

## Índice de contenidos

I.-	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1-	Definición de sensor .....	3
1.1.1-	Factores fundamentales para el diseño de sensores, una breve reseña .....	4
1.2.-	Definición de piezorresistencia.....	6
1.2.1.-	Consideraciones generales sobre sensores táctiles, métodos de fabricación y campos de aplicación .....	7
1.3.-	Consideraciones generales sobre el carbono .....	8
1.3.1.-	Trabajos realizados basados en carbono y otras formas alotrópicas (excepto grafito) .....	9
1.3.1.1.-	Carbono .....	9
1.3.1.2-	Negro de carbono .....	11
1.3.1.3-	Nanotubos de carbono.....	12
1.3.1.4.-	Grafeno.....	14
1.4.-	Consideraciones generales sobre el grafito .....	15
1.4.1.-	Trabajos realizados basados en grafito.....	16
1.5.-	Electrónica verde (Green electronics) .....	19
1.5.1.-	Materiales biocompatibles utilizados en este trabajo.....	20
1.5.2.-	Estado del arte de la electrónica verde.....	21
1.6.-	Tecnología para la captura del movimiento.....	22
1.6.1.-	MOCAP (MOtion CAPture).....	22
1.7.-	Tecnología para la generación de tacto artificial .....	24
1.7.1.-	E-skin (electronic skin).....	24
II.-	OBJETIVOS .....	27
2.1.-	Objetivo principal .....	29
2.2.-	Objetivos secundarios .....	29
III.-	EXPERIMENTAL.....	33
3.1.-	Materiales para el sensor.....	35
3.1.1.-	Materiales para la veta madre .....	35
3.1.2.-	Materiales para la fabricación de la interfaz.....	40
3.1.3.-	Materiales empleados en la encapsulación .....	43
3.2.-	Método de fabricación y procedimientos.....	44
3.2.1.-	Obtención de la veta madre .....	45
3.2.2.-	Transferencia.....	50

3.2.3.- Exfoliación.....	51
3.3.- Diseño de electrodos .....	53
3.3.1.- Electrodo paralelos de cobre .....	53
3.3.2.- Electrodo interdigitados de pasta de plata .....	54
3.4.- Hardware y software para la gestión del sensor.....	56
3.4.1.- El sensor como resistencia variable. ....	56
3.4.2.- Procesamiento electrónico de la señal .....	57
3.4.3.- Métodos de tratamiento de la señal para la corrección de la no linealidad utilizados.....	58
3.5.- Técnicas experimentales para la caracterización del sensor .....	59
3.5.1.- Microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) .....	60
3.5.2.- Caracterización a flexión: Protocolo de ensayo .....	61
3.5.3.- Caracterización a presión: Protocolo de ensayo .....	63
3.5.3.1- Caracterización a presión: Sensibilidad.....	63
3.5.3.2- Caracterización a presión: Desviación de la señal.....	65
3.5.3.3- Caracterización a presión: Histéresis y respuesta del sensor .	66
3.5.3.4- Caracterización a presión: Sensibilidad área.....	68
3.5.4.- Caracterización eléctrica .....	69
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
4.1.- Consideraciones iniciales .....	73
4.1.1.- Principio de funcionamiento del sensor.....	74
4.1.2.- Fases de la curva de saturación vs Fases de la deposición del material .....	79
4.1.3.- Linealización de la curva de saturación.....	81
4.2.- Ensayo a compresión .....	81
4.2.1- Exfoliaciones.....	82
4.2.2.- Comparativa del ensayo a compresión .....	84
4.3.- Desviación de la señal a compresión.....	87
4.3.1.- Desviación de la señal a compresión – 10 g .....	87
4.3.2.- Desviación de la señal a compresión – 1 kg .....	91
4.4.- Histéresis.....	97
4.4.1.-Cálculo del error de histéresis.....	97
4.5.- Ciclicidad .....	101
4.6.- Respuesta del sensor .....	103
4.6.1.- Respuesta del sensor bajo una carga de 15 N .....	104
4.6.2.- Respuesta del sensor bajo una carga de 30 N .....	106

4.7.- Sensibilidad del área.....	110
4.8.- Caracterización eléctrica y factor de galga .....	113
4.9.- Fatiga a flexión .....	114
4.10.- Caracterización morfológica .....	119
4.10.1.- Caracterización microscópica (FSEM) .....	119
4.10.1.1.- Espesor .....	119
4.10.1.2.- Análisis superficial.....	120
4.10.2.- Caracterización óptica .....	122
4.10.2.1.- Aparición de agujeros de aguja .....	122
4.10.2.2.- Aparición de huecos (calvas).....	122
4.10.2.3.- Relación con los ensayos .....	123
4.11.- Sensores para la deformación por flexión .....	127
4.11.1.- Diseño de sensores para la monitorización de articulaciones	128
4.11.2.- Monitorización de las falanges de la mano.....	129
4.11.2.1.- Introducción.....	129
4.11.2.2.- Diseño y fabricación de los sensores .....	129
4.11.2.3.- Integración en textiles .....	131
4.11.2.4.- Caracterización y modelización a flexión .....	132
4.11.2.5.- Linealización mediante regresión lineal .....	134
4.11.2.6.- Entorno de aplicación.....	137
4.11.2.7.- Monitorización de articulaciones: Codo y rodilla.....	139
4.12.- Sensores para la deformación por presión .....	140
4.12.1.- Diseño de una piel electrónica.....	140
4.12.2.- Diseño y desarrollo hardware.....	142
4.12.3.- Entorno de aplicación .....	144
V.- CONCLUSIONES.....	147
VI.- REFERENCIAS .....	151
VII.- APÉNDICES .....	159
7.1.- Listado de abreviaturas y acrónimos.....	161
7.2.- Índice de figuras .....	163
7.3.- Índice de tablas .....	168