influence of fabric structure on electrical resistance of graphene-coated textiles	55
3.1.1. Introduction.....	56
3.1.2. Experimental	57

3.1.2.1. Materials	57
3.1.2.2. Fabric coating procedure	59
3.1.2.3. Sample characterization.....	61
3.1.2.4. Electrical resistance evaluation	61
3.1.2.5. Statistical analysis	61
3.1.3. Results and discussion	61
3.1.3.1. Electrical resistance	61
3.1.3.2. Topographic images	66
3.1.3.3. Coating properties	68
3.1.3.4. SEM images.....	70
3.1.4. Conclusions.....	74
3.2. Adaptación del artículo: Analysis of the influence of graphene and phase change microcapsules on thermal behavior of cellulosic fabrics.....	79
3.2.1. Introduction.....	80
3.2.2. Experimental	82
3.2.2.1. Materials	82
3.2.2.2. Fabric coating procedure	83
3.2.2.3. Sample characterization.....	83
3.2.2.4. Thermal behavior evaluation.....	84
3.2.3. Results and discussion	85
3.2.3.1. SEM images.....	85
3.2.3.2. TEM images	86
3.2.3.3. Thermal behavior evaluation.....	87
3.2.3.4. Thermal images	88
3.2.4. Conclusions.....	89
3.3. Adaptación del artículo: Thermoelectrical properties of graphene knife-coated cellulosic fabrics for defect monitoring in Joule-heated textiles	93
3.3.1. Introduction.....	94
3.3.2. Experimental	96
3.3.2.1. Materials	96
3.3.2.2. Fabric coating procedure	96
3.3.2.3. Samples characterization	97
3.3.2.4. Electrical sheet resistance evaluation	98
3.3.2.5. Thermoelectrical evaluation	99
3.3.3. Results and discussion	99

3.3.3.1. Sample characterization.....	99
3.3.3.2. Electrical sheet resistance evaluation	104
3.3.3.3. Thermoelectrical evaluation	105
3.3.4. Conclusions.....	112
3.4. Adaptación del artículo: Incorporación de grafeno en tejidos de algodón mediante estampación.....	117
3.4.1. Introducción	117
3.4.2. Experimental	118
3.4.2.1. Materiales	118
3.4.2.2. Métodos	118
3.4.3. Resultados	121
3.4.3.1. Caracterización de las superficies.....	121
3.4.3.2. Evaluación de las coordenadas cromáticas.....	121
3.4.3.3. Evaluación del comportamiento térmico.	122
3.4.4. Conclusiones	124
3.5. Adaptación del artículo: Influencia de la variación de la humedad sobre la conductividad de un tejido celulósico recubierto con grafeno.....	127
3.5.1. Introducción	128
3.5.2. Experimental	128
3.5.2.1. Materiales	128
3.5.2.2. Métodos	128
3.5.3. Resultados	129
3.5.3.1. Caracterización de las superficies.....	129
3.5.3.2. Evaluación de la conductividad eléctrica e influencia de la humedad	130
3.5.4. Conclusiones	131
3.6. Adaptación de la comunicación: Evaluation of graphene washing fastness on cellulose fabric and method to improve it.....	133
3.6.1. Introduction.....	134
3.6.2. Materials and methods	135
3.6.2.1. Fabric	135
3.6.2.2. Chemicals	135
3.6.2.3. Procedure for graphene deposition onto fabric.....	135
3.6.2.4. Washing test materials and procedure	136
3.6.2.5. Thermal treatment	136

3.6.2.6. Color coordinate evaluation.....	136
3.6.3. Results and discussions.....	137
3.6.3.1. Visual comparison.....	137
3.6.3.2. Color coordinates.....	138
3.6.3.3. Washing fastness evaluation.....	138
3.6.4. Conclusions.....	139
3.7. Adaptación de la comunicación: Optimización del proceso de impregnación para la aplicación de grafeno sobre tejidos de algodón.....	141
3.7.1. Introducción.....	142
3.7.2. Experimental.....	142
3.7.2.1. Materiales.....	142
3.7.2.2. Obtención de las dispersiones.....	142
3.7.2.3. Impregnación de los tejidos.....	143
3.7.2.4. Determinación del pick up.....	143
3.7.2.5. Evaluación de las coordenadas cromáticas.....	143
3.7.2.6. Evaluación de las solidez al lavado.....	144
3.7.3. Resultados y discusión.....	144
3.7.3.1. Determinación del pick up.....	144
3.7.3.2. Evaluación de las coordenadas cromáticas.....	145
3.7.4. Conclusiones.....	145
3.8. Adaptación de la comunicación: Estudio comparativo de la disipación de calor de los tejidos de algodón tratados con grafeno o con PCM.....	147
3.8.1. Introducción.....	148
3.8.2. Experimental.....	149
3.8.2.1. Materiales.....	149
3.8.2.2. Obtención de la pasta.....	149
3.8.2.3. Recubrimiento de los tejidos.....	150
3.8.2.4. Evaluación de la disipación de calor.....	150
3.8.3. Resultados y discusión.....	150
3.8.3.1. Evaluación de la disipación de calor.....	150
3.8.4. Conclusiones.....	152
Capítulo 4 Discusión de los resultados.....	155
4.1. Análisis del recubrimiento.....	156
4.1.1. Métodos de incorporación del grafeno.....	156
4.1.2. Tipos de resinas empleadas.....	157

4.1.3. Dispersión del grafeno	158
4.1.4. Medición del color	161
4.1.5. Durabilidad	161
4.1.5.1. Solidez a los lavados	161
4.1.5.2. Solidez al frote.....	164
4.1.5.3. Estabilidad térmica	165
4.2. Evaluación del comportamiento	166
4.2.1. Térmico	166
4.2.1.1. Calor convectivo.....	166
4.2.1.2. Calor radiante	167
4.2.1.3. Efecto Joule	168
4.2.2. Eléctrico	168
4.2.2.1. Multímetro.....	169
4.2.2.2. Unidad de medida de fuente	169
4.2.3. Influencia de factores externos	170
4.2.4. Influencia del sustrato	171
4.3. Aplicaciones de los textiles desarrollados	172
4.3.1. Control térmico	173
4.3.1.1. Adición de materiales de cambio de fase	173
4.3.1.2. Tejidos calefactables por efecto Joule	173
4.3.2. Circuitos y sensorización	174
4.3.2.1. Textiles inteligentes.....	174
4.3.2.2. Monitorización de defectos	174
Capítulo 5 Conclusiones	177
Capítulo 6 Futuras líneas de investigación	183