



# *Sistemas Empotrados*

**Jesús González Peñalver**

*Jornadas de Coordinación Docente y Empresas*

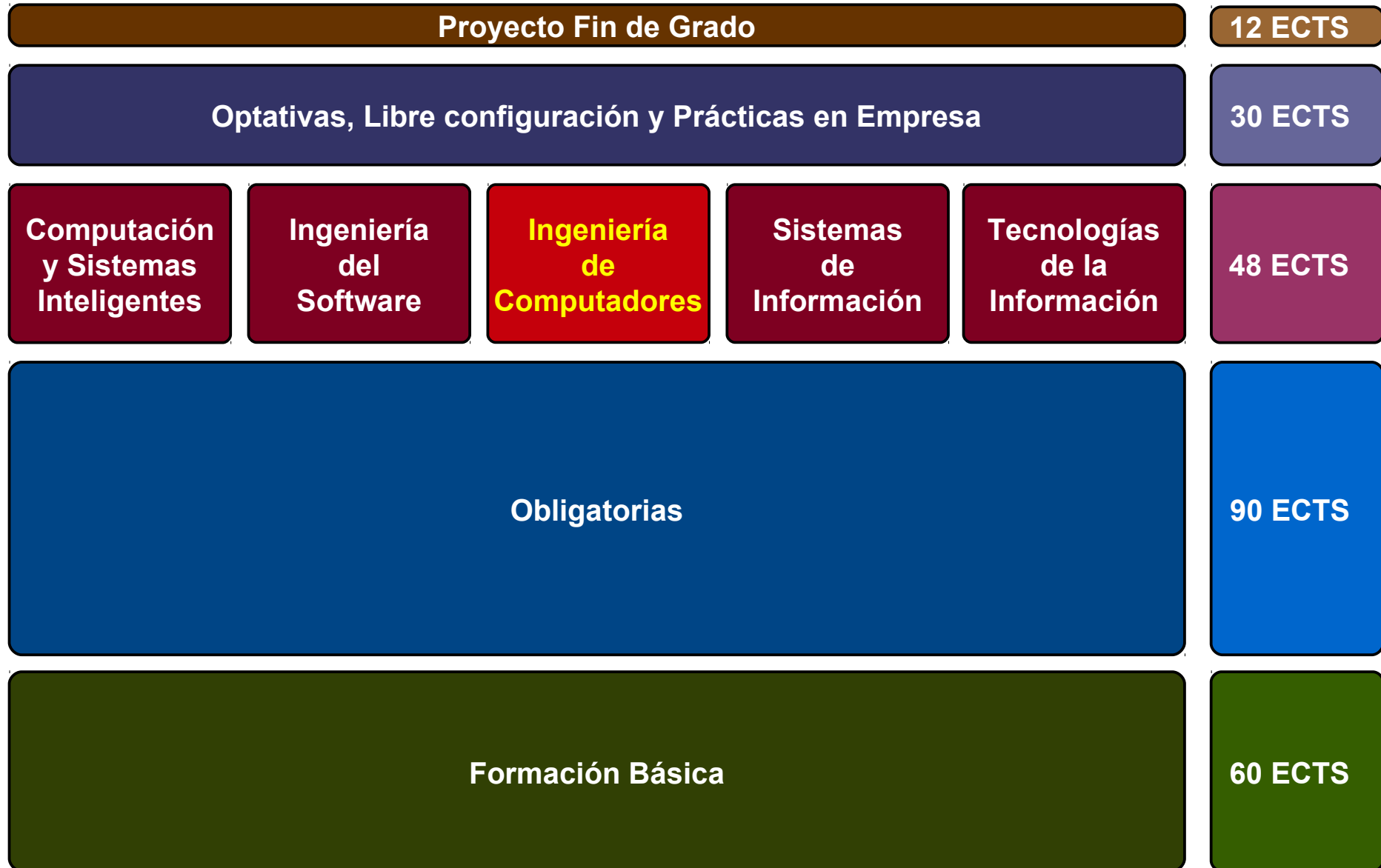
# Contenidos

## El plan de estudios de Grado en Informática

Plataforma de prácticas

Herramientas de desarrollo

# Estructura del Plan de Estudios



# Ingeniería de Computadores

## Materias del módulo

Sistemas de Cómputo de Altas Prestaciones

24 ECTS

Sistemas de Cómputo para Aplicaciones Específicas

24 ECTS

## Competencias del módulo

IC1

Capacidad de diseñar y construir sistemas digitales, incluyendo computadores, sistemas basados en microprocesador y sistemas de comunicaciones

IC2

Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empotrados, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas

IC3

Capacidad de analizar y evaluar arquitecturas de computadores, incluyendo plataformas paralelas y distribuidas, así como desarrollar y optimizar software de para las mismas

IC4

Capacidad de diseñar e implementar software de sistema y de comunicaciones

IC5

Capacidad de analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real

IC6

Capacidad para comprender, aplicar y gestionar la garantía y seguridad de los sistemas informáticos

IC7

Capacidad para analizar, evaluar, seleccionar y configurar plataformas hardware para el desarrollo y ejecución de aplicaciones y servicios informáticos

IC8

Capacidad para diseñar, desplegar, administrar y gestionar redes de computadores

# Sistemas de Cómputo para Aplicaciones Específicas

## Asignaturas de la materia

Desarrollo de Hardware Digital

6 ECTS

Sistemas con Microprocesadores

6 ECTS

Sistemas Empotrados

6 ECTS

Diseño de Sistemas Electrónicos

6 ECTS

## Competencias de la materia

IC1

Capacidad de diseñar y construir sistemas digitales, incluyendo computadores, sistemas basados en microprocesador y sistemas de comunicaciones

IC2

Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empotrados, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas

IC5

Capacidad de analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real

# Sistemas Empotrados

## Contenidos

Metodología y herramientas de trabajo para sistemas empotrados

Selección de la plataforma y el procesador

Software de sistema y configuración

Desarrollo de drivers

Sistemas seguros y críticos para aplicaciones empotradas

Sistemas multi-núcleo

# Sistemas Empotrados

## Objetivos formativos

Analizar sistemas empotrados. Identificar las características que diferencian a los sistemas de cómputo empotrados de los de propósito general

Seleccionar la plataforma más apropiada en función de los requerimientos del sistema empotrado

Seleccionar, configurar y usar herramientas de desarrollo y depuración de un sistema empotrado

Desarrollo de firmware para aplicaciones empotradas

Desarrollar controladores para los periféricos del sistema empotrado con distintos niveles de abstracción

Optimizar el código empotrado para la arquitectura del sistema, haciendo énfasis en maximizar las prestaciones y minimizar el consumo de energía

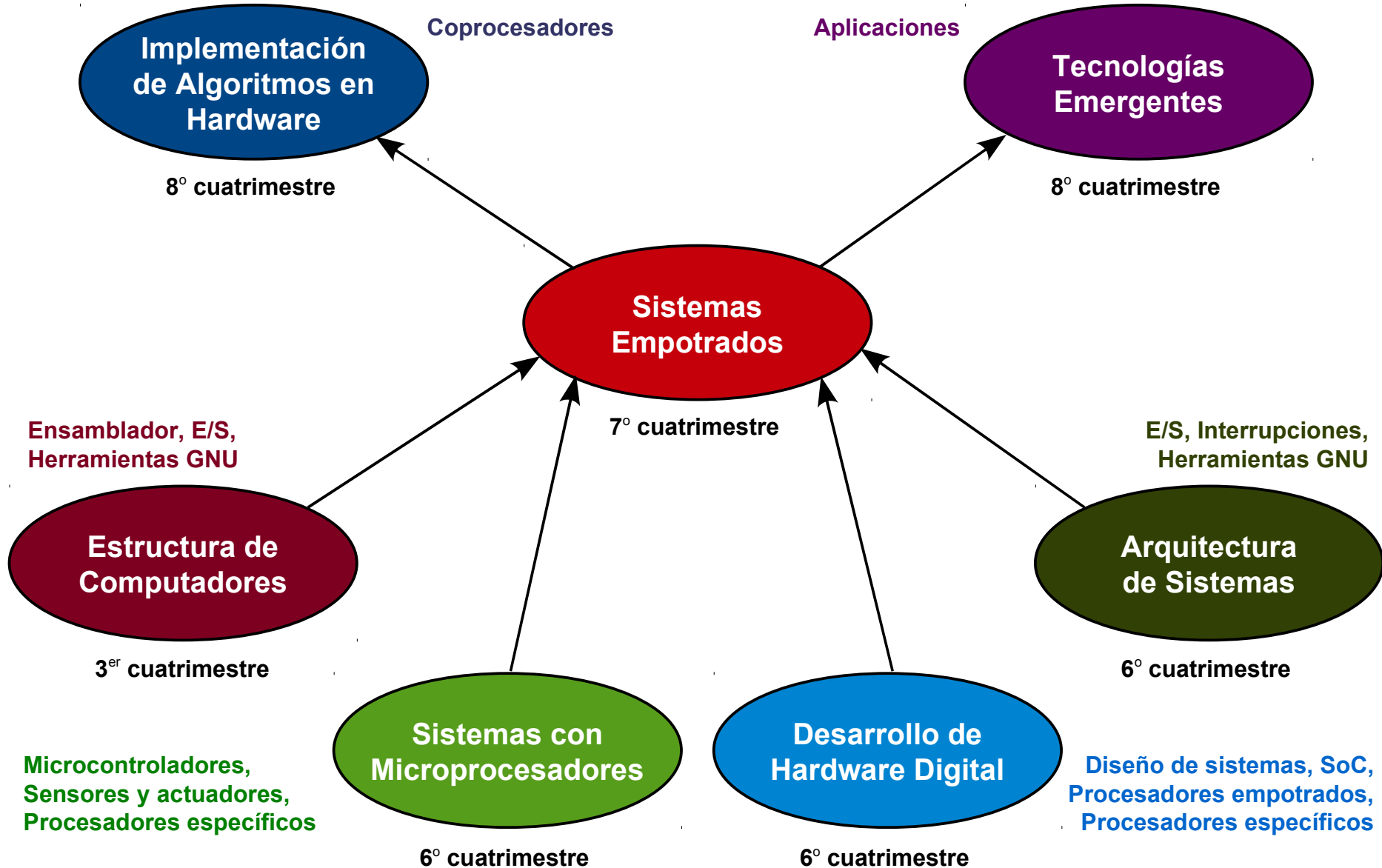
Caracterizar un sistema operativo empotrado. Selección, configuración y uso

Entender y manejar niveles de fiabilidad y tolerancia a fallos de un sistema empotrado. Aplicar técnicas de diseño y herramientas de prevención de los mismos

Identificar las certificaciones existentes para sistemas empotrados seguros

Identificar y argumentar la necesidad de usar varios procesadores o núcleos en un sistema empotrado

# Interacciones con otras asignaturas





# Contenidos

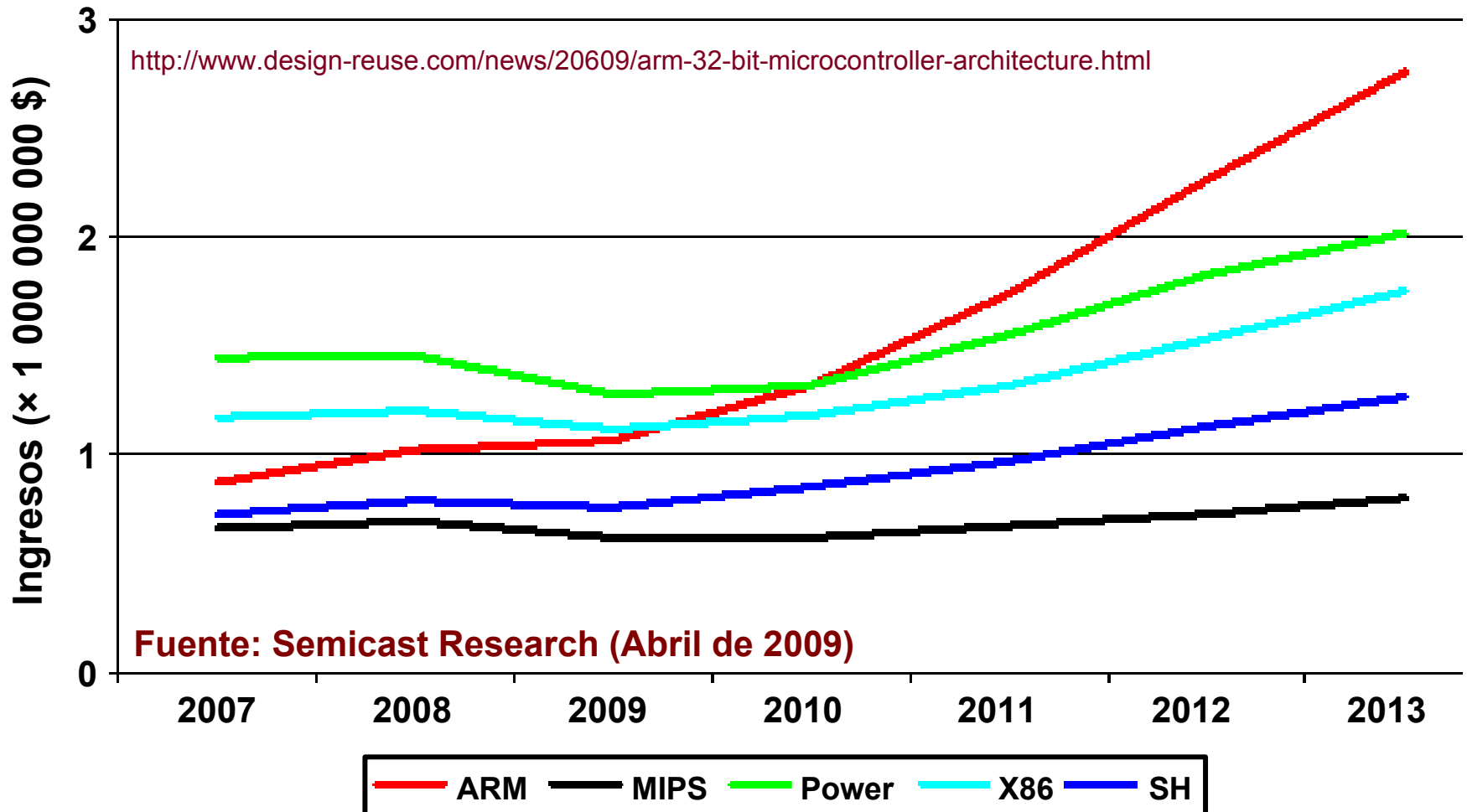
El plan de estudios de Grado en Informática

**Plataforma de prácticas**

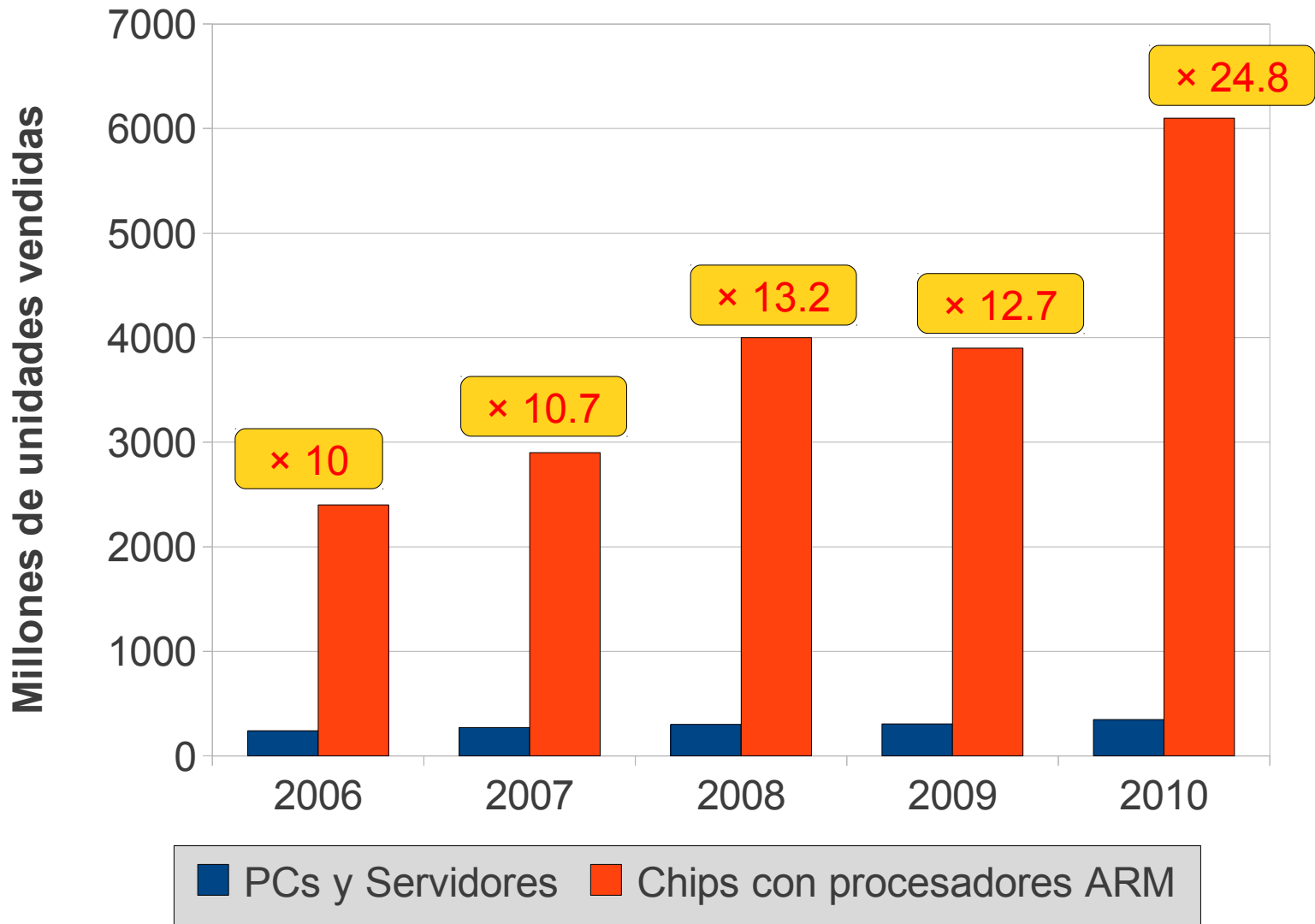
Herramientas de desarrollo

# Tendencias del mercado

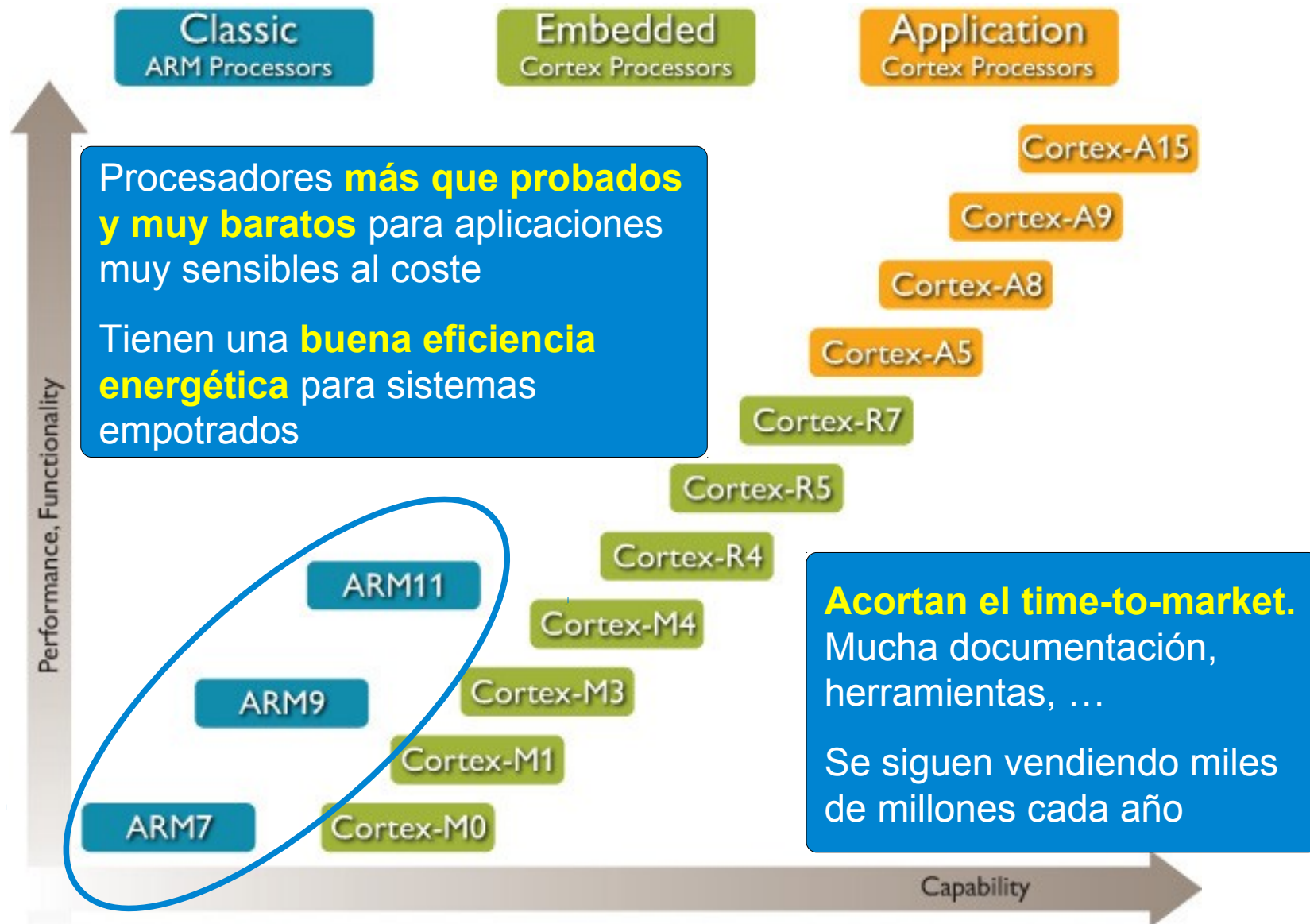
Pronóstico de ventas de procesadores empotrados de 32/64 bits



## ¿Qué procesadores son los más vendidos?



# Familias de procesadores de ARM



# ARM7

**Lanzamiento:** 1994

**Objetivos:** Teléfonos móviles, agendas, impresoras, cámaras, PDAs, ...

**Tecnología:** 800 nanómetros, 33 MHz

## ARM7TDMI(-S)

**Arquitectura:** ARMv4T

**Características:** Pipeline de 3 etapas, modo de ejecución **T**humb, soporte para **D**epuración, **M**ultiplicador hardware, **I**CE. Hay versiones **S**intetizables

**Prestaciones:** 0.9 DMIPS / Mhz

**Consumo:** 0.8 mW / Mhz

## ARM7EJ-S

**Arquitectura:** ARMv5TEJ

**Características:** Pipeline de 5 etapas, añade **E**nhanced DSP y modo de ejecución **J**azelle

**Prestaciones:** 1 DMIPS / MHz

**Consumo:** 1.5 mW / Mhz

# Aplicaciones del ARM7



**Nintendo Gameboy Advance (2001)**  
Consola de videojuegos



**Apple iPod (2001)**  
Reproductor multimedia



**Nokia 3300 (2003)**  
Teléfono móvil



**Kodak EasyShare LS753 (2004)**  
Cámara



**Ramos RM970 PMP (2007)**  
Reproductor multimedia



**Allerta inPulse (2011)**  
Smartwatch

# ARM9

**Lanzamiento:** 1997

**Objetivos:** Teléfonos móviles, buscas, smartphones, decodificadores de TV, ...

## ARM946E-S (1999)

**Arquitectura:** ARMv5TE

**Tecnología:** 250 nanómetros, 160 MHz

**Características:** Pipeline de 5 etapas, arquitectura Harvard, MPU, TCMs, **T**humb, soporte para **D**epuración, **E**nhanced DSP, **S**intetizable

**Prestaciones:** 1.1 DMIPS / Mhz

**Consumo:** 2.5 mW / Mhz

## ARM926EJ-S (2000)

**Arquitectura:** ARMv5TEJ

**Tecnología:** 180 nanómetros, 200 MHz

**Características:** Cambia la MPU por MMU, mejora el repertorio **E**nhanced DSP y añade el modo de ejecución **J**azelle

**Prestaciones:** 1.1 DMIPS / MHz

**Consumo:** 1.5 mW / Mhz

# Aplicaciones del ARM9



**Nintendo DS (2004)**  
Consola de videojuegos



**HTC TyTN (2006)**  
Teléfono móvil 3G



**Canon EOS 5D Mark II (2008)**  
Cámara



**LG Arena (2009)**  
Smartphone



**Archos 7 (2010)**  
Tablet



**Hero H2000 (2011)**  
Smartphone chino Dual-sim



# ARM11

**Lanzamiento:** 2002

**Objetivos:** Cámaras digitales, smartphones, e-book readers, media centers, ...

## ARM1136J(F)-S (2002)

**Arquitectura:** ARMv6

**Tecnología:** 130 nanómetros, 533 Mhz

**Características:** Pipeline de 8 etapas, MMU, Extensiones SIMD para multimedia, TCMs, **T**humb, **J**azelle, **E**nhanced DSP, **S**intetizable, Opción de **VFP**

**Prestaciones:** 1.13 DMIPS / Mhz

**Consumo:** 0.38 mW / Mhz

## ARM1176JZ(F)-S (2004)

**Arquitectura:** ARMv6KZ

**Tecnología:** 130 nanómetros, 550 Mhz

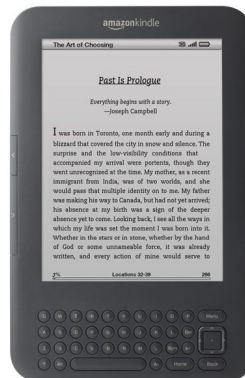
**Características:** Añade la tecnología de seguridad Trust**Z**one y soporte básico para Adobe Flash

**Prestaciones:** 1.25 DMIPS / MHz

# Aplicaciones del ARM11



**Apple iPhone 3G (2008)**  
Smartphone



**Amazon Kindle 2 (2009)**  
Lector de e-books



**Mobinova Elan (2009)**  
Netbook



**iRobot aPad (2010)**  
Clon chino del iPad

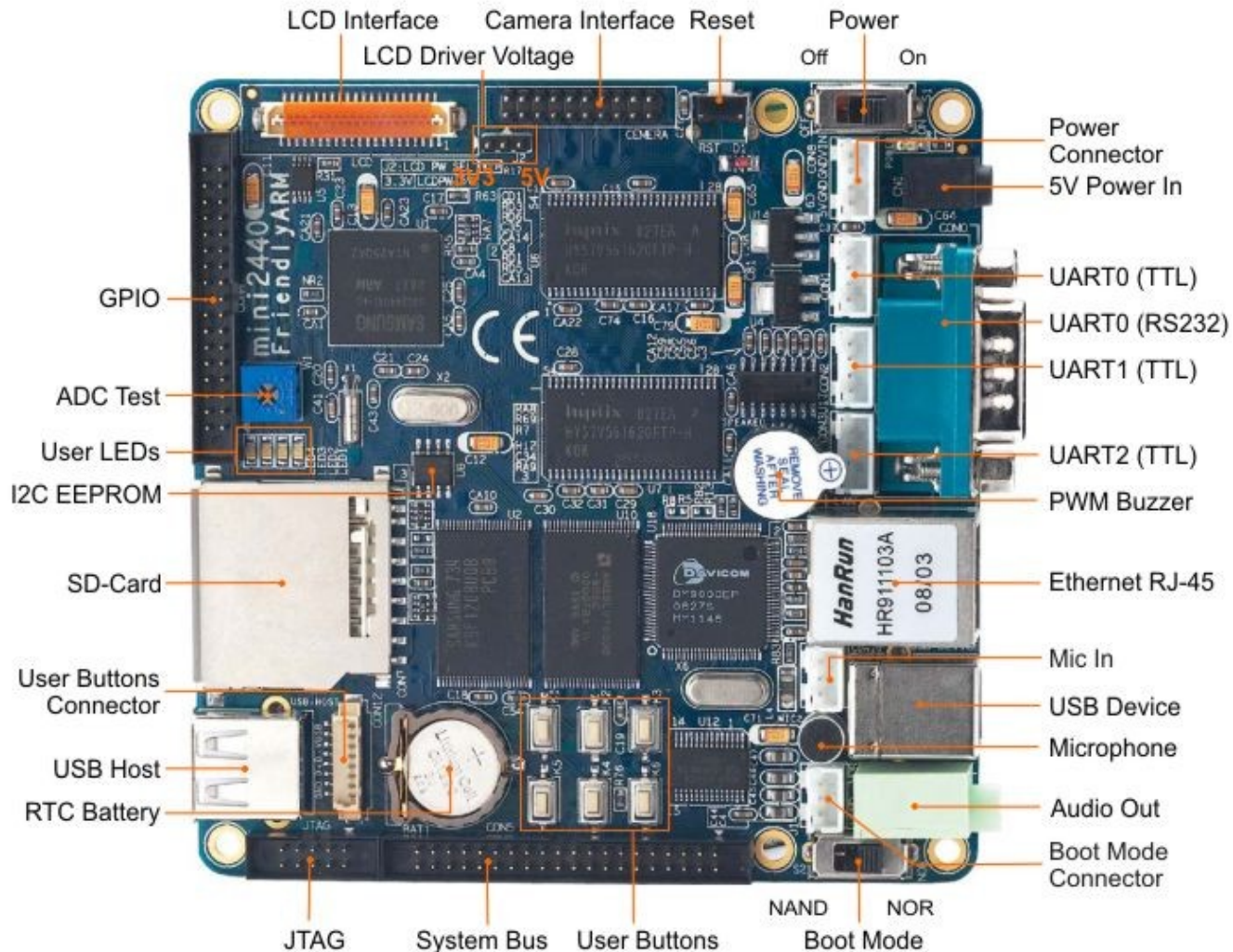


**Nintendo 3DS (2011)**  
Consola de videojuegos



**Nokia X7 (2011)**  
Smartphone

# Plataforma seleccionada (de momento...): Mini2440



Barata, muchos periféricos disponibles y una comunidad importante de desarrolladores detrás

# Samsung S3C2440A (Procesador de la Mini2440)

## Procesador:

ARM920T

## Memorias:

Caches de 16KB de Instrucciones y 16KB de Datos, MMU, 4KB RAM, NAND Flash Boot Loader

## Controladores:

Interrupciones, Memoria Externa, LCD, 4ch DMA, 3-ch UART, Multi Master IIC-BUS, IIS-BUS

## Interfaces:

SD & Multi-Media Card, 2-ch SPI, AC97 CODEC, Cámara, 2-port USB Host, USB Device, Touch Screen, 130 pines GPIO

## ARM920T:

Arquitectura de 32 bits + MMU

Puede ejecutar Windows, Linux, Android, etc.



**Acer n321 (2006)**  
PDA



**Nokia 330 Auto Navigation (2006)**  
GPS

# Contenidos

El plan de estudios de Grado en Informática

Plataforma de prácticas

**Herramientas de desarrollo**

# Herramientas de desarrollo



GNU gcc

Compiladores

GNU binutils

Gestión de binarios

GNU gdb

Depuración

Open OCD

Newlib (para aplicaciones standalone)

GNU libc (para linux)

Bibliotecas de C