

# PLATAFORMAS SYSTEMS-ON-CHIP OMAP PARA EL DESARROLLO RÁPIDO DE SISTEMAS EMBEBIDOS

Sandra Elizabeth Argüello Jácome, Ing. Byron Roberto Navas Viera, Ing. Julio Cesar Larco Bravo

Escuela Politécnica del Ejército  
Departamento de Eléctrica y Electrónica  
Sangolquí, Ecuador

**Abstract - El presente documento describe el estudio, evaluación y descripción de metodologías sobre la Plataforma SoC (Systems-On-Chip) OMAP (Open Multimedia Application Platform), en su versión OMAP3530, sobre el módulo de evaluación EVM OMAP35x, para el desarrollo rápido y robusto de aplicaciones multimedia el cual sirva como modelo para futuras aplicaciones. Se incluirá un estudio sobre la arquitectura de Hardware (HW) y Software (SW) que conforman a la plataforma SoC, así como también de la tarjeta de evaluación. Se mencionarán los procedimientos de configuración, metodologías de desarrollo y herramientas para el desarrollo de aplicaciones sobre la plataforma para su funcionamiento sobre el sistema operativo Android. Finalmente se proponen un conjunto de ensayos, los cuales permitirán evaluar esta experiencia frente a otras soluciones SoC y Sistemas Embebidos.**

**Keywords - Sistemas Embebidos, OMAP3530, System-on-Chip, Android.**

## I. Introducción

El diseño de circuitos integrados complejos se ha visto sujeto a la Ley de Moore por casi cincuenta años, impulsando un increíble progreso tecnológico y económico. Como resultado, los semiconductores reducen su tamaño, mientras brindan mayor capacidad y mejor rendimiento, a un menor costo. Sin embargo estar a la par con la tendencia, representa significativos desafíos para los diseñadores, tales como la Brecha de diseño y el Time-to-Market. Es así como surgieron los SoC, para llenar dichos requerimientos.

System-on-Chip representa la mayor evolución en el diseño de circuitos integrados, y fue posible gracias al avance de la tecnología, que permitió la integración de la mayoría de componentes y subsistemas electrónicos en un solo Circuito Integrado (CI), pero más importante que esto, es entender como su diseño se encuentra integrado como un solo sistema. SoC implementa la reutilización de bloques de propiedad intelectual, además basa su diseño en plataformas, las cuales son muy utilizadas en la actualidad pues permiten reunir un conjunto de funcionalidades en arquitecturas comunes, las cuales pueden soportar una variedad de aplicaciones.

Tradicionalmente en un país en desarrollo como el Ecuador y en el Departamento de Eléctrica y Electrónica DEEE, básicamente se compra tecnología ya desarrollada y se la configura para aplicaciones particulares. Diseñar todo un sistema embebido y luego diseñar la estructura de software, requiere tiempo. A pesar de que el prototipo final es funcional; la calidad, confiabilidad, y costo impide su comercialización.

Se puede comprender muy bien los conceptos que están detrás de tecnologías avanzadas pero el no poder aplicar efectivamente estos conocimientos para diseñar productos propios es una limitación. Las estimaciones sobre Android para uso en smartphones han roto records, las ventajas del uso de plataformas SoC y sistemas abiertos como Linux en dispositivos embebidos indican que este es el camino a seguir en el futuro. La globalización y crisis mundial obligan a ser desarrolladores de tecnología electrónica y cambiar los modelos de negocios para poder sobrevivir.

En el presente documento, se estudia la tendencia de diseño de CI a través de las plataformas SoC OMAP propias de Texas Instruments, específicamente la versión OMAP3530, debido a su flexibilidad para la evaluación de aplicaciones orientadas hacia multimedia. La plataforma fue evaluada sobre el módulo de evaluación EVM OMAP3530 propio de MistralSolutions. Se desarrolla un estudio tanto de arquitectura, como de metodologías de desarrollo sobre la plataforma estudiada, así como también su comparación con otras plataformas existentes en el mercado.

## II. Plataforma SoC OMAP3530

OMAP es una Plataforma de Aplicaciones, la cual permite que funciones multimedia sean incluidas en Smartphones 2.5G - 3.5G y PDAs (Personal Digital Assistants). Estas funciones incluyen video, mensajería, navegación web, video conferencia, juegos, comercio móvil y otras tareas computacionalmente exigentes. Esta plataforma es sumamente importante en la actualidad ya que muchos teléfonos móviles como Nokia, Sony Ericsson, Motorola, Samsung, LG, entre otros, la utilizan. Soportan diversos Sistemas Operativos como Symbian, Android, Windows CE, Linux, además se encuentran relacionados con desarrolladores 3rd Party OMAP como ActionEngine,

Bitflash, Certicom, Comverse, Hi Corporation, Ideaworks 3D, Microsoft Windows Media, Packet Video, RealNetworks, SafeNet, SpeechWorks [1].

La plataforma OMAP constituye en sí una Jerarquía de Plataformas, las cuales pueden ser utilizadas en diferentes etapas de desarrollo.

### A. Arquitectura de Hardware (HW) SoC OMAP3530

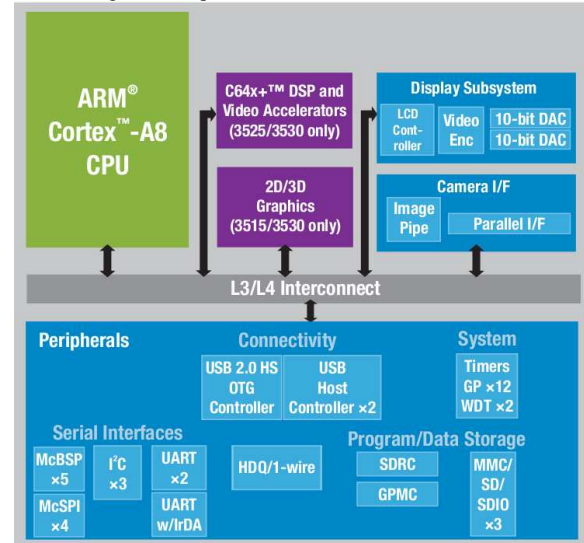
Las plataformas OMAP3530 integran procesadores RISC (Reduced Instruction Set Computer) de propósito general, aceleradores de hardware, memorias, periféricos, e interfaces, integran una arquitectura de doble núcleo que consiste de un procesador de propósito general ARM Cortex-A8 y uno DSP TI's C64x+ [2]. Desde su lanzamiento, la plataforma OMAP fue diseñada para optimizar el desempeño, consumo de energía y el time-to-market de los clientes desarrolladores. En él se pueden diferenciar importantes características de diseño SoC basado en plataformas, como lo es el diseño jerárquico, considerando a la arquitectura software, tan crítica como la de hardware, además implementan la reutilización IP como parte de su infraestructura. La tabla 1[2] presenta las características más sobresalientes de OMAP3530.

Tabla 1. Características Técnicas OMAP3530

Característica	DSP	GPP
CPU	TMS320C64x+™	ARM Cortex-A8
Frecuencia	520 MHz	720 MHz
On-Chip L1/SRAM	112 KB	32 KB
On-Chip L2/SRAM	96 KB	256 KB
RAM(KB)	64 KB	
ROM	16 KB	32 KB
EMIF	1 32-Bit SDRC, 1 16-Bit GPMC	
Tipos Memoria Externa	Soporta LPDDR, NORFlash, NANDflash, OneNAND, Asynch SRAM	
DMA(Ch)	64-Ch EDMA, 32-Bit Channel SDMA	
Video Port (Configurable)	1 Salida Dedicada, 1 Entrada Dedicada	
Acelerador Gráfico	1	
Pin/Package	423FCBGA, 515POP-FCBGA	
POP Interface	Yes (CBB)	
Core Supply (Volts)	0.8 V to 1.35 V	
IO Supply(V)	1.8 V, 3.0 V (MMC1 Only)	
Rango de Temperatura de Operación(°C)	0 to 90, -40 to 105	

La Figura 1. Muestra la arquitectura de Hardware del SoC OMAP3530. A continuación se realizará una breve reseña de algunos de los bloques que conforman la arquitectura OMAP3530 [2]:

Figura 1. Arquitectura de Hardware OMAP3530



#### ■ Microprocesador ARM @ Cortex TM-A8

Es un procesador de la familia de procesadores RISC ARM de alto desempeño, que es utilizado como procesador de Propósito General. Se encarga del procesamiento de códigos de control. Sobre él corre el sistema operativo y aplicaciones de usuario.

#### ■ TMS320DMC64X+ VLIW DSP core

Define el subsistema IVA (Image Video and Audio Accelerator), el cual es propio de Texas Instruments y se encuentra implementado en OMAP35xx. Se encarga de manejar el procesamiento de señales, como video, procesamiento de voz y audio. El procesamiento de señales realizado por el procesador DSP consume mucha menos energía.

#### ■ POWERVR SGXTM GPU

POWERVR, se encarga del procesamiento gráfico, funciona como un subsistema para la aceleración de gráficos 2D y 3D, que soportan OpenGL 2.0 y DirectX 10.1 Shader Model.

#### ■ Periféricos

Incluye numerosos interfaces para conectar periféricos o dispositivos externos. Se tienen periféricos de interfaces seriales, de conectividad, de sistema, de almacenamiento, para el subsistema de display, y cámara.

### B. Arquitectura de Software (SW) SoC OMAP3530

En OMAP3530, el desarrollo de aplicaciones se realiza mediante la abstracción de la arquitectura de software DSP desde el entorno GPP, esto permite que el procesador ARM CortexTM-A8 utilice funciones de TMS320DMC64X+ VLIWX remotamente, y para el desarrollador la percepción

de este enlace es transparente, es decir que GPP es visto como el maestro del sistema o como el procesador “host”. Texas Instruments utiliza esta arquitectura basándose en tres elementos [1]:

- Un conjunto de APIs (Application Programming Interfaces) muy bien definidas sobre un Sistema Operativo de alto nivel corriendo sobre el GPP. Codec Engine es un conjunto de APIs utilizados para instanciar y correr algoritmos xDAIS.
- Un sistema de software que vincule aplicaciones del GPP a componentes del DSP como codecs de video y audio, llamado BIOS/DSP Bridge.
- Un Estándar para componentes DSP bien definido, que permita que sean fácilmente encapsulados en el framework OMAP, llamado eXpressDSP™ propio de TI, utiliza algoritmos Algorithm Interoperability Standard (xDAIS) y eXpressDSP Digital Media (xDM)..

Además es necesario considerar la interface DMAI (Multimedia Application Interface) la cual se encuentra como una capa delgada en la parte superior del Sistema Operativo y Codec Engine que es utilizada para el rápido desarrollo de aplicaciones.

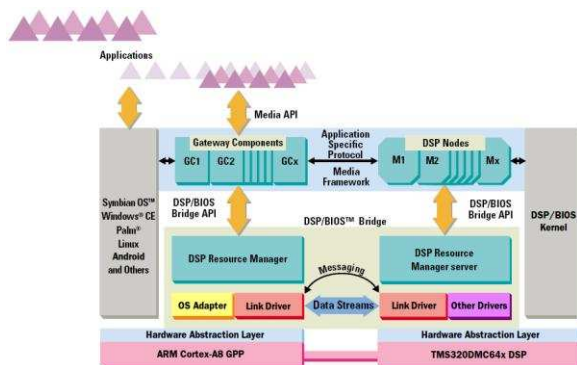


Figura 2. Arquitectura de Software OMAP

DSP/BIOS Bridge es el sistema que “permite multiprocesamiento asimétrico en plataformas que contienen un procesador GPP y uno o más procesadores DSP adjuntos”[3]. DSP/BIOS Bridge es una combinación de software, para ambos procesadores que vincula ambos sistemas operativos. Este enlace de vinculación permite a las aplicaciones de los procesadores GPP y el DSP una forma eficaz de comunicación de mensajes y datos en un dispositivo independiente. Los componentes de la arquitectura de software para OMAP3530 Figura 2.

### III. Tarjeta EVM OMAP3530

OMAP es una Plataforma SoC, la cual, para su evaluación utiliza módulos de desarrollo que ofrecen una base estable

sobre la cual probar sus cualidades, proveen de periféricos que posibilitan su comunicación con el exterior, e incluyen módulos extra para aumentar las posibilidades de desarrollo. EVM OMAP35x de Mistral es una plataforma aplicación de bajo costo y de fácil utilización. Basa su funcionamiento en el procesador TI OMAP3530. Está diseñado con una arquitectura modular y extensible. La OMAP3 EVM ayuda a los desarrolladores a aprovechar las ventajas de un procesador OMAP3 de gran alcance.

### A. Arquitectura de Hardware (HW) EVM OMAP353

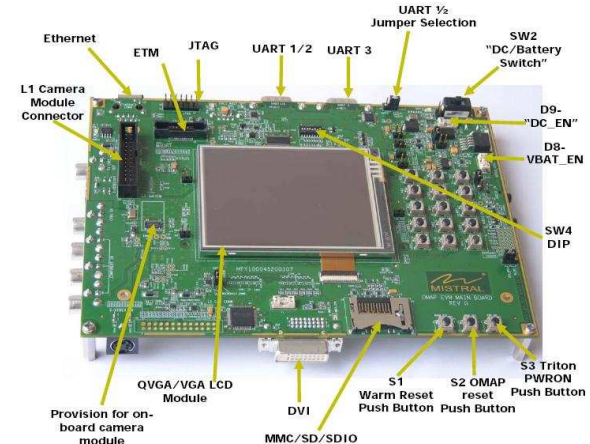


Figura 3. EVM OMAP35x Main Board (Vista Superior)

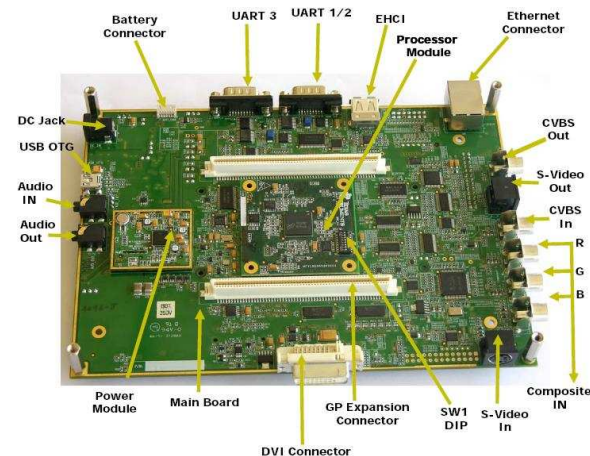


Figura 4. EVM OMAP35x Main Board (Vista Posterior)

EVM se encuentra diseñado con una arquitectura modular y extensible, compuesta por cuatro módulos interconectados:

- OMAP35x EVM Main Board: Interfaces y conectores.
- OMAP Processor Module: SoC OMPA3530 de alto rendimiento y Memoria PoP Micron
- TPS65950 Power Module: TPS65950 Integrated Power Management





## V. Metodologías de Desarrollo

### A. Software Development Kit (SDK)

TI ofrece un SDK para Android llamado DevKit para las versiones v2.1 (Eclair), v2.2 (Froyo) y v2.3 (GingerBread) [6]. El kit proporciona una base de software estable y probado en varios módulos de evaluación. Incluye Kernel Linux, Bootloader (U-Boot/x-loader), controladores y bibliotecas OpenGL para gráficas 3D, Benchmarking, ejemplos de aplicaciones y documentación. Se ofrece de forma gratuita sin restricciones.

A través del proyecto Rowboat se puede descargar los binarios necesarios para la configuración del sistema Android para que corra en la plataforma a sobre de una tarjeta SD.

- Linux Kernel de Android versión 2.6.32.
- u-boot: versión 2009.11
- x-loader: Bootstraper 1.45
- Filesystem: Se pueden utilizar dos versiones de Filesystem, esto permitirá realizar pruebas de desempeño. Aquí se los denominará Filesystem ARM y Filesystem ARM-DSP. Para las aplicaciones, pueden ser utilizados cualquiera de los dos, esto no influye en la implementación de aplicaciones, pero si en su desempeño.

**Filesystem ARM:** El procesamiento multimedia de un Filesystem ARM [7] no es manejado por el procesador DSP, incluido en subsistema IVA de OMAP3530, sino que el procesador de propósito general ARM se encarga del manejo multimedia. Es decir no existe comunicación interprocesador entre en procesador de propósito general ARM y el procesador DSP.

**Filesystem ARM-DSP:** El Filesystem ARM-DSP utilizado es la solución propuesta por el proyecto Rowboat [8] para utilizar el Subsistema de Procesamiento Digital de Señales DSP de OMAP

### B. Integrated Development Environment (IDE)

El sistema operativo Android ofrece la posibilidad de desarrollo de software con entornos de programación libres. La ventaja de Android es en el momento de programar aplicaciones, ya que no es necesario preocuparse de la interacción GPP – DSP ya que es realizado mediante un framework multimedia (OpenCORE), del cual hablaremos más adelante.

El IDE utilizado para el desarrollo de aplicaciones será Eclipse, el cual puede ser asociado con plug-in propios de Android que facilitan la interacción con la plataforma.

## VI. Sistema de Referencia OMAP-Multimedia (SRO-M)

Dentro de SRO-M se muestran diferentes métodos de programación con el objeto de cubrir una gran cantidad de opciones para el desarrollo Android, utilizando algunas prestaciones específicas del SoC OMAP3530, como es el caso de gráficas 3D, codificación y decodificación de audio y video, creación y lectura de archivos. La figura 6, presenta el menú principal.



Figura 6. Aplicación SRO-M - Menú

Sistema de Referencia OMAP-Multimedia se encuentra conformado por cinco aplicaciones independientes:

**Conversor de Unidades:** Es el primer ejemplo práctico de una actividad sencilla para transformar grados Fahrenheit a Celsius y viceversa.

**Cubo 3D:** (3D Graphics Rendering (OpenGL)), aplicación que presenta un Cubo 3D, utiliza las librerías OpenGL de gráficas 3D que es compatible con el subsistema acelerador gráfico POWERVR SGX de la plataforma. Describe un menú que indica el proceso para crear un cubo giratorio transparente en cada una de sus fases.

**Video Player:** Es un reproductor de video que muestra un video incluido en el sistema y ubicado en la tarjeta SD.

**Audio Recorder/Player:** Incluye dos programas destinados a la grabación de audio, el primero "SoundRecorder Android" es el método más sencillo para grabación de audio, es una simple llamada al programa predeterminado de Android para grabación de audio. El segundo es un programa "Audio Recorder/Player, mediante este se puede indicar el destino del archivo creado.

**About:** Despliega un mensaje para conocer más acerca del proyecto.

La figura 7 presenta las capturas de pantalla realizadas a las aplicaciones presentadas.

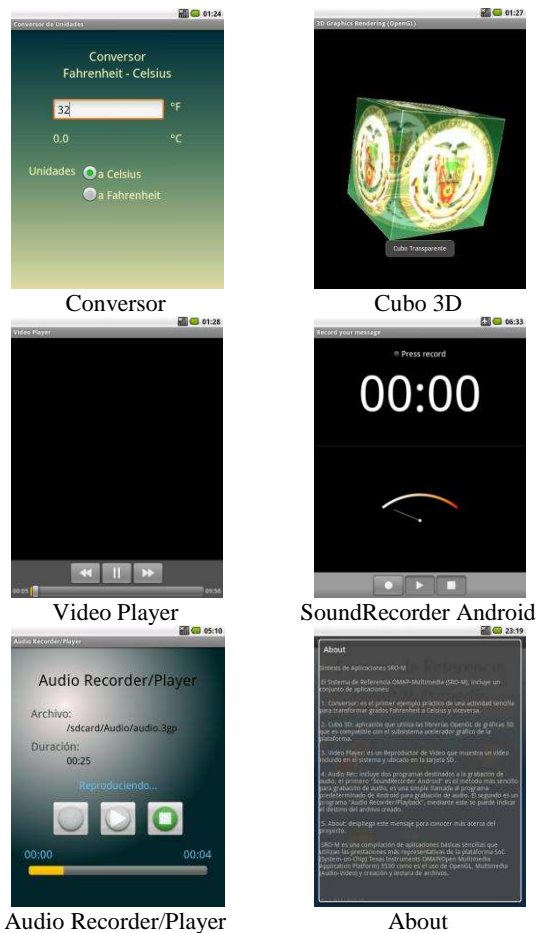


Figura 7. Aplicaciones SRO-M

## VII. Pruebas y Resultados

Las pruebas se enfocan en un análisis cualitativo, comparativo y de desempeño sobre las aplicaciones realizadas. El análisis será enfocado principalmente en el desempeño multimedia y procesamiento gráfico, sobre la plataforma EVM OMAP3530 y plataformas similares.

Al referirse a plataformas similares se debe considerar que este es un proyecto novel en el país y tal vez en Latinoamérica, por lo que ni el departamento DEEE u otra institución conocida cuentan con plataformas de desarrollo SoC de las mismas características que EVM OMAP3530, por lo que se optó por utilizar dispositivos comerciales como un Smartphone y Tablet Android que utilizaban multiprocesamiento a través de sistemas SoC ya instalados de fabrica y con poco nivel de configurabilidad de

hardware e incluso software. Los dispositivos utilizados fueron: Smartphone HTC Wildfire A3333 [9] y Tablet Acer Iconia Tab A500 [10]. La Tabla 2, presenta la comparativa entre estos dispositivos.

Tabla 2. Tabla comparativa OMAP3530 - HTC - Iconia

Modelo	Acer Iconia Tab A500	HTC Wildfire A3333	EVM OMAP3530
Chipset	Nvidia Tegra 250	Qualcomm MSM7225	OMAP3530
GPP	ARM Cortex-A9 (dual-core) 1 GHz	ARM1136E J-S 528 MHz	ARM Cortex-A8 720 MHz
DSP	Procesador embebido de Audio y Video de Alta Definición	QDSP5000 122 MHz	TMS320C6 4x+TM 520 MHz
GPU	NVIDIA ULP GeForce	Adreno 200	POWERVR SGX530
RAM	1 GB	384 MB	64 KB
Memoria Interna	16GB micro-SD	512 MB	GPP 16KB DSP 32KB
Chipset	Nvidia Tegra 250 SoC	Qualcomm MSM7225	OMAP3530
OS	Google Android 3.0 Honeycomb	Google Android 2.1 Eclair	Google Android 2.2 Froyo
Version Kernel	2.6.36.3	2.6.29-4266b2e1	2.6.32 a0393957@swubn01 #2
Tamaño	260 × 177 × 13.3 mm	106.8 × 60.4 × 12.2 mm	203.2 × 143.51 mm
Display	10.1"	3.2"	3.7"
Teclado	Pantalla sensible al tacto, multitouch	Pantalla sensible al tacto	Pantalla sensible al tacto
Formatos de Audio	MP3, WMA, AMR, OGG, AAC, AAC+, WAV	AAC, AMR, AWB, QCP, MP3, WMA, WAV, MIDI	ACC, AMR, FLAC, MP3, MIDI, Ogg, PCM/WAV E
Formatos de Video	MPEG-4, H.263, H.264, Xvid	AVI, MPEG-4, H.263, H.263, WMV	BMP, H.263, H.264, MPEG-4, VP8

Para evaluar el desempeño de la plataforma OMAP3530 se planteo tres escenarios: A, B, y C. El escenario A y B serán

llevados a cabo sobre la aplicación Reproductor de Video, el escenario C se realizará sobre la aplicación Cubo 3D.

### A. Escenario A

En el Escenario A se evaluará la incidencia del desempeño multimedia sobre el procesador de propósito general, cuando se reproducen videos a diferentes resoluciones. Los parámetros del escenario A, a continuación:

Tabla 3. Escenario A

Parámetros Fijos	Parámetros Variables
Formato Contenedor MP4	Resoluciones de Video
Parámetros de Video	SQCIF: 128 x 96
Codec: MPEG-4	QQVGA: 160 x 120
FPS: 30	QCIF: 176 x 144
Bitrate: 1264 Kbps	256 x 192
	QVGA: 320 x 240
	CIF: 352 x 288
	512x384
Parámetros Audio	VGA: 640 x 480
Codec: AAC	PAL: 768 x 576
Frecuencia: 44.1 KHz	SVGA: 800 x 600
Bitrate: 128 Kbps	832 x 624
Canales: 2	XGA: 1024 x 768

### B. Escenario B

El escenario B se basará en el análisis de desempeño multimedia sobre el procesador de propósito general, al reproducir videos con distintos FPS (Frames per Second). Los parámetros del escenario B, a continuación:

Tabla 4. Escenario B

Parámetros Fijos	Parámetros Variables
Formato Contenedor MP4	
Parámetros de Video	Frames per Second
Codec: MPEG-4	
FPS: 30	
Bitrate: 1264 Kbps	6.25 FPS
Resolución: VGA 640x480	10 FPS
	15 FPS
	30 FPS
Parámetros Audio	
Codec: AAC	
Frecuencia: 44.1 KHz	
Bitrate: 128 Kbps	
Canales: 2	

### C. Escenario C

El escenario C evaluará el procesamiento gráfico mediante la obtención de los FPS necesarios para generar una imagen.

Se obtendrán los FPS utilizados en el programa Cubo 3D. Se realizará sobre la plataforma EVM OMAP3530, sobre Tablet Acer Iconia A500 y sobre Smartphone HTC Wildfire. El análisis de carga de procesamiento DSP o GPP no influye en para esta prueba ya que el sistema gráfico es manejado por el procesador gráfico, en cada uno de los casos.

### D. Presentación y Análisis de Resultados

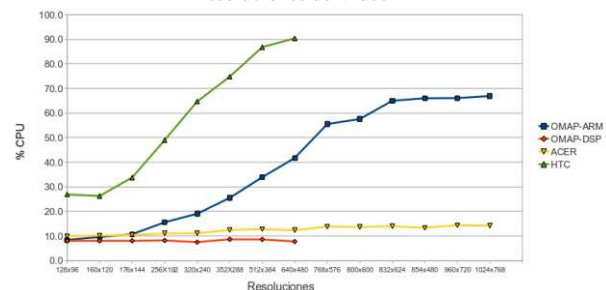
Los resultados representan el consumo de recursos sobre el procesador de propósito general. En el caso de la Tarjeta EVM OMAP3530 ARM es el GPP. Para evitar complicaciones, cuando la carga de multimedia sea manejada solamente por el procesador ARM, se lo denominará OMAP-ARM y cuando el procesamiento multimedia sea manejado por el DSP, se lo denominará OMAP-DSP.

**Escenario A:** El primer escenario representa al consumo de Recursos de procesamiento sobre el procesador de propósito general, para diferentes Resoluciones de Video. Los resultados se encuentran plasmados en la tabla 5 y Figura 8.

Tabla 5. Resultado Porcentaje de Utilización de CPU a diferentes Resoluciones de Video

Resolución	OMAP-ARM	OMAP-DSP	ACER	HTC
128x96	8.4	8.0	10.0	26.9
160x120	9.6	8.1	10.2	26.3
176x144	10.7	8.1	10.4	33.8
256x192	15.6	8.2	11.1	49.0
320x240	19.1	7.5	11.1	64.7
352x288	25.5	8.7	12.5	74.8
512x384	33.9	8.6	12.8	86.8
640x480	41.8	7.8	12.4	90.4
768x576	55.5		13.8	
800x600	57.6		13.6	
832x624	65.0		14.0	
854x480	66.0		13.4	
960x720	66.1		14.4	
1024x768	66.9		14.2	

Figura 8. Resultado Porcentaje de Utilización de CPU a diferentes Resoluciones de Video



Primero se debe analizar el desempeño OMAP, de la Tabla 5 se observa que la carga OMAP-DSP es un valor constante, no representa ni un 10% del consumo total de CPU, y además se observa que las resoluciones de video soportados por OMAP-DSP solamente llegan hasta una resolución VGA (640 x 480). A diferencia de OMAP-DSP, OMAP-ARM soporta un mayor rango de resoluciones de video, pero se observa además que el consumo de CPU incrementa hasta 80% para conseguirlo.

Para evaluar el desempeño de OMAP frente a otras soluciones SoC, se referirá a la Figura 8 Se puede observar que HTC representa la mayor carga para su procesador llegando hasta un 90% del consumo total, y al igual que OMAP-DSP soporta resoluciones de video hasta VGA (640 x 480). Su consumo de recursos es seguido OMAP-ARM. Acer presenta un incremento de carga muy ligero de un 4%, soportando todos los rangos de resolución utilizados. OMAP-DSP presenta el menor consumo de recursos de las cinco, su desventaja se centra en el limitado rango de resoluciones soportadas.

**Escenario B:** El segundo escenario representa al consumo de Recursos de procesamiento sobre el procesador de propósito general, para diferentes FPS para un video de resolución y demás parámetros de Video fijos. A continuación los resultados:

Tabla. 6. Resultado Porcentaje de Utilizacion de CPU a diferentes FPS de Video

FPS	OMAP-ARM	OMAP-DSP	Acer	HTC
6.25	19.3	4.4	9.6	55.0
10	25.1	5.0	10.5	75.0
15	29.7	5.0	11.2	86.0
25	37.5	7.0	11.9	89.0
30	41.8	7.8	12.4	90.4

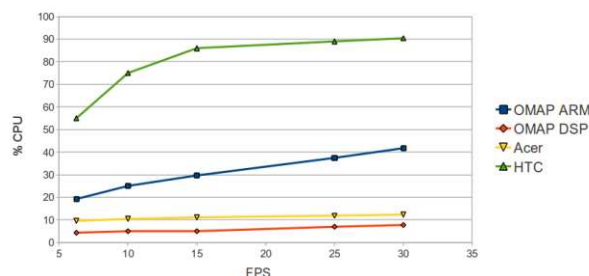


Figura. 9. Resultado Porcentaje de Utilizacion de CPU a diferentes FPS de Video

La Figura 9 representa el consumo de recursos del procesador para las plataformas. Casi todas muestran incrementos lineales conforme se incrementa los FPS del video. Para OMAP se observa nuevamente la relación entre el manejo multimedia en sus dos configuraciones. Su

relación es de 5 a 1 aproximadamente, por lo que resulta más adecuado el manejo multimedia a través de la configuración OMAP-DSP.

Con respecto a las demás plataformas, se concluye que OMAP-DSP representa un menor consumo de CPU, seguido por la tablet Acer y OMAP-ARM. Respecto a HTC, se observa un incremento de carga de alrededor de un 45%, que es un valor considerable para el procesador.

Es importante analizar la incidencia que tiene el uso de procesadores DSP sobre el procesador de propósito general GPP, ya que se acaba de comprobar que influye directamente sobre la carga de procesamiento. Puede ser decisivo para el desempeño de la tarjeta cuando además se sumen otros procesos que puedan correr simultáneamente con aplicaciones multimedia.

**Escenario C:** El tercer escenario representa la velocidad de actualización gráfica sobre la pantalla LCD de las plataformas experimentadas, mediante la medición de los FPS, es decir capacidad de actualización de los cuadros por segundo de los gráficos presentados, al renderizar la imagen. La Tabla 7 y Figura 10 indican sus resultados:

Tabla. 7. Resultado FPS en Procesamiento de Gráficos

Cubos	FPS OMAP	FPS HTC	FPS Acer
Cubo Básico	58.4	67.7	61.0
Cubo Iuminado	58.4	67.5	61.0
Cubo con Movimiento	58.4	67.3	61.0
Cubo con Textura	58.4	36.9	61.0
Cubo Transparente	58.4	37.5	61.0

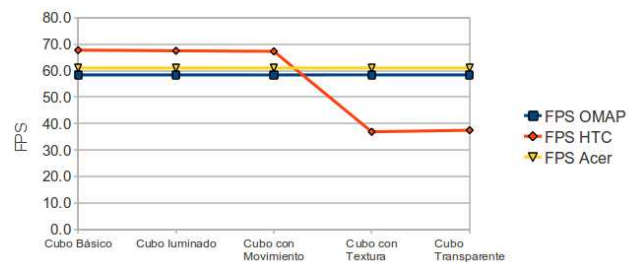


Figura. 10. Resultado FPS gráficos

No fue necesario analizar la tasa de FPS para OMAP-ARM y OMAP-DSP, ya que inciden de igual manera para las dos. El procesamiento de imágenes es manejado por el Procesador Gráfico en el SoC OMAP y de las otras plataformas. Se observa que tanto OMAP como Acer tienden a presentar FPS constantes, a diferencia de HTC que disminuye la tasa de FPS al colocar textura y transparencia al cubo. Esto quiere decir que su desempeño disminuye al aumentar el procesamiento de instrucciones gráficas. Realizando un promedio de tasa de FPS se



determinó que HTC presentaba un FPS de 55.4, es decir tiene el menor desempeño, seguido por OMAP y Acer.

## VIII. Conclusiones y Recomendaciones

Los System-on-Chip forman la mayor evolución en el diseño de circuitos integrados, ya que con su diseño se logra la optimización de desempeño, consumo de energía y time-to-market. El diseño de SoC con plataformas reduce aun más el tiempo de desarrollo al reunir un conjunto de funcionalidades y arquitecturas comunes para varios sistemas embebidos y reuniendo un conjunto de funcionalidades en arquitecturas comunes.

Esta tendencia de diseño pudo ser estudiada a través de las plataformas SoC OMAP3530, debido a su flexibilidad para la evaluación de aplicaciones orientadas hacia multimedia.

Se han podido diferenciar importantes características de diseño SoC basado en plataformas, como es el diseño jerárquico, considerando a la arquitectura software, tan crítica como la de hardware, y la reutilización de IP-Cores. Además se pudo analizar su arquitectura de Hardware y Software, así como también las posibles metodologías de diseño para la configuración del sistema y el desarrollo de aplicaciones.

Es necesario aclarar que los resultados presentados en el presente trabajo, son bastante lógicos ya que no es posible comparar las capacidades que tendrían las plataformas evaluadas, porque en cierta manera el tablet y el smartphone son dispositivos de propósito general, mientras que el EVM OMAP3530 utilizado es una plataforma de desarrollo (evaluación) que permite alta configurabilidad, mientras que los otros fueron optimizados ya para un mercado específico.

Al DEEE, se recomienda invertir en tecnología como la analizada en el presente trabajo, por la ventaja que constituyen para el desarrollo dentro del país. Aprovechando el potencial que representa este tipo de plataformas en innumerables aplicaciones. Estas pueden ser utilizadas para crear modelos de negocios que involucren un cambio de perspectiva para la industria ecuatoriana, para ofrecer capacitación a las industrias, o para incluirse en programas de posgrado o laboratorios de pregrado.

## IX. Referencias

[1] Cumming, P., The TI OMAP Platform Approach to SoC, in *Winning the SoC Revolution: Experiences in Real Design*, G. Martin and H. Chang, Editors. 2003, Kluwer Academic Publishers: Massachusetts.

[2] TI, Technical Reference Manual, ed. T. Instruments. 2010.

[3] TI, Programming Guide for DSP/BIOS™ Bridge. Texas Instruments Incorporated, ed. T.I. Incorporated. 2008.

[4] Google. Rowboat Android for Texas Instruments Devices (Sitara, Davinci and Integra). Google Project Hosting 2011 [cited 2011 ]; Available from: <http://code.google.com/p/rowboat/>.

[5] Gottardo, D., Android Multimedia Overview, in *System SW Architecture at Texas Instruments February 11th 2009*: France.

[6] TI. Android Development Kit for Sitara Microprocessors. 1995-2011 [cited 2011 ]; Available from: <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/androidsdk-sitara.html>.

[7] TI. TI\_Android\_DevKit 02\_00\_00 Product Download Page. Texas Instruments Incorporated 2010 [cited]; Available from: [http://software-dl.ti.com/dsps/dsps\\_public\\_sw/sdo\\_tii/TI\\_Android\\_DevKit/02\\_00\\_00/index\\_FDS.html](http://software-dl.ti.com/dsps/dsps_public_sw/sdo_tii/TI_Android_DevKit/02_00_00/index_FDS.html).

[8] TI. DSP stack integration Android for Texas Instruments Devices (Sitara, Davinci and Integra). Powered by Google Project Hosting 2011 [cited 2011 ]; Available from: [http://code.google.com/p/rowboat/wiki/DSP#Building\\_and\\_Testing\\_DSP\\_stack](http://code.google.com/p/rowboat/wiki/DSP#Building_and_Testing_DSP_stack).

[9] HTC. HTC Wildfire. 2011 [cited 2011 ]; Available from: <http://www.htc.com/europe/product/wildfire/specification.html>.

[10] Acer. ICONIA TAB A500. 2011 [cited 2011 ]; Available from: <http://acer.us/ac/en/US/content/iconia-tab-a500>.