# Sistemas Empotrados

## Tema 1:
## Introducción a los sistemas empotrados

Lección 4:
La parte software

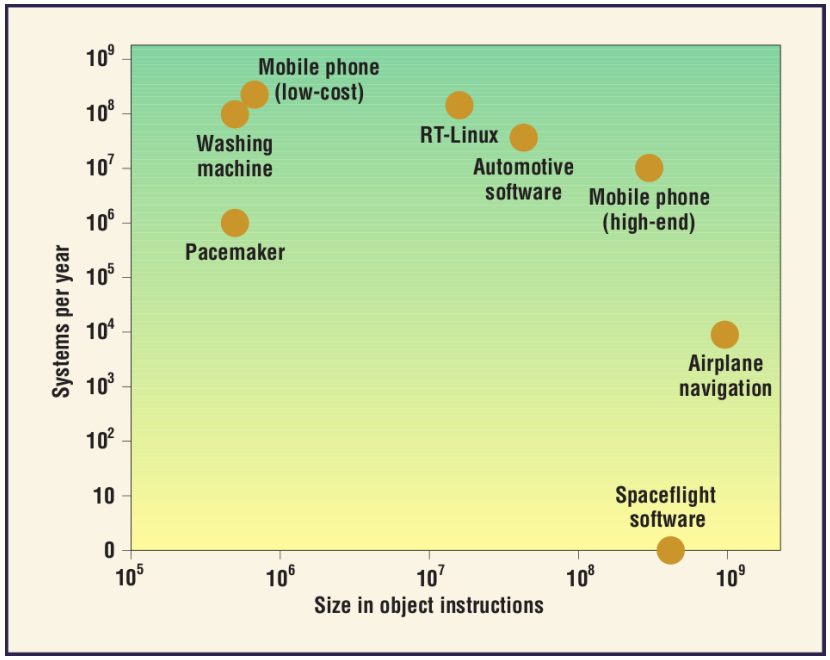
Jesús González Peñalver

# Contenidos

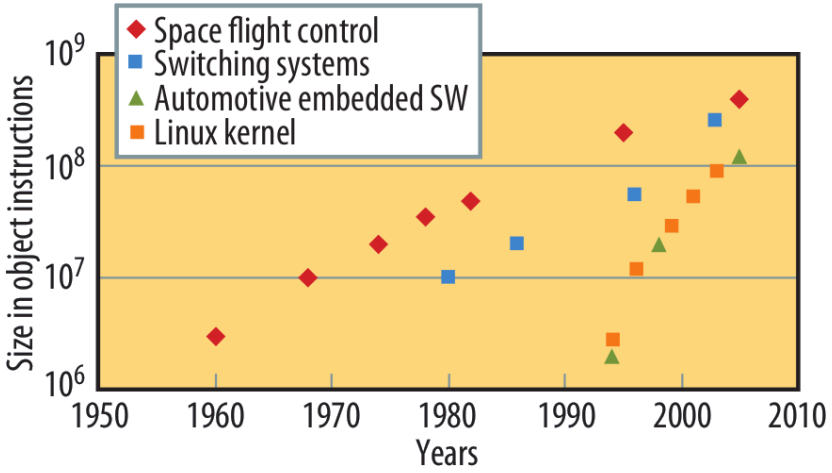
## Tema 1: Introducción a los sistemas empotrados

- Presentación de la asignatura
  - Motivación
  - Descripción de la asignatura
- Sistemas empotrados
  - Utilidad
  - Caracterización
  - Clasificaciones
  - Diseño e implementación
  - Herramientas de desarrollo
- La parte hardware
  - Procesadores
  - Co-procesadores y aceleradores
  - Controladores de sistema
  - Arquitectura de memoria
  - Periféricos
- La parte software
  - Importancia creciente del software empotrado
  - Componentes del Firmware

# Importancia creciente del software empotrado




El tamaño del software y el número de unidades vendidas depende del tipo de sistema empotrado




Crecimiento de la complejidad del software empotrado

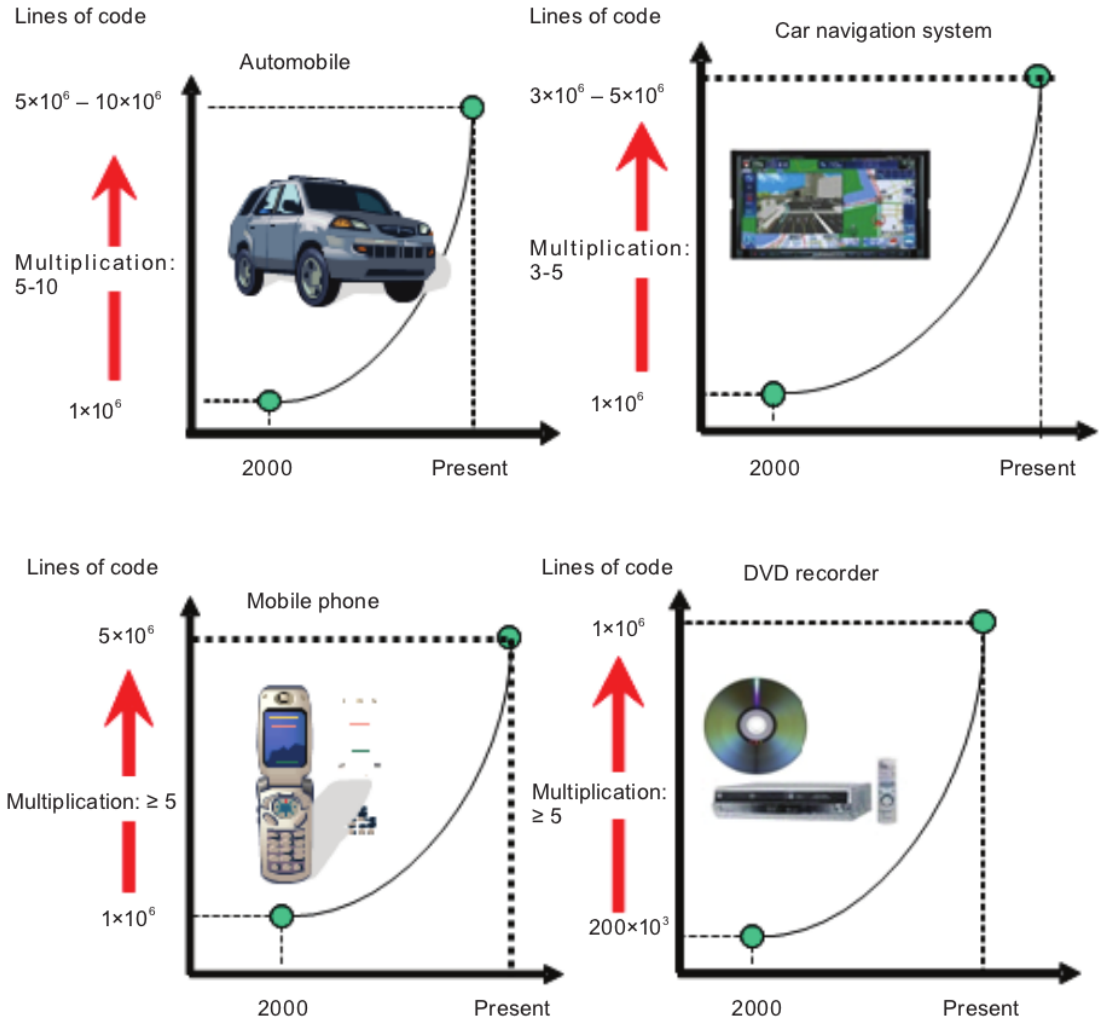
La complejidad y el tamaño del software empotrado crece cada año

Fuente:

C. Ebert y C. Jones. Embedded Software: Facts, Figures and Future.Computer, 42(4), 42-52, 2009

C. Ebert y J. Salecker. Embedded Software – Technologies and Trends. IEEE Software, 26(3), 14-18, 2009

# Importancia creciente del software empotrado

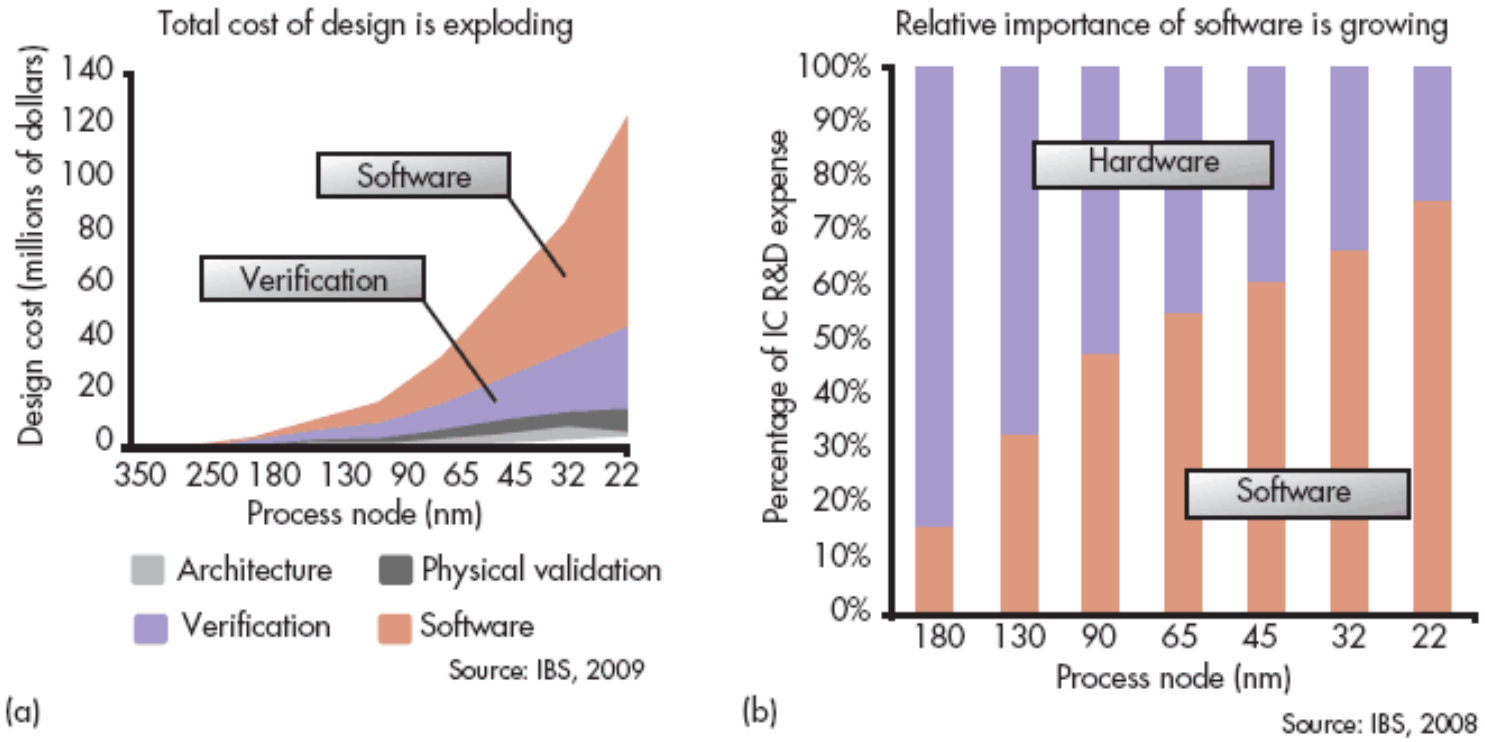



El número de funciones implementadas en software es cada vez mayor

Fuente:

M. Tachikawa. The Direction of Embedded Software Development: Focusing on Japan's Social Characteristics – Reinforcing the basis for software development in electronics-driven durable goods. Science & Technology Trends – Quarterly Review, 42:36-49, enero 2012.

# Importancia creciente del software empotrado

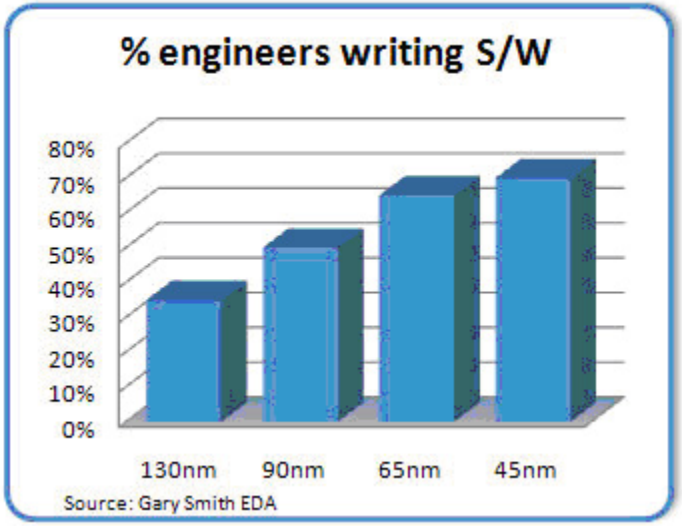



El software cada vez representa un mayor porcentaje en el coste total del sistema

Fuente:

D. Maliniak. Verification And Software Dominate EDA's Future. ElectronicDesign.com, enero 2010. http://electronicdesign.com/article/eda/verification_and_software_dominate_eda_s_future

# Importancia creciente del software empotrado




La demanda de ingenieros que sepan desarrollar software empotrado está creciendo notablemente

Fuente:

N. Songcuan. Accelerating Embedded Software Development with Rapid Prototyping. Chip Design. http://chipdesignmag.com/display.php?articleId=3598

# Contenidos

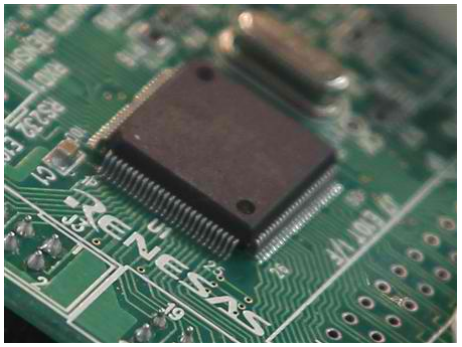
## Tema 1: Introducción a los sistemas empotrados

- Presentación de la asignatura
  - Motivación
  - Descripción de la asignatura
- Sistemas empotrados
  - Utilidad
  - Caracterización
  - Clasificaciones
  - Diseño e implementación
  - Herramientas de desarrollo
- La parte hardware
  - Procesadores
  - Co-procesadores y aceleradores
  - Controladores de sistema
  - Arquitectura de memoria
  - Periféricos
- La parte software
  - Importancia creciente del software empotrado
  - Componentes del Firmware

# Concepto de firmware

Imagen ejecutable

Almacenamiento

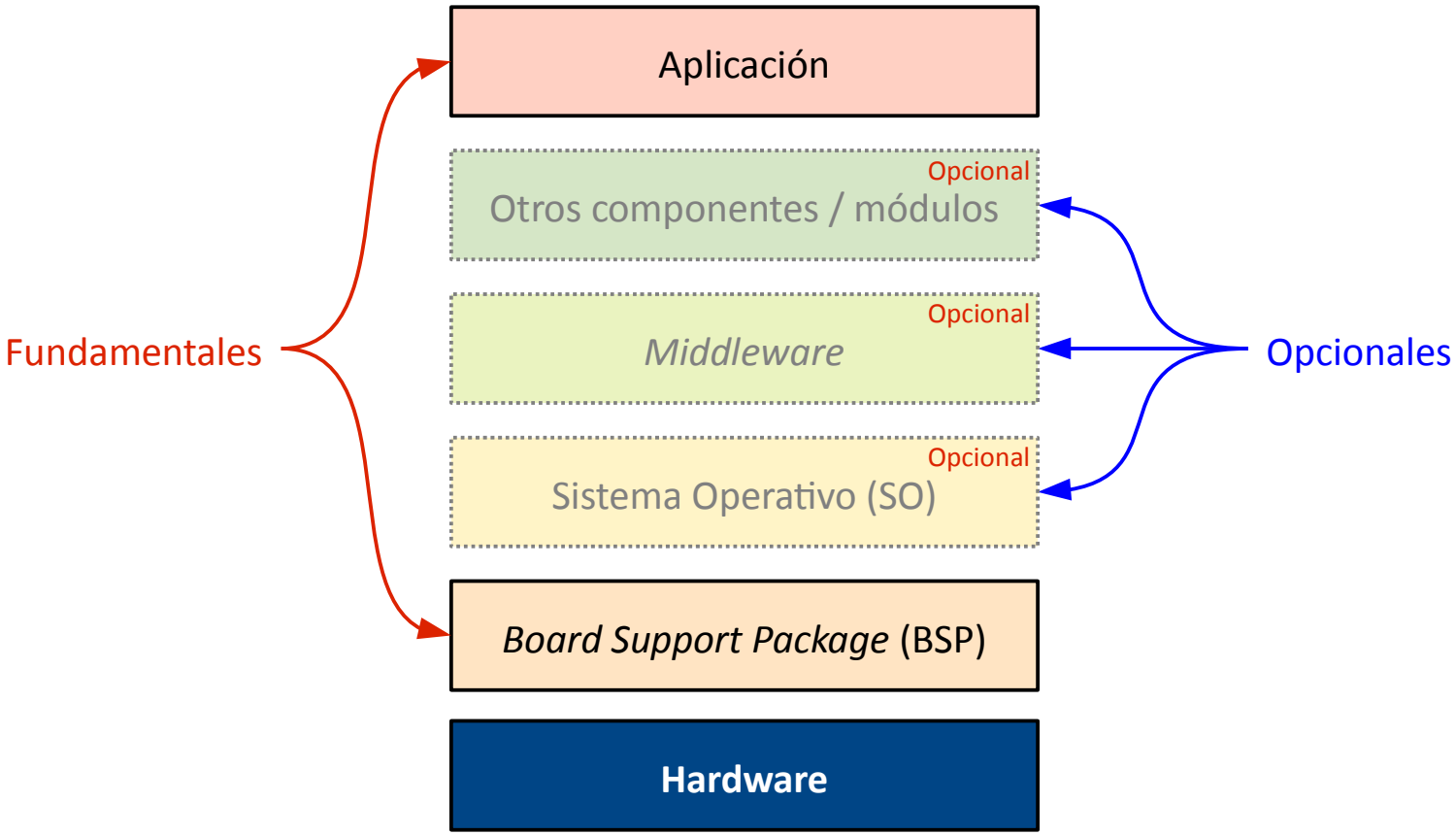



Memoria ROM/Flash

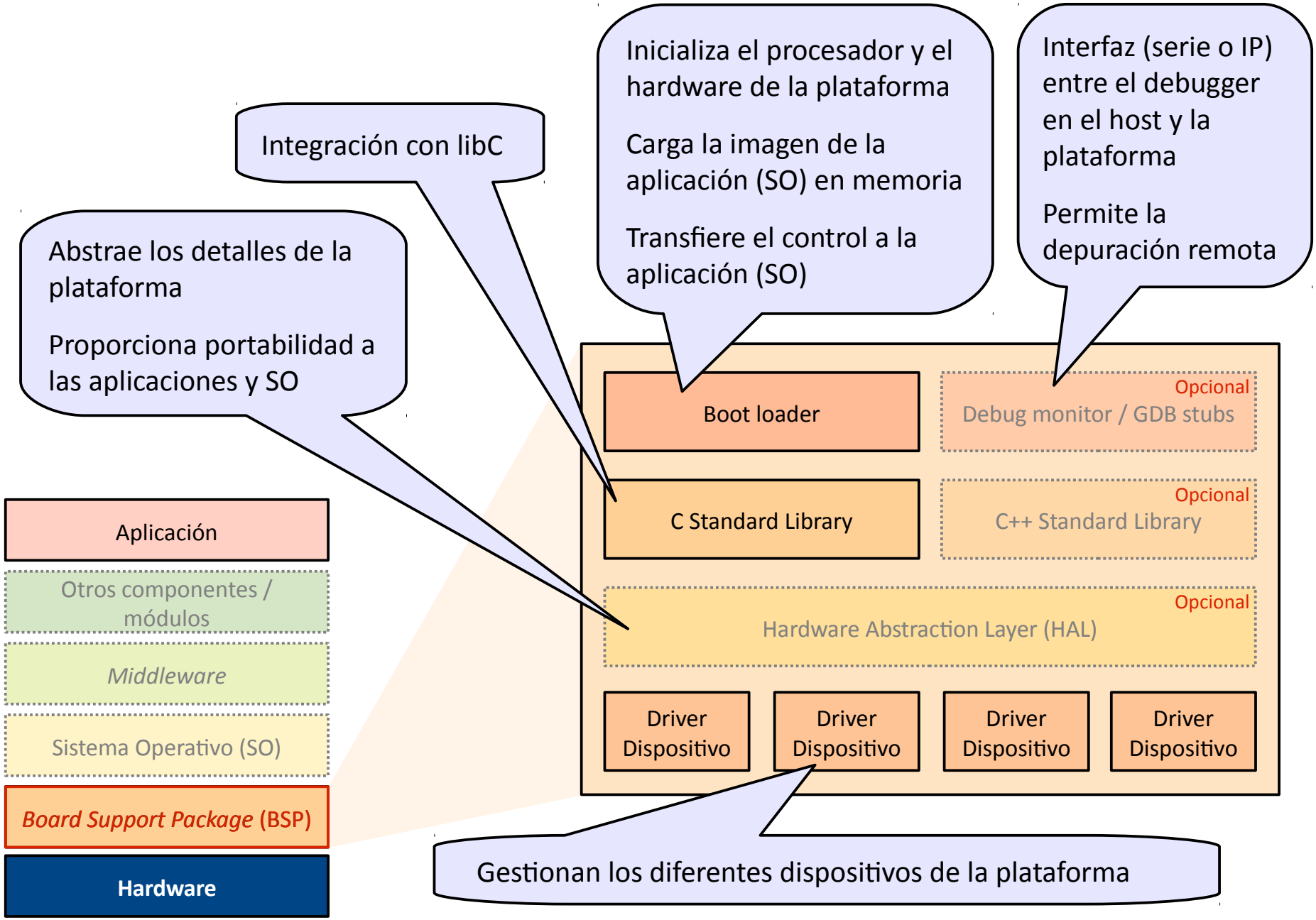
Ejecución

El término firmware se usa comúnmente para denominar la parte software de un sistema empotrado

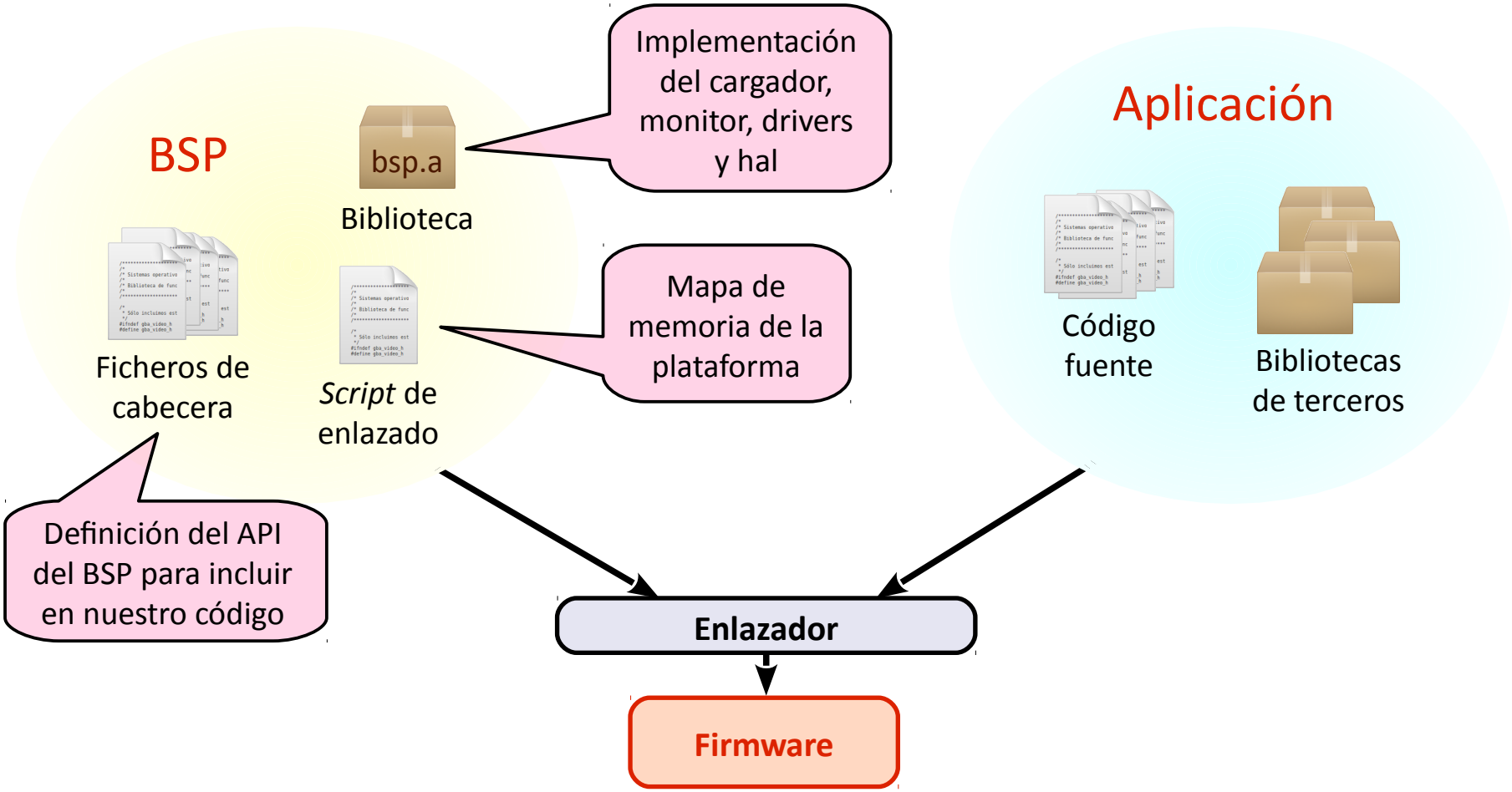
# Componentes del firmware



# Componentes del *Board Support Package* (BSP)

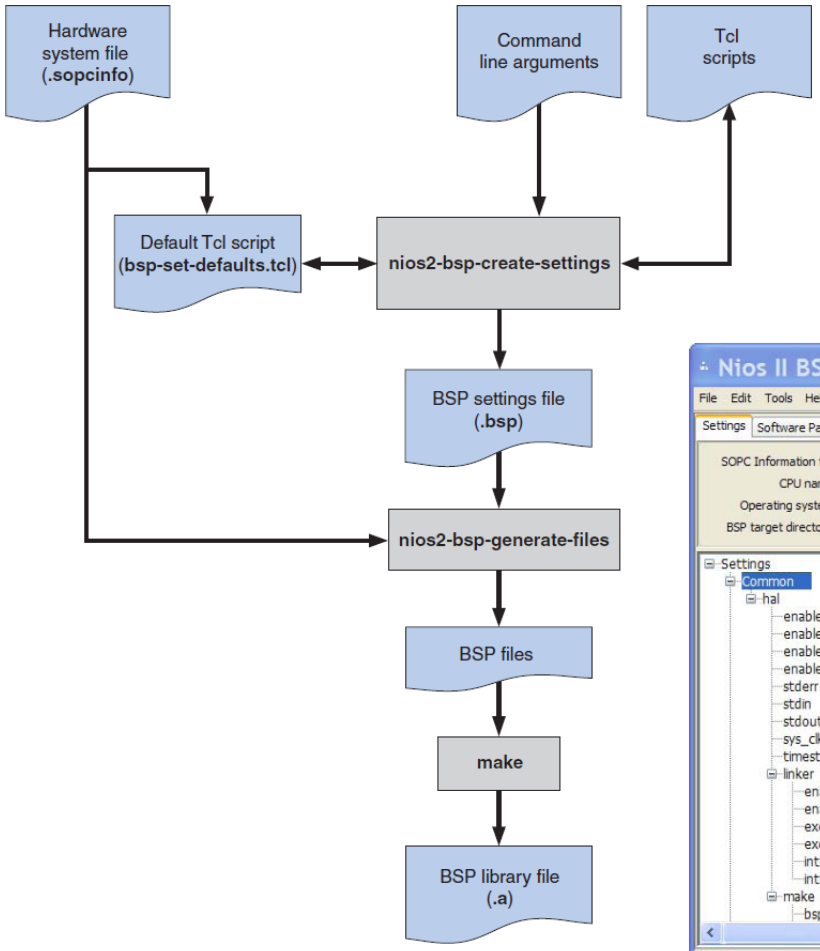


# El BSP a efectos prácticos

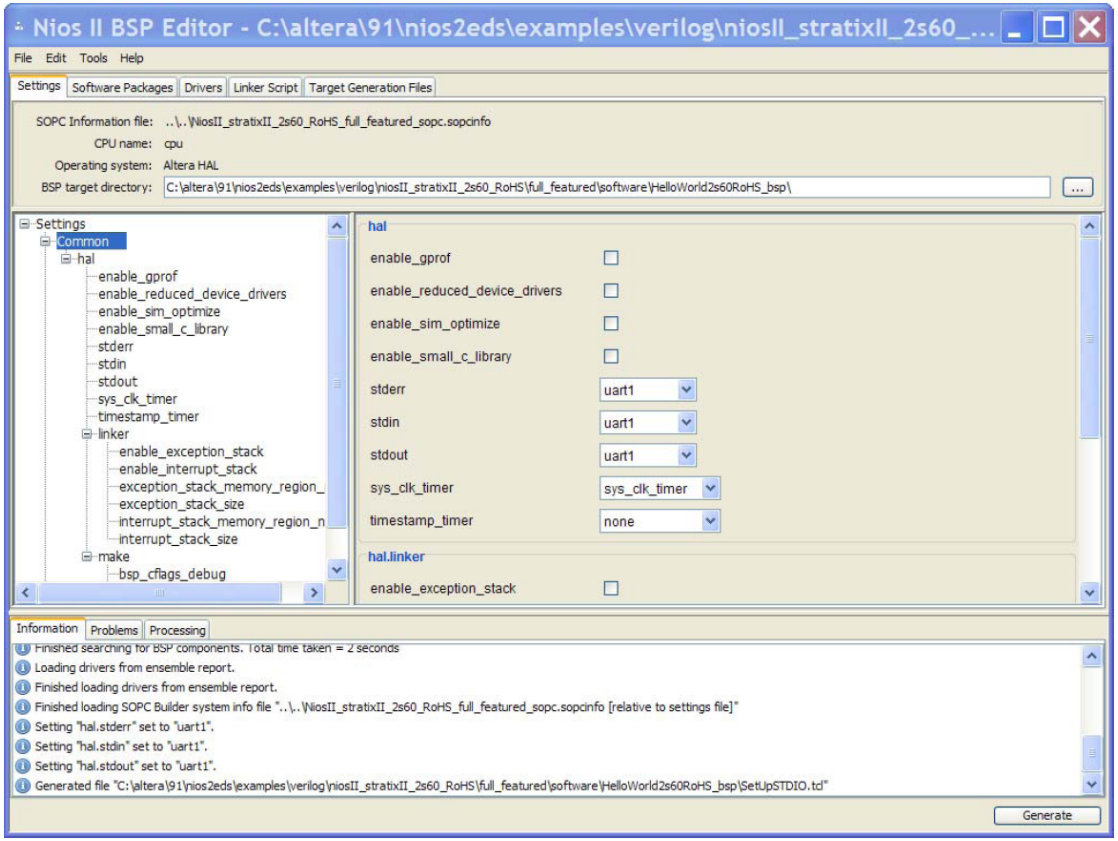



Dependiendo de la plataforma, el BSP puede ser proporcionado por el fabricante, generado automáticamente o programado completamente desde cero

# Ejemplo




Generación automática del BSP para un SoC basado en el procesador Nios II de Altera a partir de la información del sistema




Fuente:

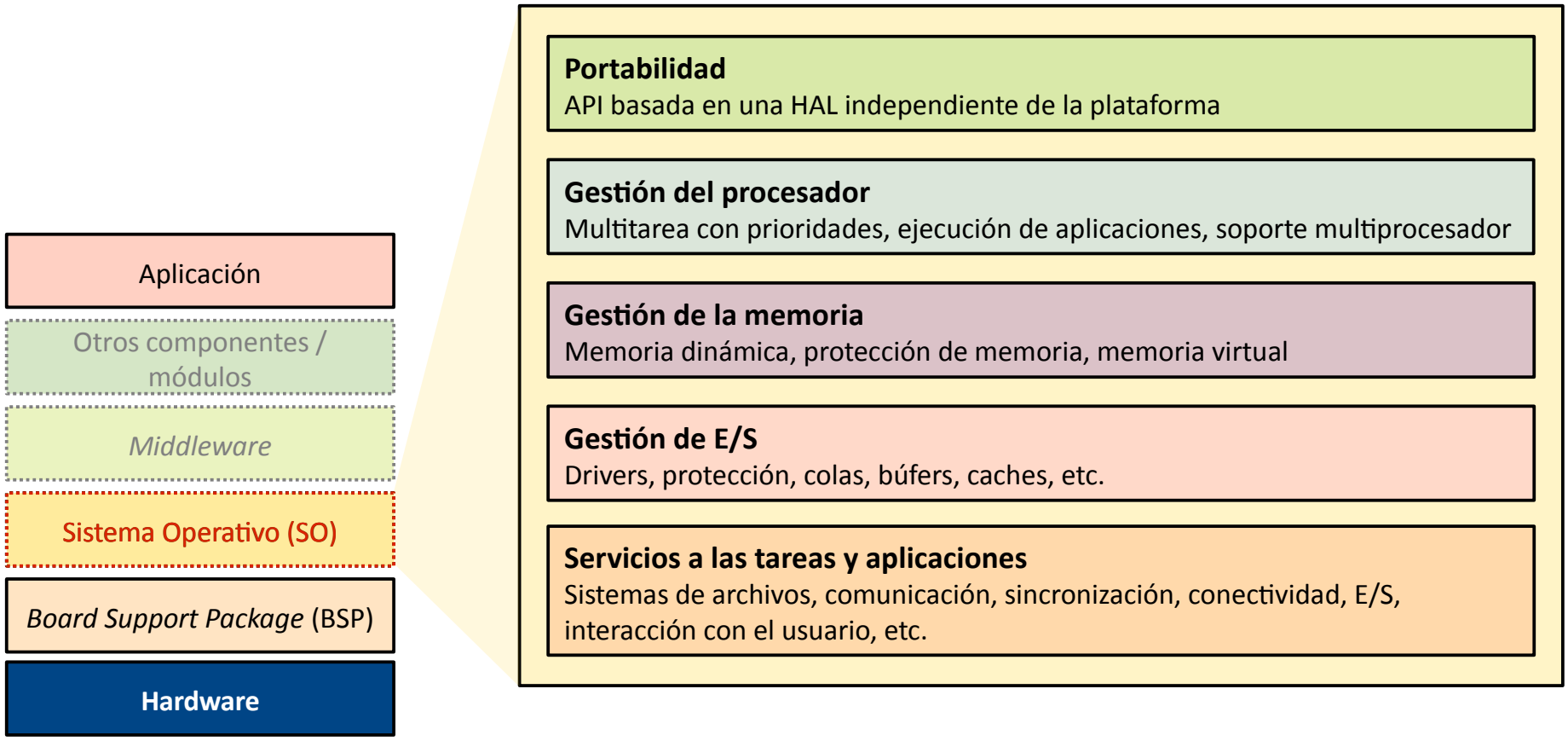
Altera. Nios II Software Developer Handbook. http://www.altera.com/literature/hb/nios2/n2sw_nii5v2.pdf

# Necesidad de un Sistema Operativo

Algunos sistemas empotrados necesitan más servicios de los que proporciona el BSP

Se debe seleccionar un SO adecuado para el sistema (RTOS o GPOS)

El SO se configura para soportar sólo los servicios necesarios



# *Real Time Operating Systems* (RTOS)

**Objetivo:** Reaccionar ante ciertos estímulos dentro de un intervalo de tiempo determinado

**Características:**

- **Fiabilidad:** Funcionamiento correcto en el tiempo
- **Determinismo:** Comportamiento predecible en el tiempo
- **Rendimiento:** Dadas las restricciones en potencia de cálculo
- **Compacidad:** Dadas las restricciones en la cantidad de memoria disponible
- **Escalabilidad:** Capacidad de adaptación a los requerimientos de cada aplicación (desde un DVD hasta un avión)

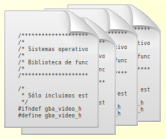
**Componentes fundamentales:**

- Gestión de tareas (cambio de tarea, gestión de la pila de cada tarea, ...)
- Planificación de tareas (determinista y con prioridades)
- Intercomunicación de tareas (buffers, mailboxes, colas de mensajes, ...)
- Sincronización de tareas (regiones críticas, semáforos, eventos, ...)
- Gestión de memoria y E/S (protección → **MPU**, memoria dinámica, ...)

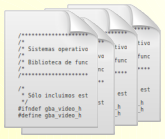
**Aplicaciones:** Multimedia, automoción, telecomunicaciones, dispositivos médicos, ...

# Uso de un RTOS

## RTOS



Código fuente



*Scripts* de configuración

Opcional

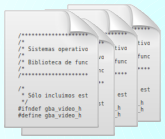
Port

BSP

A veces puede ir incluido en el RTOS

Un RTOS es una biblioteca que proporciona los servicios que necesita nuestra aplicación

## Aplicación



Código fuente

Bibliotecas de terceros

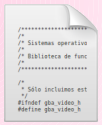
**Configuración y construcción**

## RTOS

rtos.a

Biblioteca

Ficheros de cabecera



*Script* de enlazado

BSP, Procesos, comunicación, sincronización, etc.

**Enlazador**

**Firmware**

Dependiendo de la plataforma y del RTOS puede que ya esté portado a nuestra plataforma o que tengamos que portarlo

# *General Purpose Operating Systems* (GPOS)

Objetivo: Permitir la ejecución de múltiples aplicaciones / widgets

Características:

- Memoria virtual → **MMU** (muchos más procesos que un RTOS, más escalable)
- Soporte multiprocesador, red, sistemas de ficheros, seguridad, multilengua, etc.
- Múltiples lenguajes de programación (Java, Python, Php, Perl, Ruby, TCL, etc.)
- Navegador Web, multimedia e interfaz al usuario ya integradas
- Interacción multimodal (Ventanas, 3D, multimedia, voz, gestual, etc.)
- Conectividad: TCP/IP, Wi-Fi, Bluetooth, 3G, 4G, NFC, …
- Disponibilidad de muchos más drivers y bibliotecas de código
- Múltiples distribuidores de software (*open source*, *markets*, etc.)
- Demanda de más memoria y más potencia de cálculo

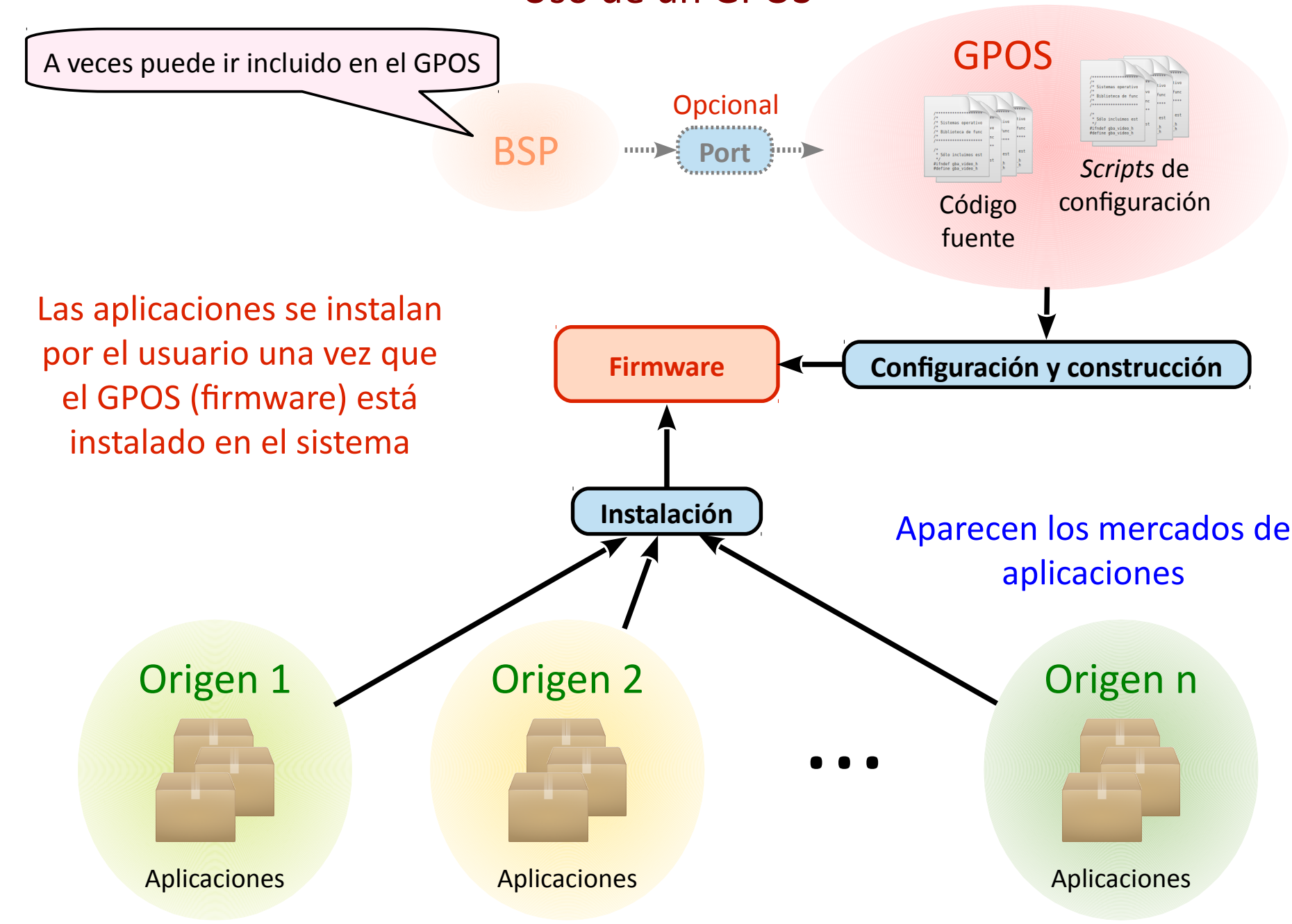
Ejemplos:

- Google Android, Apple iOS, Nokia Symbian, Microsoft Windows 7, Montavista Linux

Aplicaciones:

- Smartphones, Tablets, Smart TVs, e-Book readers, routers, Portable Media Players (PMP), …

# Uso de un GPOS



# Uso combinado de RTOS y GPOS

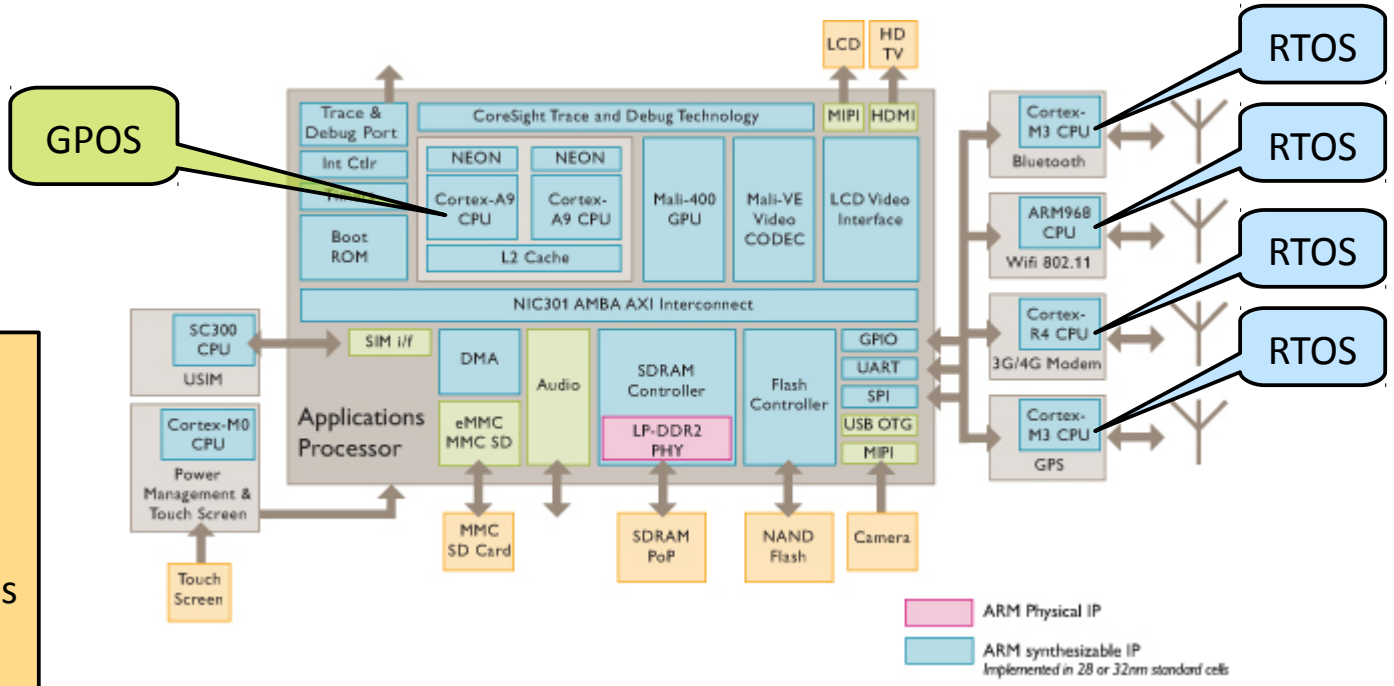
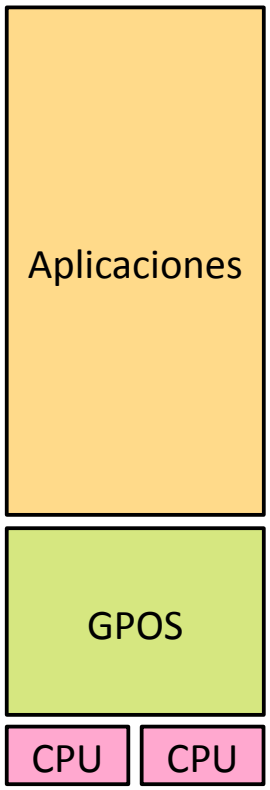
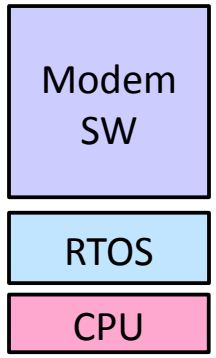



Diagrama de bloques de un smartphone

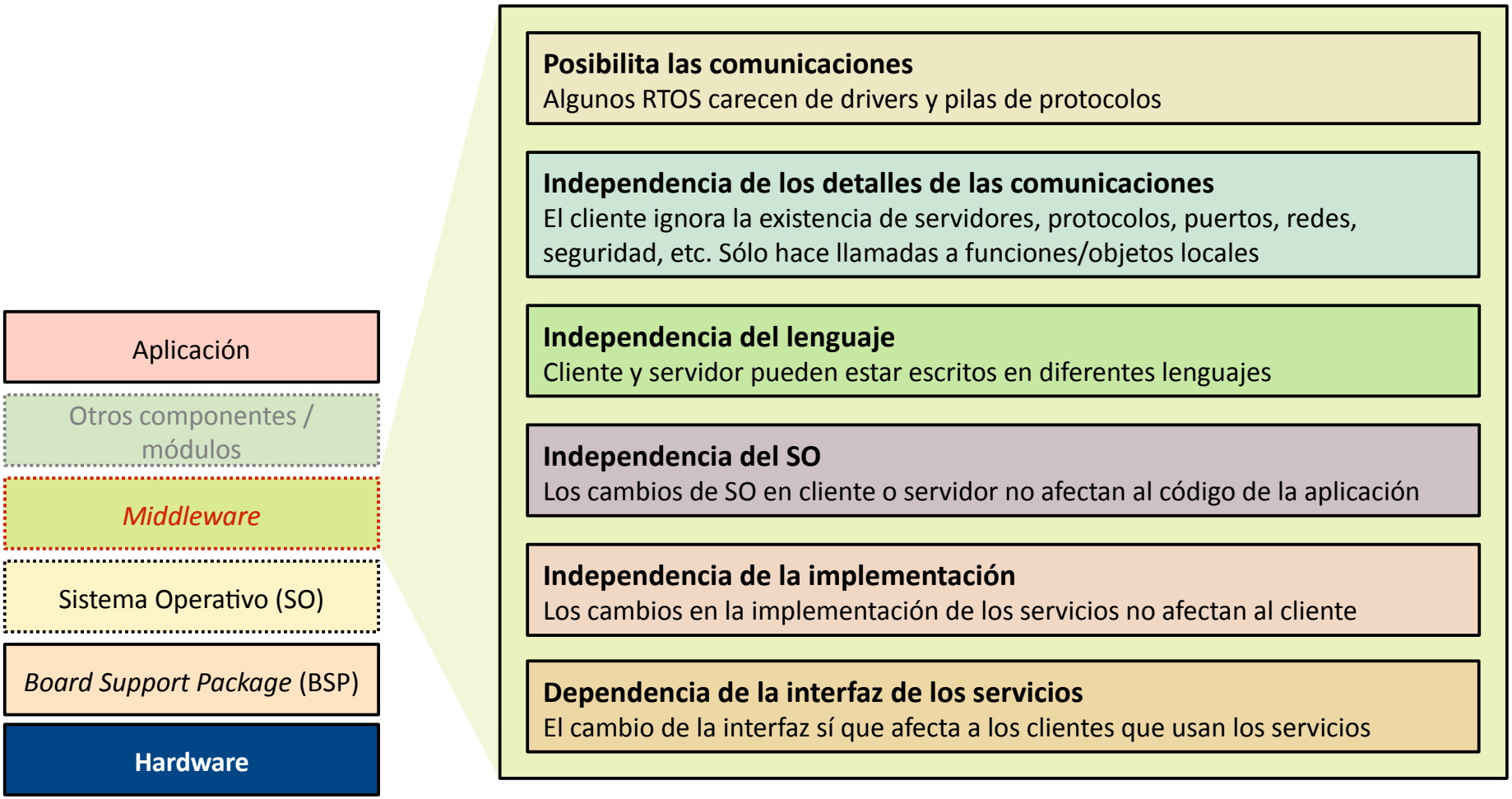


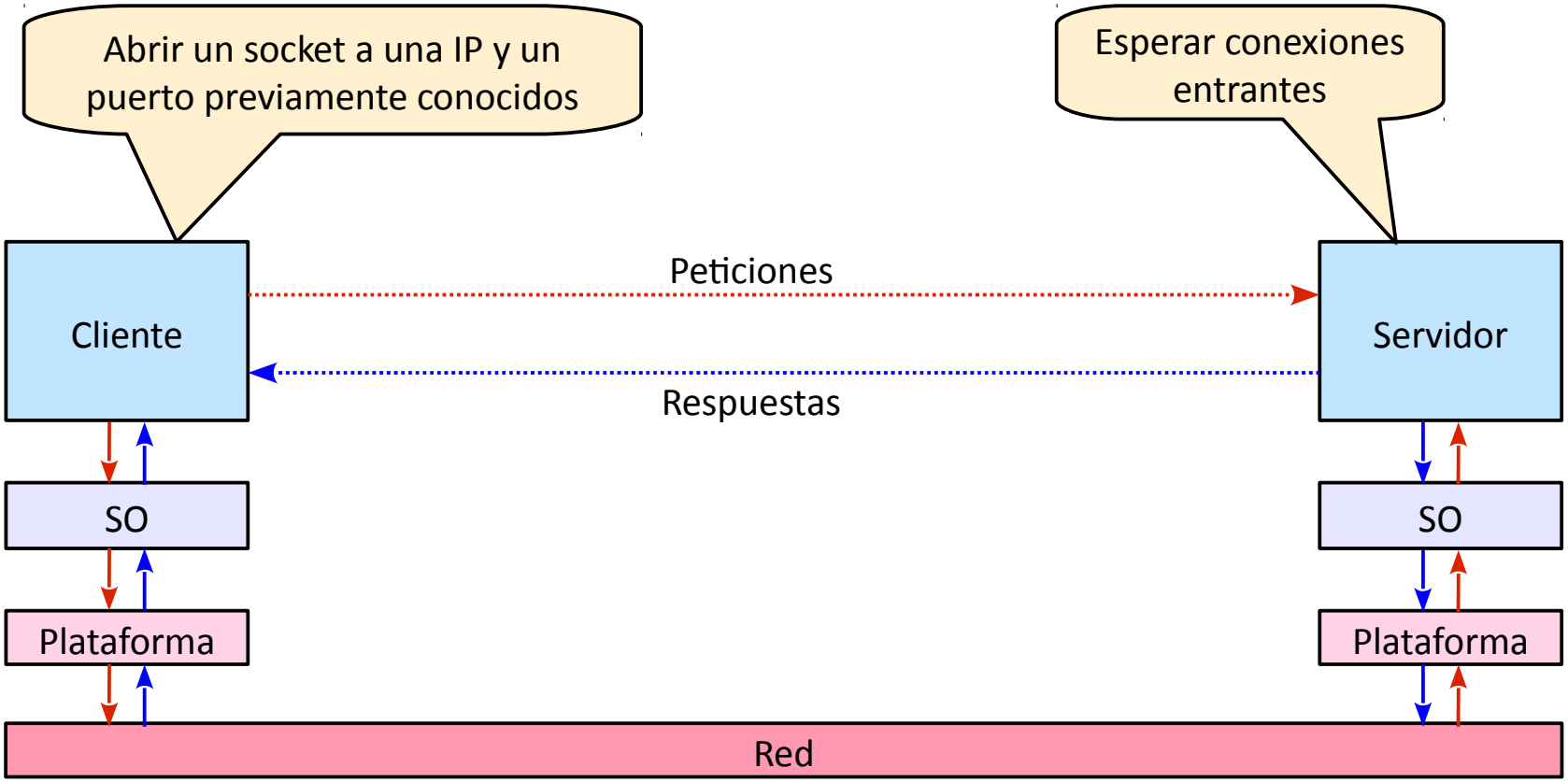

Fuente: ARM Markets. Smartphones
http://www.arm.com/markets/mobile/smartphones.php

# Necesidad de un *Middleware*

Proporciona interoperabilidad en los sistemas empotrados en red o distribuidos

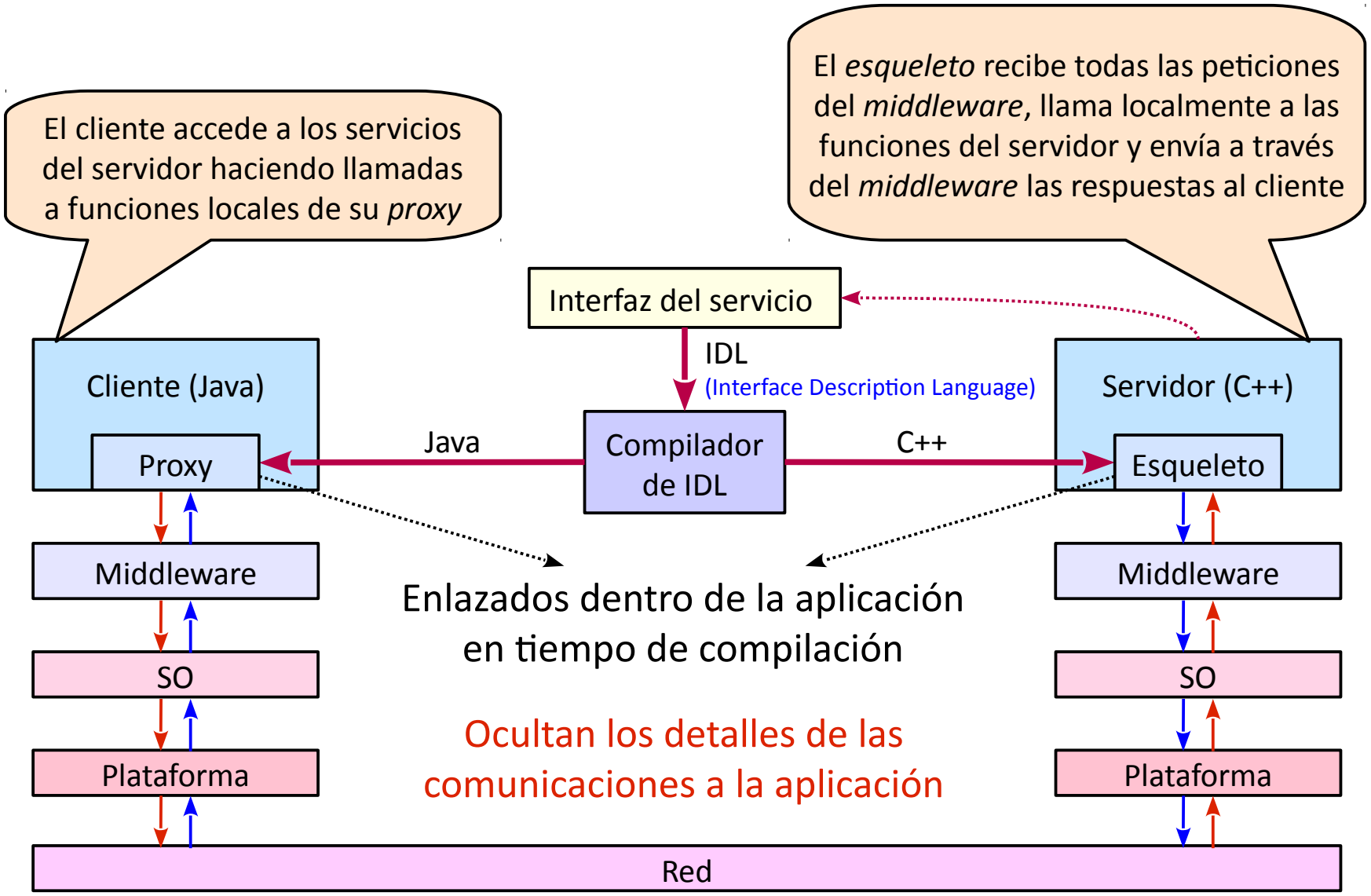


# Comunicaciones sin *middleware*



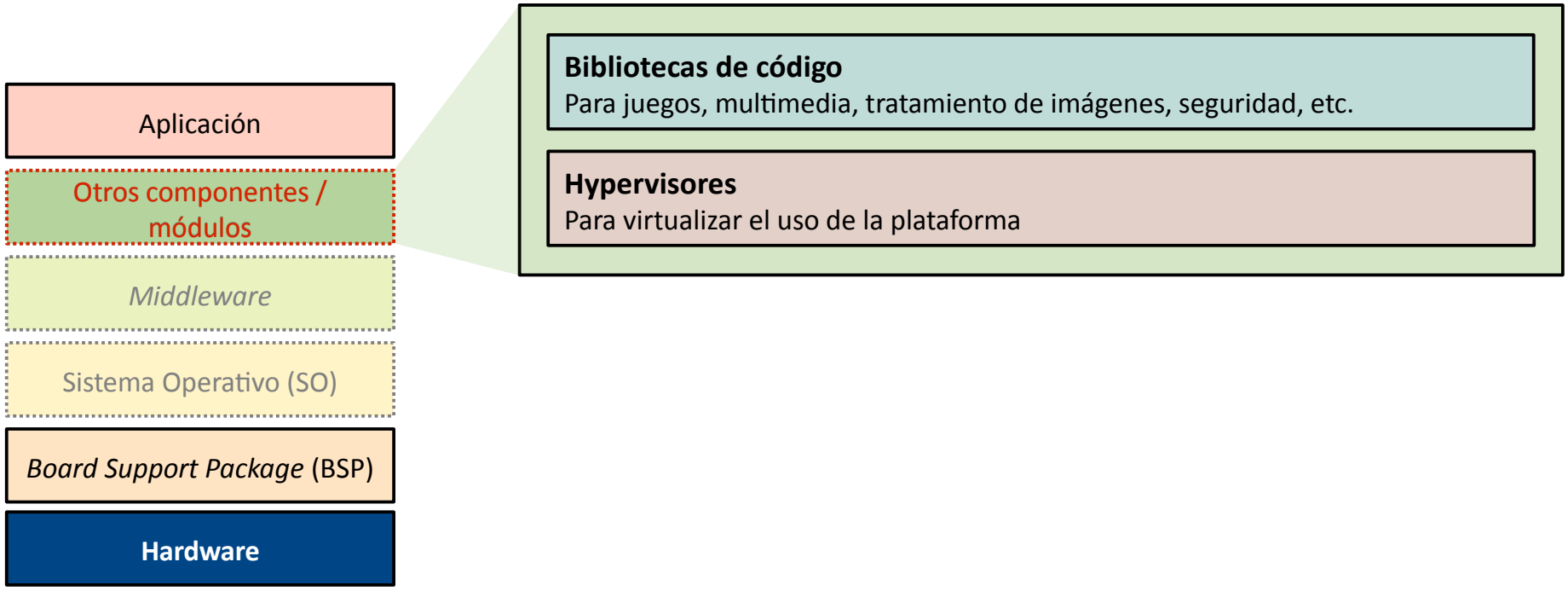

El código de gestión de las comunicaciones está mezclado con la lógica de la aplicación y es dependiente de detalles técnicos, como el protocolo de red , la dirección IP, el puerto, etc.

# Comunicaciones con *middleware*



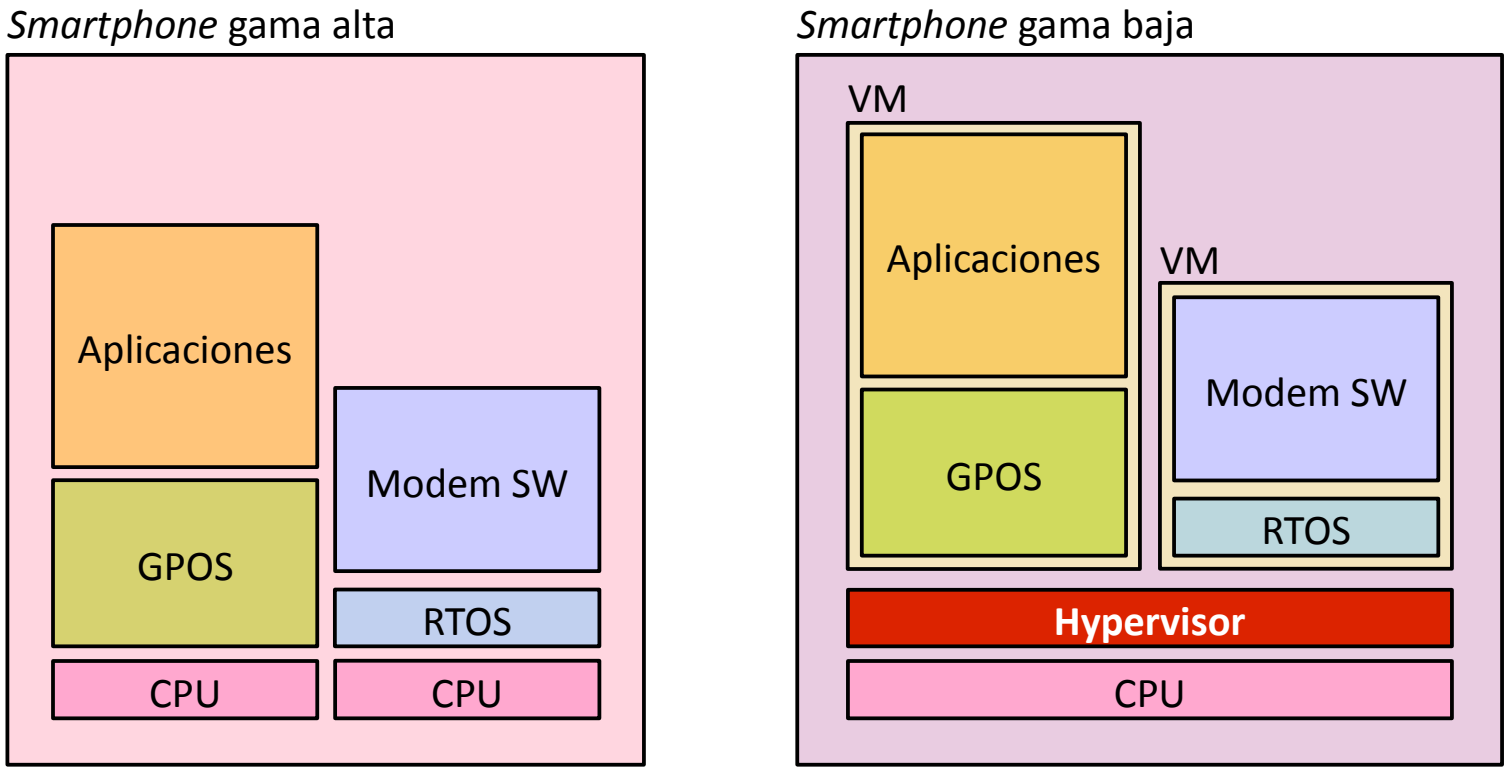
# Otros componentes / módulos

## Normalmente dependientes de la aplicación



# Hypervisores

Proporcionan entornos de ejecución virtuales para ejecutar varios sistemas operativos sobre la misma plataforma




Permiten obtener las prestaciones de un *smartphone* con el hardware de un teléfono convencional

Fuente:

S. Subar. Mobile Virtualization – Coming to a Smartphone Near You, junio 2010.
http://www.visionmobile.com/blog/2010/06/mobile-virtualization-coming-to-a-smartphone-near-you/

# Lecturas recomendadas

Software empotrado:

C. Walls. *Embedded Software. The Works*. Newness, 2006. Capítulo 2

Componentes del Firmware:

Q. Li, C. Yao. *Real-Time Concepts for Embedded Systems*. CMP Books, 2003. Capítulo 3

A. J. Massa. *Embedded Software Development with eCos*. Prentice Hall, 2003. Capítulo 2

A. N. Sloss, D. Symes y C. Wright. *ARM Systems Developer's Guide. Designing and Optimizing System Software*. Morgan Kaufmann, 2004. Capítulo 10

Altera. *Nios II Software Developer Handbook*. Capítulo 5
http://www.altera.com/literature/hb/nios2/n2sw_nii5v2.pdf

# Lecturas recomendadas

## Sistemas operativos:

Q. Li, C. Yao. *Real-Time Concepts for Embedded Systems*. CMP Books, 2003. Capítulo 4

P. A. Laplante. *Real-Time Design and Analysis, 3ª edición*. Willey, 2004. Capítulo 3

J. Labrose *et al*. *Embedded Software. Know it All*. Newnes, 2008. Capítulo 3

E. Sutter. *Embedded Systems Firmware Demystified*. CMP Books, 2002. Apéndice B

P. N. Leroux. *RTOS versus GPOS: What is best for embedded development?* Embedded Computing Design, Enero 2005. http://embedded-computing.com/pdfs/QNX.Jan05.pdf

D. Addison. *Embedded Linux applications: An overview.* IBM DeveloperWorks, Agosto 2001. http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-embl/index.html

B. Japenga. *Why Use Linux for Real-Time Embedded Systems.* http://www.microtoolsinc.com/Why%20Use%20Embedded%20Linux%20for%20Real%20Time%20Embedded%20Systems%20Rev%20A.pdf

## Middleware:

T. Noergaard. *Embedded Systems Architecture. A Comprehensive Guide for Engineers and Programmer*. Newnes, 2005. Capítulo 10