

Minicomputador educacional de bajo costo *Raspberry Pi*: Primera parte

Marco Luis Salcedo-Tovar*

Resumen

El objetivo de esta nota tecnológica es ofrecer una descripción documental en idioma Español a los estudiantes, docentes y aficionados en general sobre las prestaciones del minicomputador de bajo costo *Raspberry Pi*, como herramienta de aprendizaje y plataforma de desarrollo de pequeños proyectos para estudiantes de ciencias de la computación y afines. Este manuscrito está dividido en dos partes: en la primera se ofrece una introducción acerca del origen del producto, fundación patrocinante, breve descripción funcional, características técnicas de la familia de minicomputadores y además de un cuadro comparativo con sus posibles desventajas; en la segunda, se esbozan algunas de sus aplicaciones más comunes en automatización, sensores remotos y robótica. Se incluyen en este documento enlaces a sitios de interés relacionados con proyectos, aplicaciones, foros y comunidades de soporte en línea.

Palabras clave: *Raspberry Pi*, minicomputador, bajo costo, educación.

* Especialista en telecomunicaciones. Centro Virtual de Meteorología (CvM). <http://www.meteoven.org/>, San Antonio de los Altos, Miranda, Venezuela. Correo electrónico: salcedo.ml@gmail.com

The Raspberry Pi, Low Cost Educational Minicomputer: First Part

Abstract

The aim of this technical note is to offer a documental review in Spanish language to students, teachers and amateurs about the advantages of low-cost minicomputer “Raspberry Pi” as a learning tool and a design platform for small projects and for computer science students. This manuscript is divided into two parts: The first one offers an introduction about the product’s origin, an information of founding sponsor, a brief functional description, minicomputer technical characteristics and a comparative chart pointing its possible disadvantages; the second part, it briefly describes some of the most common applications in automation, remote sensing and robotics. Besides, links to sites of interest related to projects, applications, forums and online support communities are included in this document.

Key words: Raspberry Pi, minicomputer, low-cost, learning.

Objetivo de la nota

Partiendo del hecho de la escasa disponibilidad de documentación en idioma Español para ciertos productos relativamente nuevos en el mercado, se elaboró la presente nota tecnológica, teniendo como objetivo fundamental dar a conocer a los estudiantes, docentes y aficionados en general un resumen de las capacidades que ofrece esta plataforma informática de bajo costo como herramienta para los interesados en el aprendizaje acerca de periféricos de bajo nivel, ciencias de la computación y afines. Para ello se hizo una revisión documental de varias fuentes impresas relacionadas y de las comunidades de soporte en línea de este producto, resaltando entre otros aspectos:

- § Los hechos que dieron origen al producto.
- § Descripción funcional.
- § Características técnicas.
- § Posibles desventajas.
- § Algunas de las aplicaciones más comunes.
- § Enlaces a sitios Internet relacionados con algunas aplicaciones del minicomputador.

§ Conclusiones acerca de lo expuesto en esta nota tecnológica.

§ Referencias bibliográficas citadas.

A lo largo de este texto, se emplean ciertos acrónimos o abreviaturas de uso común en la industria y/o literatura técnica del idioma Inglés; para la total comprensión del lector, los términos son definidos empleando notas a pie de página, enumeradas consecutivamente con números romanos.

Las referencias citadas en el texto se indican con numeración arábiga consecutiva y se presentan al final de este artículo.

Todos los nombres comerciales citados en este trabajo son marcas registradas de sus respectivos registradores o fabricantes; la cita o el uso de los mismos no representan ningún tipo de aprobación, soporte o ratificación por parte del autor.

Introducción: orígenes del minicomputador *Raspberry Pi*

En el año 2006, el Laboratorio de Computación de la Universidad de Cambridge tenía un problema: Año tras año se presentaban menos participantes para estudiar ciencias de la computación en ese establecimiento y los niveles de destreza de los que aplicaban iban decreciendo de año a año (Partner, 2014).

Basada en arquitectura de un microprocesador ARM¹ comúnmente utilizado en teléfonos inteligentes y luego de seis años de intensa labor, es creada la *Raspberry Pi* por la fundación educacional sin fines de lucro del mismo nombre, ubicada en Caldecote, Cambridgeshire, Inglaterra. Esta fundación, fue registrada en el año de 2009 con el objetivo de “Promover la educación de los adultos y los niños, particularmente en el campo de las computadoras, ciencias de la computación y temas relacionados” (*What is a Raspberry Pi?* (2015).

Para diciembre de 2011, fueron producidas las primeras tarjetas *Beta*, que fueron capaces de demostrar sus capacidades reproduciendo vi-

1 **ARM**: Nombre comercial de una arquitectura *RISC* (*Reduced Instruction Set Computer*), Computador con Set de Instrucciones Reducido, desarrollado por ARM Holdings.

deo a 1080p Full HD², en enero de 2012 fueron sometidas a subasta algunas unidades del primer lote de producción de 10 mil piezas, las cuales fueron manufacturadas en China (*The Pioneers*, (Mayo 2012)). En febrero de ese mismo año, los distribuidores abrieron las pre-ventas del dispositivo, colapsándose los servidores en cuestión de horas, unos días después se habían tomado cerca de 100 mil órdenes.

El lanzamiento oficial fue a las 06:00 am del 29 de febrero de 2012 (*The Pioneers*, (Mayo 2012)). Para finales del 2013, se habían fabricado más de dos millones de unidades (Partner, 2014); para febrero del 2015, más de cinco millones (*Five million sold!* 2015), convirtiéndose en uno de los computadores británicos de venta más rápida (*Raspberry Pi Sales Pass Five Million*, 2015).

Descripción funcional del minicomputador

Completamente carente de partes móviles, la *Raspberry Pi* es un *single board computer*³ que a la fecha de la preparación de esta nota tecnológica, se distribuye comercialmente en cuatro versiones, conocidas por medio de sus referencias culturales (*Modelo A*, *Modelo B rev 1*, *Modelo B rev 2* y *Modelo B+* y el *Compute Module*) (*Products | Raspberry Pi*, (2015)), aunque todos están basados en SoC⁴ de la misma familia, tienen características ligeramente distintas como se verá más adelante. El minicomputador *Raspberry Pi* ha sido diseñado con un objetivo específico: Servir de plataforma para aquellos interesados en la programación o el control de periféricos de bajo nivel. Sin embargo, su apariencia cruda y su aparente “poco rendimiento” en comparación con cualquier PC o laptop actual no debe ser motivo de desprecio; el lector debe tener en cuenta que muchos

2 **HD**: *High Definition*, Alta Definición.

3 **Single Board Computer**, Computador en una sola placa. El término se refiere a una computadora completamente integrada en una sola placa o tarjeta de circuito impreso que posee todos los componentes necesarios para su operación.

4 **SoC**: *System on a Chip*, Sistema en un Chip. Es un circuito integrado que integra todos los componentes de un computador u otro sistema electrónico en un solo chip, que puede contener una o más funciones de señal mixta, analógica, digital, memoria RAM o radiofrecuencia en un solo sustrato de silicio.

robots exploradores y sondas espaciales son controlados por minicomputadores de mucho menores prestaciones que la *Raspberry Pi*.

Para conocer que puede ofrecernos este producto como plataforma educacional, examinamos un esquema funcional del mismo en la Figura 1:

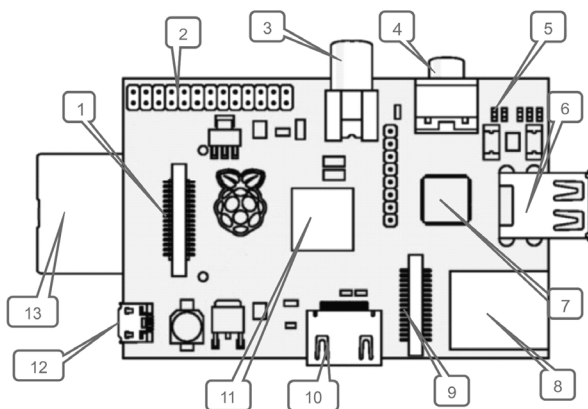


Figura 1. Esquema del minicomputador *Raspberry Pi Modelo B, rev 1* (Partner, 2014).

1. **Conector DSI⁵**: Este conector tipo Flat-Flex⁶ permitirá la conexión de pantallas tipo LCD⁷ que soporten el estándar DSI. A la fecha de preparación de esta nota tecnológica, no existen disponibles comercialmente pantallas compatibles con el dispositivo que empleen este estándar; la Fundación *Raspberry Pi* ha anunciado que,

5 **DSI**: *Display Serial Interface*, Interfaz Serial para Visualizadores. Especificación creada por la organización sin fines de lucro *Mobile Industry Processor Interface Alliance (MIPI)*, para promover el desarrollo de tecnologías estándar de interfaces para terminales móviles y sus áreas de influencia.

6 El término se refiere a una variedad de cables multiconductores que es plana y flexible. Esta forma miniaturizada de cables de cinta, es frecuentemente utilizada como elemento de interconexión entre placas de circuito impreso.

7 **LCD**: *Liquid Cristal Display*, Pantalla de Cristal Líquido.

eventualmente, se producirán estas pantallas que requerirán “drivers específicos” (*What’s the situation with DSI?* (2015) para cada modelo según sea su fabricante. Asimismo, se conoce de al menos un (01) prototipo (*Raspberry Pi Official 7 inch DSI prototype-preview*, (2015) en el cual está trabajando la Fundación. Por otra parte, la Fundación ha informado que liberarán una pantalla táctil para finales del 2014 (*Can I add a touchscreen?*, (2015).

2. **Cabezal de expansión:** Comprende un grupo de 26 pines agrupados en un conector DIL⁸ de 13 pines por dos filas (20 pines por dos filas en las versiones “A+” y “B+”). Este cabezal expone los pines de alimentación (+5 V, +3,3 V y GND) y los puertos GPIO⁹ del SoC al exterior, estos puertos pueden ser configurados de diversas maneras (PWM¹⁰, Entrada, Salida, *Latch*¹¹) bajo control del software en ejecución. En la Figura 2 puede verse un esquema de la asignación de las funciones de cada pin.

Hechos importantes acerca del GPIO:

- a. Es posible alimentar la *Raspberry Pi* a través de pines específicos del puerto (Figura 2), sin embargo, al emplearlos de esta manera, se pierde el efecto de protección del *Poly-Fuse*¹² integrado dentro de la tarjeta.

8 **DIL:** *Dual In Line package*, Empaque dual en Línea, Bloque con dos hileras de pines conductores, con espaciamiento entre pines de 0,1 milésimo de pulgada (0,254 mm).

9 **GPIO:** *General Purpose Input Output*, Puerto de entrada y salida de propósito general.

10 **PWM:** *Pulse Width Modulation*, Modulación por anchura de pulsos, Técnica de modulación en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica para controlar la cantidad de energía que se envía hacia la carga.

11 **Latch:** Tipo de multivibrador bi-estable que puede ser usado para almacenar información.

12 Los Poly-Fuses, también conocidos como “fusibles resetables” son componentes electrónicos pasivos empleados para protección contra sobre corriente en circuitos electrónicos.

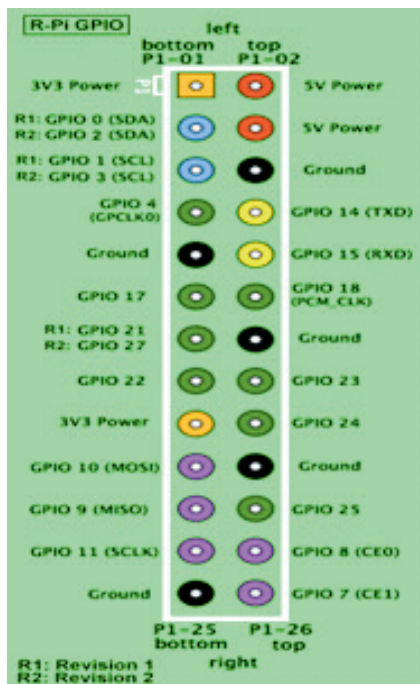


Figura 2. Asignación de pines GPIO en la Raspberry Pi Modelo B, rev 1 y Modelo B, rev 2 (General Purpose Input/Output (GPIO), 2015)

- b. Los pines del GPIO pueden entregar una corriente máxima de 50 mAmp en total, esto es 50 mAmp dividido entre todos los pines. Un pin individual del GPIO puede disipar un máximo de 16 mAmp (1. *What are the power requirements?*, 2015).
- c. Los pines GPIO sólo pueden operar satisfactoriamente con lógica de 3,3 Vdc y no poseen ningún tipo de protección contra sobretensión o subtensión, interconectar cualquier dispositivo con lógica TTL¹³/CMOS¹⁴ de 5 Vdc dañará el SoC sin remedio posible.

¹³ **TTL**: *Transistor-Transistor Logic*, Lógica de Transistor a Transistor.

¹⁴ **CMOS**: *Complementary Metal Oxide Semiconductor*, Semiconductor complementario de Óxidos Metálicos.

- d. Los pines con ciertas funciones específicas: $+5\text{ V}$, $+3,3\text{ V}$, GND , $I2C^{15}$, PWM^{16} , SPI^{17} , TXD^{18} , RXD^{19} y $One-Wire^{20}$ están predefinidos por el Firmware²¹ del dispositivo y no pueden ser cambiadas por el usuario.
3. **Puerto de video:** Este conector tipo RCA²² permite la conexión de un televisor analógico que funcione con estándar PAL²³ o NTSC²⁴ actuando como unidad de salida gráfica. Nótese que la calidad del video obtenido a través de este puerto no es óptima dada su naturaleza analógica y de inherente baja resolución.

15 **I2C:** *Inter-Integrated Circuit*, Bus de comunicaciones Multi-Master y Multi-Esclavo inventado por Phillips Semiconductor.

16 **PWM:** *Pulse Width Modulation*, Modulación por Anchura de Pulsos.

17 **SPI:** *Serial Peripheral Interface*, Interfaz Serial Periférica, Especificación Maestro-Esclavo creada por Motorola que permite la comunicación serial síncrona.

18 **TXD:** *Transmitted Data*, Datos Transmitidos.

19 **RXD:** *Received Data*, Datos Recibidos.

20 **One-Wire:** También conocido como “*1-Wire*” es un estándar diseñado por *Dallas Semiconductor*, que provee comunicación de datos de baja velocidad, energía y señalización sobre un único hilo conductor.

21 **Firmware:** Tipo de software que provee el control, monitorización y manipulación de los datos típicamente en sistemas embebidos. El Firmware controla el dispositivo a bajo nivel y usualmente está almacenado en memoria no volátil de solo lectura.

22 **RCA:** Tipo de conector eléctrico comúnmente utilizado para transportar señales de RF, audio o video. Su nombre deriva de la “*Radio Corporation of America*”, la cual introdujo el diseño a principio de 1940.

23 **PAL:** *Phase Alternating Line*, Sistema de televisión analógica antiguamente usado en Europa y la mayor parte de Asia.

24 **NTSC:** *National Television System Committee*, Sistema de televisión analógica antiguamente usado en la mayor parte de las Américas y parte de Asia.

4. **Puerto de audio:** Este conector permite la salida de audio en formato estéreo a bajo nivel.
5. **Leds de estado:** Estos leds muestran el estado de operación actual del dispositivo, indicando el estado del puerto Ethernet²⁵, operación de lectura / escritura sobre el medio de almacenamiento masivo y la presencia de alimentación DC.
6. Puertos **USB:** Estos puertos estándar USB 2.0 permiten la conexión de periféricos tales como teclados, ratones, adaptadores inalámbricos, impresoras, digitalizadores, brazos robóticos, entre otros.
7. **Controlador Ethernet:** Este circuito integrado controla el puerto Ethernet en sí mismo, depende del puerto USB integrado internamente en el SoC.
8. **Puerto Ethernet:** Este puerto permite la conexión física de la **Raspberry Pi** a la red LAN Ethernet 10/100 Mbits empleando un conector RJ-45.
9. **Conector CSI-2**²⁶: Este conector Flat-Flex permite la conexión al módulo de cámara propietaria de alta definición que ofrece la Fundación.
10. Conector HDMI²⁷: Este puerto HDMI estándar permite la conexión de audio y video a un monitor, pantalla o televisor que opere de alta definición.
11. **System on a Chip:** El SoC de la *Raspberry Pi* integra en un sólo encapsulado: un procesador de gráficos (GPU) ²⁸, microprocesador

²⁵ En versiones posteriores los leds de estado del puerto Ethernet han sido integrados al conector RJ-45, liberando dos líneas I/O del SoC para otros usos.

²⁶ **CSI-2:** *Camera Serial Interface*, Interfaz serial para cámaras.

²⁷ **HDMI:** High Definition Multimedia Interface, Interfaz Multimedia de Alta Definición.

²⁸ **GPU:** *Graphics Processing Unit*, Unidad de Procesamiento Gráfico.

(CPU) ²⁹de un (01) solo núcleo, procesador digital de señales (DSP) ³⁰, un (01) puerto USB y la memoria SDRAM³¹ de 256 MB.

Hechos importantes acerca del SoC:

- a. A partir del 15 de octubre del 2.012 la Raspberry Pi “Modelo B Rev 2” se produce y distribuye comercialmente (*Model B now ships with 512MB of RAM*, 2015) con 512 MiB RAM³².
 - b. Debido a la naturaleza del ensamblaje del **SoC**, en ningún caso es posible expandir la memoria RAM del producto.
 - c. Aunque algunos usuarios instalan pequeños disipadores de calor sobre el SoC y el Controlador Ethernet, estos no son realmente necesarios (*Does it need a heatsink?* 2015), ya que el conjunto puede operar satisfactoriamente hasta temperaturas de 85°C.
 - d. La memoria RAM es compartida entre el CPU y el GPU. De acuerdo a la versión del firmware cargado al dispositivo, es posible ajustar la cantidad disponible a cada subsistema con una granularidad de hasta 01 MB.
 - e. El SoC es un BroadcomTM BCM2835. Este fue seleccionado por la fundación por ofrecer buen rendimiento versus su costo (*Why did you select the ARM1176JZFS?* 2015), contiene un microprocesador ARM1176JZFS con unidad de punto flotante, corriendo a 700 MHz (nominal) y una unidad de procesamiento gráfico Videocore 4 (*What SoC are you using?* 2015).
12. **Conector microUSB:** Este conector microUSB permite la alimentación del dispositivo (+5 Vdc, $\pm 4\%$), la capacidad requerida en la fuente de alimentación deberá ser de al menos 700 mAmp, tenga en cuenta que el uso intensivo de gráficos, el módulo de cámara HD, la conexión de periféricos USB (tales como teclados, adaptadores ina-

29 **CPU:** *Central Processing Unit*, Unidad Central de Procesamiento.

30 **DSP:** *Digital Signal Processor*, Procesador Digital de Señales.

31 **SDRAM:** *Synchronous Dynamic Random Access Memory*, Memoria Sincrónica de Acceso Aleatorio.

32 **RAM:** *Random Access Memory*, Memoria de Acceso Aleatorio.

lámbricos y/o ratones, etc.) o el uso de los pines GPIO incrementarán la demanda de corriente de operación. El factor de rizado (*ripple*) de la fuente debe mantenerse al mínimo posible para evitar operación errática del dispositivo y la eventual corrupción del contenido de la memoria de almacenamiento masivo al producirse un apagado o reinicio no ordenado.

13. **Tarjeta MMC³³ / SD³⁴**: Como medio de almacenamiento masivo, la *Raspberry Pi* emplea una tarjeta de memoria tipo MMC / SD (microSD en los modelos más recientes, ver cuadro 1), lo que le otorga una gran versatilidad en la operación, pudiéndose cambiar el rol del dispositivo con sólo emplear una memoria configurada adecuadamente y por supuesto, los periféricos que sean necesarios para el correcto desempeño del nuevo rol.

Hechos importantes acerca del medio de almacenamiento masivo:

- a. La calidad de fabricación y velocidad de acceso de la memoria MMC / SD / microSD son un factor de peso en cuanto al rendimiento del dispositivo en general.
- b. La fundación clama públicamente haber usado memorias de hasta 32 GB de capacidad, funcionando correctamente algunas de ellas (*What size SD card can it support?* 2015).

Sistema operativo recomendado para el minicomputador

El sistema operativo oficialmente recomendado y soportado por la Fundación es *Raspbian*, (una derivación de *Linux Debian Wheezy ARMhf*) (*RaspbianAbout-Raspbian* 2015), aunque existen disponibles otros sistemas operativos compatibles con esta plataforma que han sido adaptados para usos específicos (*Raspberry Pi Documentation*, 2015).

La gran versatilidad, bajo costo, abundancia de documentación y soporte al usuario, hacen de este dispositivo ideal para la experimentación, enseñanza y/o desarrollo de pequeños proyectos, dado que su me-

33 **MMC**: Multi Media Card.

34 **SD**: Secure Digital.

dio de almacenamiento masivo es una tarjeta removible tipo MMC / SD / microSD, es factible preparar varias “imágenes” en disco con diferentes configuraciones y/o sistemas operativos, brindando una gran flexibilidad de operación y de esta forma influyendo notablemente en la curva de aprendizaje del usuario.

Es posible desarrollar, instalar y ejecutar software GNU³⁵ en la Raspberry Pi tal y como se haría en un computador personal o portátil de mayores prestaciones, con la lógica limitación del espacio disponible en el medio de almacenamiento y/o los requerimientos mínimos de hardware que las aplicaciones puedan tener.

Características técnicas del minicomputador

Las características técnicas más resaltantes de la familia en general de minicomputadores *Raspberry Pi* se detallan en el Cuadro 1.

Posibles desventajas del minicomputador

Si el minicomputador *Raspberry Pi* fuese perfecto, entonces no sería necesario construir más computadoras, así que algunas de las posibles desventajas que pueden resaltarse acerca de esta familia de productos se exponen en el Cuadro 2.

Solamente el usuario final será el responsable de determinar si una o más de las posibles desventajas citadas en el Cuadro 2 son un escollo real para la aplicación que pretenda darle al minicomputador.

³⁵ **GNU**: Sistema operativo de tipo Unix, que respeta la libertad del usuario, está compuesto en su totalidad por software libre y es auspiciado por la “Free Software Foundation”. Para más información consulte: <https://www.gnu.org/>

Cuadro 1.

Características técnicas de la familia de microcomputadores
Raspberry Pi

Dimensiones físicas	Modelos “A”, “B” y “B+”: 85 mm x 56 mm, (aproximadamente el tamaño de una tarjeta bancaria, no incluye proyecciones) Modelos “A” y “A+”: 65 mm x 56 mm, (no incluye proyecciones) (<i>Raspberry Pi Hardware</i> , 2015).
Peso	Modelo “A”: 31 Gramos Modelo “A+”:23 Gramos Modelo “B”: 39 Gramos Modelo “B+”:42 Gramos (<i>The Raspberry Pi 2 Q&A thread</i> , 2015)
Puertos I/O integrados	(01) USB 2.0 (Modelos “A” y “A+”) (02) USB 2.0 (Modelo “B” solamente) (04) USB 2.0 (Modelo “B+” solamente) (01) Ethernet 10/100 MBits (Sólo modelos “B” y “B+”) (17) GPIO de propósito general (Modelos “A” y “B”) (26) GPIO de propósito general (Modelos “A+” y “B+”) (<i>Raspberry Pi Documentation</i> , 2015)
Procesador	(01) SoC ARM Broadcom BCM2835 de 700 MHz (nominal), incorpora CPU, GPU, DSP, SDRAM y puerto USB en un único empaque <i>Raspberry Pi Documentation</i> , 2015).
Memoria RAM	256 MiB RAM (Modelos “A”, “B rev 1” y “A+”) 512 MiB RAM (Modelos “B rev. 2” y “B+”)
Audio	(01) Conector de 3,5 mm para salida de audio estéreo (Sólo modelos “A” y “B”) ³⁶ .

³⁶ Los modelos “A+” y “B+” carecen del conector tipo RCA, en su lugar están equipados con un conector de 3,5 mm de cuatro polos que combina las salidas de audio estéreo y video en un único empaque.

Cuadro 1 (Continuación)

Dimensiones físicas	Modelos “A”, “B” y “B+”: 85 mm x 56 mm, (aproximadamente el tamaño de una tarjeta bancaria, no incluye proyecciones) Modelos “A” y “A+”: 65 mm x 56 mm, (no incluye proyecciones) (<i>Raspberry Pi Hardware</i> , 2015).
Video	(01) Conector Flat-Flex para cámara HD propietaria. (01) Conector RCA para salida de video compuesto, (soporta estándares PAL/NSTC, (Sólo modelos “A” y “B rev. 1”). (01) Conector para salida de video HDMI revisiones 1.3 y 1.4 (01) Conector Flat-Flex para pantalla LCD bajo estándar DSI.
Alimentación	(01) Conector microUSB (+5 VDC, ± 4 %, tierra negativa) (<i>Raspberry Pi</i> , Manual del Usuario, 2015)
Requerimientos nominales de potencia	Modelo “A”: 0,3 Amperio, (1,5 vatios) Modelo “A+”:0,2 Amperio, (1,0 vatio) Modelo “B”: 0,7 Amperio, (3,5 vatios) Modelo “B+”:0,65 Amperio, (3,0 vatios)
Medio de almacenamiento masivo	(01) Slot para tarjetas tipo MMC / SD (Sólo modelos “A” y “B rev 1”) (01) Slot para tarjetas tipo microSD (Modelos “A+”, “B+” y subsiguientes)

Nota: En el enlace: http://elinux.org/RaspberryPi_Boards/ puede verse una descripción más completa y detallada acerca de cada versión o revisión de la familia.

Cuadro 2.

Posibles desventajas técnicas del minicomputador *Raspberry Pi*

Inexistencia de convertidores ADC ³⁷ /DAC ³⁸ integrados	Es posible agregar módulos ADC / DAC producidos comercialmente o contruidos por el usuario en ambos casos controlados a través de los pines GPIO.
Inexistencia de huecos para soporte	Esta situación fue resuelta a partir de la producción del modelo “B rev. 2” y subsiguientes, que incluyen dos o más huecos en el circuito impreso para su soporte.
No dispone de adaptador inalámbrico	Este inconveniente puede resolverse fácilmente empleando cualquiera de los adaptadores inalámbricos soportados (<i>RPi USB Wi-Fi Adapters</i> , 2015).
Empleo de memoria MMC / SD	El uso de memorias microSD ha sido adoptado partir de la producción del modelo “B rev. 2” y subsiguientes.
Imposibilidad de ampliar la memoria RAM	La memoria RAM está integrada en el SoC (<i>Can I add extra memory/Can the Raspberry Pi come with more than 512MB?</i> 2015), por tanto es imposible cualquier modificación por parte del usuario. A partir del 15 de octubre del 2.012 la Raspberry Pi “Modelo B Rev 2” se produce y distribuye comercialmente con 512 MiB RAM.
Inexistencia de reloj RTC ³⁹ incorporado	La razón fundamental para que no haya sido integrado un chip de reloj calendario es mantener los costos de manufactura bajos (<i>Why is there no real time clock (RTC)?</i> 2015). No obstante, es posible agregar módulos de RTC producidos comercialmente o contruidos por el usuario final.

37 **ADC**: Analog to Digital Converter, Convertidor Analógico Digital.

38 **DAC**: Digital to Analog Converter, Convertidor Digital Analógico.

39 **RTC**: Real Time Clock, Reloj calendario de tiempo real.

Cuadro 2 (Continuación)

Procesador de un solo núcleo	La Fundación ofrecerá una versión mejorada con procesador de cuatro núcleos y 01 GiB RAM. (En proceso de lanzamiento a la fecha de preparación de esta nota tecnológica) (<i>Raspberry Pi 2 enters the multi-core realm!</i> , 2015).
Inexistencia de interruptor On / Off	Dada la cantidad mínima de corriente que consume el producto una vez desactivado, es innecesaria su presencia; sin embargo, si una aplicación en particular requiere tal interruptor, el usuario final deberá insertarlo manualmente en el medio de alimentación del dispositivo.
Inexistencia de puerto de Video VGA ⁴⁰	El puerto de video VGA ha sido considerado una tecnología “en fin de vida” por la Fundación (<i>Why is there no VGA support?</i> 2015), por lo que soportar este estándar no está dentro de sus planes, sin embargo, es posible utilizar monitores VGA empleando convertidores HDMI-VGA de muy bajo costo.

Referencias bibliográficas

- Partner Kevin. (2014). *Ultimate Guide to Raspberry Pi*. London England: Dennis Publishing Ltd.
- (2015). What is a Raspberry Pi? | Raspberry Pi. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberrypi>
- (Mayo 2012). The Pioneers. *The MagPi Magazine*, Edition 1, p.8. London, England.
- (2015). Five million sold! Febrero 23, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/five-million-sold>
- (Febrero 2015). *Raspberry Pi Sales Pass Five Million. The MagPi Magazine*, Edition 31, p.6. London, England.
- (2015) Products | Raspberry Pi. Febrero 23, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/products>

40 **VGA**: Video Graphics Array, Adaptador gráfico de video analógico.

- (2015) What's the situation with DSI? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=64&t=32311#p305332/>
- (2015) Raspberry Pi Official 7 inch DSI prototype-preview. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://raspi.tv/2014/raspberrypi-official-7-inch-dsi-prototype-preview/>
- (2015) 4. Can I add a touchscreen? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#videoTouch/>
- (2015) 1. What are the power requirements? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#powerReqs/>
- (2015) General Purpose Input/Output (GPIO). Febrero 02, 2015, Sitio web: http://elinux.org/RPi_Low-level_peripherals#General_Purpose_Input_2FOutput_.28GPIO.29/
- (2015) Model B now ships with 512MB of RAM. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/model-b-now-ships-with-512mb-of-ram/>
- (2015) Does it need a heatsink? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#performanceHeatsink/>
- (2015) Why did you select the ARM1176JZFS? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#generalArm11/>
- (2015) What SoC are you using? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#generalSoCUsed/>
- (2015) What size SD card can it support? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#sdMax/>
- (2015) RaspbianAbout-Raspbian. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspbian.org/RaspbianAbout>
- (2015) Raspberry Pi Documentation. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/documentation/installation/README.md>
- (2015) Raspberry Pi Hardware. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/README.md/>
- (2015) The Raspberry Pi 2 Q&A thread. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?p=683921#p683921/>

- (2015) Raspberry Pi Documentation. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/models/specs.md/>
- (2015) High Definition 1080p Embedded Multimedia Applications Processor. Febrero 02, 2015, Sitio web: <http://www.broadcom.com/products/BCM2835/>
- Raspberry Pi, Manual del Usuario (2011).
- (2015) RPi USB Wi-Fi Adapters. Febrero 02, 2015, Sitio web: http://elinux.org/RPi_USB_Wi-Fi_Adapters
- (2015) Can I add extra memory/Can the Raspberry Pi come with more than 512MB?. Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#performanceMemory/>
- (2015) Why is there no real time clock (RTC)? Febrero 02, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#performanceRTC/>
- (2015) Raspberry Pi 2 enters the multi-core realm!. Febrero 23, 2015, Designs Spark Sitio web: <http://www.rs-online.com/designspark/electronics/eng/nodes/view/type:blog/slug:raspberrypi-2-enters-the-multi-core-realm/>
- (2015) Why is there no VGA support? Febrero 23, 2015, Raspberry Pi Foundation Sitio web: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/#videoVGA/>.