



SMARTPHONE

Un laboratorio en el bolsillo

Serie: CIENCIAS, 34

MERINO DE LA FUENTE, J. Mariano

Smartphone : Un laboratorio en el bolsillo / J. Mariano Merino de la Fuente. –
Valladolid : Universidad de Valladolid, 2023

202 p. ; 24 cm. – (Ciencias ; 34)

ISBN 978-84-1320-260-0

1. Informática móvil 2. Telefonía móvil 3. Teléfonos – Aparatos y material
I. Merino de la Fuente, J. Mariano, aut. II. Universidad de Valladolid, ed. III.
Serie

004.382.76:621.395.6

621.395.6:004.382.76

MARIANO MERINO

SMARTPHONE

Un laboratorio en el bolsillo



EDICIONES
Universidad
Valladolid

En conformidad con la política editorial de Ediciones Universidad de Valladolid (<http://www.publicaciones.uva.es>), este libro ha superado una evaluación por pares de doble ciego realizada por revisores externos a la Universidad de Valladolid.

© MARIANO MERINO, VALLADOLID, 2023
EDICIONES UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Motivo de cubierta: Montaje del autor

Diseño de cubierta: Ediciones Universidad de Valladolid

ISBN: 978-84-1320-260-0

Dep. Legal: VA-700-2023

Preimpresión: Ediciones Universidad de Valladolid

Imprime: Podiprint - España

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, ni su préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso del ejemplar, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	11
PRIMERA PARTE: <i>HARDWARE Y SOFTWARE</i>	17
CAPÍTULO I: SENSORES	19
I.1 Acelerómetro	20
I.2 Giroscopio	22
I.3 Magnetómetro	24
I.4 Sensores capacitivos	25
I.5 Pantalla LED.....	26
I.6 GPS	27
I.7 Cámara fotográfica.....	30
I.8 Sensor de proximidad	33
I.9 Sensor de luz ambiental	33
I.10 Sensor de espectro de color.....	34
I.11 Micrófono / Sensor de sonido.....	34
I.12 Sensor de ritmo cardíaco	35
I.13 Emisor infrarrojo	35
I.14 Lector de huella dactilar.....	35
I.15 Lector de Iris.....	36
I.16 Podómetro	36
I.17 Barómetro	36
CAPÍTULO II: PERIFÉRICOS	37
II.1 Soporte para la medición de ángulos.....	38
II.2 Espectroscopio	39
II.3 Accesorios para espectroscopía	43
II.4 Interferómetro de Quincke	43
II.5 Filtro polarizador de la luz.....	45
II.6 Puerto de audio.....	45
II.7 Puertas fotoeléctricas	47
II.8 Contador Geiger	48
II.9 Microscopio.....	49
II.10 Adaptador oculares.....	51

CAPÍTULO III: APLICACIONES	55
III.1 AudioTime+ - Ciencia móvil.....	55
III.2 Gieger Reader Toolkit.....	57
III.3 Light Analyzer	58
III.4 Spectral Workbench.....	59
III.5 Advanced Spectrum Analyzer	59
III.6 Dioptra	60
III.7 Gauss Meter.....	61
III.8 Dual Channel Function Generator.....	62
III.9 Physics Toolbox Suite	66
III.10 Phyphox.....	68
A. Sensores	69
B. Acústica	69
C. Herramientas.....	74
D. Mecánica	75
E. Temporizadores.....	79
III.11 Herramientas Inteligentes.....	81
A. Regla.....	81
B. Velocidad.....	82
C. Sonido.....	82
D. Ubicación	83
E. Transportador.....	84
F. Color	84
G. Acelerómetro.....	84
III.12 Color Grab	85
III.13 Sky Map.....	87
III.14 Lens	88
SEGUNDA PARTE: PROYECTOS	91
CAPÍTULO IV: MEDIDA DE LONGITUDES Y ÁNGULOS. TOPOGRAFÍA	93
IV.1 Medida de la altura de un edificio	94
IV.2 Determinación de la distancia hasta un punto inaccesible.....	96
IV.3 Medida de una altura topográfica.....	99
IV.4 Determinación del radio terrestre	103

CAPÍTULO V: ASTRONOMÍA	107
V.1 Determinación de las coordenadas de un cuerpo celeste	107
V.2 Distancia de los planetas al sol.....	112
V.3 Localización de cuerpos celestes. Astrofotografía	115
CAPÍTULO VI: FÍSICA	121
VI.1 Determinación de la aceleración gravitatoria	122
VI.2 Medida del campo magnético terrestre	125
VI.3 Fuerzas de rozamiento	129
VI.4 Coeficiente de restitución en los choques	132
CAPÍTULO VII: ACÚSTICA	137
VII.1 Interferencias acústicas.....	138
VII.2 Estudio de los formantes del habla	143
VII.3 Medida de la velocidad del sonido.....	147
VII.4 Efecto doppler.....	151
CAPÍTULO VIII: ÓPTICA	153
VIII.1 Ley de Beer-Lambert	154
VIII.2 Polarización de la luz (ley de malus)	161
VIII.3 Actividad óptica y polarimetría	165
VIII.4 Espectrofotometría	168
VIII.5 Imágenes en 3D.....	176
CAPÍTULO IX: NATURALISMO	181
IX.1 Identificación y estudio de animales y plantas	182
IX.2 Microfotografía	186
IX.3 Identificación y estudio de minerales, rocas y fósiles	191
IX.4 Medida de la anchura de un grupo de estratos	193
CONCLUSIONES	197
BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS GENERAL	199

INTRODUCCIÓN

La presente obra pretende ser una introducción al uso de los teléfonos inteligentes en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales, preferentemente de la Física. Está dirigido, por tanto, a los profesores de Física de la Educación Secundaria, Ciclos Formativos de Grado Medio y Grado Superior e incluso a Profesores de Educación Primaria del *Conocimiento del Medio Natural*. Es igualmente interesante para los estudiantes universitarios cuyas titulaciones estén vinculadas a las ciencias experimentales o las ingenierías así como estudiantes de grado medio.

En la última década, los teléfonos inteligentes han experimentado un desarrollo espectacular tanto en sus capacidades como en sus prestaciones. A las grandes posibilidades en comunicación, tanto en audio como en vídeo y al amplísimo abanico de ofertas en el terreno de lo lúdico, se ha de añadir el extenso campo de aplicaciones en el comercio y la gestión en general. Sin duda, el teléfono inteligente es, hoy por hoy, el invento que en mayor medida está determinando nuestras vidas.

Hagamos ahora un poco de historia: Desde que en 1992 la compañía IBM diseñara su *Simon Personal Communicator*, el primer teléfono inteligente, y fuera lanzado al mercado un año después por Bell South, el mundo de los teléfonos celulares ha conocido un desarrollo espectacular. Concebidos desde un principio como computadores personales, ya los primeros modelos comercializados por Nokia y Ericsson incorporaban calendario, libreta de direcciones, reloj mundial, calculadora, libreta de anotaciones, correo electrónico, fax y juegos. A partir del año 2000, hasta 2010, los teléfonos inteligentes se popularizaron rápidamente. En Europa irrumpieron los modelos Nokia que utilizaban el sistema operativo Symbian y en EEUU pasaba otro tanto con los dispositivos Windows Mobile y BlackBerry. En 2007 Apple lanzó el primer iPhone que funcionaba con su exclusivo sistema operativo iOS y un año después saldría a la luz el sistema operativo Android que fue adoptado por una gran mayoría de fabricantes. Como consecuencia de todo ello, el número de usuarios creció de forma exponencial, las redes se ampliaron y el teléfono inteligente se convirtió en objeto de deseo de, prácticamente, la totalidad de la ciudadanía.

Ya entrada la década de 2010, Google adquirió la empresa Android Inc., lo que supuso una imparable expansión del sistema operativo Android, que desbancó definitivamente a Symbian. Desde entonces, iOS de Apple y Android son los dos sistemas operativos hegemónicos a nivel mundial.

De la mano del espectacular desarrollo de la nanotecnología, los teléfonos inteligentes actuales incorporan eficientes procesadores, numerosos sensores (acelerómetro, giroscopio, sensor de luminosidad, sensor de proximidad, micrófono, GPS, etc.) y memorias internas de 60 Gb o superiores. Vienen equipados con diminutas cámaras con sensores fotográficos cuya definición supera los 15 Mpx. A todo ello se ha de sumar su conectividad a las redes, a *wifi* o a *Bluetooth*.

El panorama se completa con la enorme cantidad y variedad de aplicaciones, muchas de ellas gratuitas, disponibles en los grandes repositorios accesibles a través de la red, que pueden ser descargados e instalados en el teléfono, multiplicando así sus prestaciones. En este estado de cosas no solo los usuarios individuales, particularmente los jóvenes, se han lanzado al uso masivo de los dispositivos móviles sino que también las instituciones públicas y las empresas se han metido de lleno en este mundo cibernético.

Los dispositivos móviles han irrumpido también con fuerza en el mundo de la educación gracias a las enormes posibilidades que ofrecen. Con suma frecuencia, los estudiantes leen los libros de texto en formato PDF en las pantallas de sus ordenadores portátiles o sus tabletas, interactúan desde su casa con sus profesores y estos les proponen los trabajos personales por igual vía.

En los últimos diez años ha surgido una importante línea de investigación en la Didáctica de las Ciencias, muy en particular de la Física, tendente a explotar las posibilidades de los dispositivos móviles en el aprendizaje de la ciencia a través de la experimentación¹.

“A partir de 2010, los estudios se multiplican y en marzo de 2012 la revista *The Physics Teacher*, de la American Association of Physics Teachers, crea la columna *iPhysicsLabs* especializada en la publicación de experimentos docentes con smartphones bajo el sistema operativo iOS. Solo desde el año 2011, hasta 2019, se han publicado más de 150 artículos sobre Didáctica de la Física Experimental con

¹ SALINAS, I. (2019) *Didáctica de la Física Experimental con Smartphones*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Smartphones, muchos en revistas especializadas internacionales como *European Journal of Physics*, *American Journal of Physics*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Physics Education* y la citada *The Physics Teacher*" (Cabeza et al., 2018)².

En España, la *Revista Española de Física*, publicada por la Real Sociedad Española de Física, también ha publicado diversos artículos sobre esta temática.

Antes de la aparición de los *smartphones*, el aprendizaje experimental de las ciencias se circunscribía al ámbito del laboratorio escolar. En la década de los noventa irrumpieron en los laboratorios escolares las consolas inteligentes de toma y procesado de datos que venían equipadas con una colección de sensores. A estas consolas sucedieron los ordenadores equipados con sistemas operativos cada vez más completos y modernos, que añadían a las anteriores la ventaja de su versatilidad y la posibilidad de utilizar las poderosas hojas de cálculo y las bases de datos creadas pocos años antes. Llegados al momento actual, la posibilidad de que hoy nuestro teléfono inteligente pueda convertirse, por ejemplo, en un magnetómetro o un acelerómetro o un barómetro o un medidor de radiaciones o un medidor de intensidades luminosas o que pueda analizar un sonido complejo mostrando en pantalla su espectro acústico, etc., ha abierto una nueva dimensión en el campo del aprendizaje a través de la experimentación.

"En este marco, se propone que los estudiantes utilicen su propio *smartphone* como instrumento de observación y medida, controlando los sensores mediante aplicaciones gratuitas. La ventaja de utilizar el móvil es múltiple: por una parte se fomenta el interés del alumnado y por otra, la gama de ensayos existente es variada. No se busca la precisión, sino que los resultados se puedan interpretar de forma fácil e inmediata" (Salinas, 2019).

Los dispositivos móviles inteligentes (ordenadores, tabletas y *smartphones*) ofrecen utilidad y ventajas en tres ámbitos básicos de la educación científica:

- En el ámbito de las relaciones alumno-profesor, trascendiendo más allá de las paredes del aula. Este ámbito ha experimentado recientemente una fuerte eclosión a resultas de la pandemia COVID que mantuvo a buena parte de la población mundial confinada en sus domicilios. Casi todos los

² CABEZA, C., MONTEIRO, M. y MARTÍ, A.C. (2018) "Los Smartphones y la Enseñanza de la Ciencia." 1ª Jornada de Ciencias CEIBAL "Herramientas para la Docencia", LATU junio de 2018.

centros de enseñanza hacen hoy uso de aulas virtuales que incluyen el correo electrónico y la multiconferencia.

- En el ámbito de la información y documentación, los grandes motores de búsqueda de internet, tanto de texto como de vídeo, ofrecen posibilidades casi ilimitadas de acceso a todo tipo de documentos que van mucho más allá que el libro de texto.
- En el ámbito del trabajo experimental, las múltiples y variadas aplicaciones que explotan los sensores, cada vez más numerosos y precisos, permiten convertir nuestro dispositivo en diversos instrumentos de observación y medida. Gracias a ello, la experimentación trasciende más allá de las paredes del laboratorio escolar.

La temática de este libro cae de lleno en el tercer ámbito de la educación científica, sumándose a la corriente de trabajos e investigaciones sobre la utilidad de los dispositivos inteligentes en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. Pretende, por un lado, dar una idea general del *hardware* y *software* que hacen posible el milagro de tener “un laboratorio en el bolsillo” y por otro, proponer al lector un conjunto variado de proyectos de trabajos experimentales en el más extenso ámbito permitido por el software disponible en el momento.

Para ello, esta obra se ha estructurado en dos partes. La primera se refiere al *hardware* y *software* de los teléfonos inteligentes actuales. Consta de tres capítulos; el primero detalla de forma sencilla e intuitiva la naturaleza y funcionamiento de los principales sensores presentes en los dispositivos móviles, el segundo trata de los periféricos, unos adquiribles en el comercio y otros que pueden ser contruidos por el usuario con materiales comunes, que permiten incrementar las posibilidades de nuestro *smartphone*. A todo ello sigue un tercer capítulo dedicado a la descripción de aquellas aplicaciones existentes en los grandes repositorios de acceso libre que permiten materializar la gran variedad de trabajos experimentales propuestos en este libro o descritos en la bibliografía. Si bien el número de aplicaciones es muy amplio, el autor ha preferido centrarse en aquellas que a su juicio son más idóneas, prefiriendo las gratuitas a las de pago.

La segunda parte recoge un amplio conjunto de proyectos de trabajos experimentales, agrupados en campos, que intenta ilustrar con hechos concretos las posibilidades de los dispositivos inteligentes en el área de la educación científica. Este

conjunto de trabajos no pretende ser exhaustivo, eso sí, se confía al ingenio y a la motivación del lector la búsqueda y creación de más y mejores trabajos. La exposición de estos proyectos es breve y sencilla. El autor lo ha hecho deliberadamente así, omitiendo la inclusión de resultados típicos o el volcado de datos a aplicaciones de tratamiento de datos experimentales y la inclusión de gráficos derivados de estos tratamientos.

Se pretende dar tan solo una visión de las posibilidades de los dispositivos móviles modernos en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales. Se confía a los profesores y a los estudiantes el desarrollar y concretar los trabajos que en este libro se exponen así como la búsqueda de nuevas posibilidades.

Tras la lectura de este libro u otros similares, cabe caer ingenuamente en la tentación de pensar que los dispositivos inteligentes llegarán a desbancar a los instrumentos científicos. Es atractivo considerar lo barato que resulta la posesión de un buen *smartphone* o una tableta, en comparación al elevado coste del instrumental de un laboratorio, en lo fácil que resulta el manejo de los primeros en contraposición a los cuidados que requiere el uso de los instrumentos científicos y en lo ventajoso que resulta experimentar en casa o en el campo como contrapunto a las tediosas horas de permanencia en el laboratorio. Pero, por encima de todo ello, hay una realidad incontestable: los instrumentos científicos están diseñados específicamente para realizar un solo tipo de medidas u observaciones; en ellos lo que prima es la precisión y la fiabilidad. Muy al contrario, en el diseño de los dispositivos móviles prima la portabilidad y la manejabilidad manual. Están concebidos como objetos comerciales y sus prestaciones son, ante todo, reclamos y atractivos para ser comprados por más y más usuarios, cosa que no sucede con los instrumentos científicos.

PARTE PRIMERA

HARDWARE Y SOFTWARE

Esta primera parte consta de tres capítulos. El primero está dedicado a las estructuras internas del *Smartphone* que le permiten captar y procesar la luz, el sonido, las aceleraciones, las presiones, los campos magnéticos, la posición geográfica, la proximidad de los objetos, los colores, etc. Todo ello es posible gracias al avance de la nanotecnología, que ha posibilitado la inclusión de sensores de diversas magnitudes físicas en el pequeño espacio del interior de un teléfono móvil.

El segundo capítulo da a conocer las estructuras que pueden adaptarse al móvil inteligente para convertir este en toda una variada gama de instrumentos científico-técnicos. Así, por ejemplo, veremos cómo puede convertirse el *Smartphone* en un teodolito, en un microscopio, en un espectrofotómetro del rango visible, en un magnetómetro o en un buscador astronómico entre otras muchas posibilidades.

El tercer capítulo está dedicado a la descripción de las aplicaciones que a juicio del autor, resultan más adecuadas para la consecución de los objetivos perseguidos en esta obra. El número y variedad de aplicaciones que el lector puede encontrar en los grandes repositorios, *Play Store*, *Google Play*, etc. es inmenso. Unas son gratuitas y otras son de pago. Tras un prolongado trabajo de investigación, el autor ha seleccionado las más adecuadas, según su criterio, para la realización de los trabajos propuestos.