

Análisis de consumo de energía en aplicaciones 3D para dispositivos móviles

Federico Cristina, Sebastián Dapoto, Pablo Thomas, Patricia Pesado

Instituto de Investigación en Informática LIDI,
Universidad Nacional de La Plata – Argentina
Centro Asociado Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

{fcristina, sdapoto, pthomas, ppesado}@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen. Actualmente, un requerimiento no funcional crítico en aplicaciones sobre dispositivos móviles es el consumo de energía. Si bien otras restricciones, como el poder de procesamiento y el tamaño de la memoria, han evolucionado notablemente a lo largo de los años, el aumento en la autonomía de las baterías no ha sido realmente pronunciado. Bajo este escenario, las aplicaciones en general, y especialmente las que incluyen entornos tridimensionales (3D) son cada vez más complejas, requieren un mayor poder de cómputo y por consiguiente generan un mayor consumo de energía. Por este motivo es importante tener en cuenta durante el desarrollo de una aplicación 3D, el eventual consumo de energía que ésta pueda implicar al ser utilizada por un lapso de tiempo determinado. El presente trabajo propone un conjunto de pruebas para evaluar la incidencia de las principales características de las aplicaciones 3D sobre el consumo de energía en dispositivos móviles.

Palabras Clave: Unity engine, dispositivos móviles, aplicaciones 3D, consumo de energía

1 Introducción

En la actualidad los dispositivos móviles forman parte de la vida cotidiana, tanto en el ámbito personal como en el profesional. En los últimos años, estos dispositivos se han vuelto mucho más sofisticados, permitiendo ejecutar aplicaciones complejas y con exigentes requerimientos de hardware.

Sin embargo, en lo que respecta a la autonomía de las baterías de los dispositivos móviles, los fabricantes han logrado paulatinamente aumentar la capacidad de dichas baterías, pero sin resultados notables.

La mayoría de los teléfonos inteligentes actuales tiene una autonomía de batería de a lo sumo dos días. Esto se debe a que todos los componentes del dispositivo móvil dependen del suministro de energía de la batería, especialmente el procesador y la pantalla, creando un compromiso entre el poder de procesamiento, la visualización y

la duración de la batería. Como consecuencia de esto, si una aplicación realiza un procesamiento intensivo, limitará el tiempo que el usuario puede usar el dispositivo.

Este mayor consumo plantea problemas para la evolución de la computación móvil, ya que los desarrolladores no pueden utilizar todo el potencial de la tecnología actual sin sacrificar el tiempo de vida útil de la batería.

El principal problema está dado porque la vida útil de las baterías de litio está determinada por la cantidad de ciclos de carga y descarga. Es decir, mientras más intensivamente se utilice el dispositivo, más rápido se deteriorará la batería. Por consiguiente, un usuario podría decidir desinstalar una aplicación cuyo consumo de energía sea considerado como excesivo.

Por todo esto, es imperioso desarrollar aplicaciones móviles considerando el consumo de energía que puedan producir. Esto toma mayor relevancia en las aplicaciones móviles 3D, dado que éstas son implícitamente demandantes de poder de cómputo y por consiguiente de consumo de energía.

A fin de lograr este objetivo, el presente trabajo propone una evaluación que permite aislar, analizar y dimensionar la incidencia de las principales características de las aplicaciones 3D sobre el consumo de energía en dispositivos móviles.

Esta evaluación brinda un soporte al ingeniero de software de aplicaciones móviles 3D, posibilitando la identificación de los factores que impactan mayormente en el consumo de energía, permitiendo ajustarlos hasta lograr minimizar el consumo.

El resto del trabajo se organiza del siguiente modo: la sección 2 describe la motivación; la sección 3 presenta en detalle la metodología de evaluación; la sección 4 exhibe la experimentación realizada y los resultados obtenidos; finalmente en la sección 5 se exponen las conclusiones y trabajos futuros.

2 Motivación

El análisis que se propone en este trabajo surge de la metodología de estudio propuesta y resultados obtenidos en [1], en el cual se evaluó la performance del framework Unity [2] para desarrollo de aplicaciones móviles 3D, considerando un conjunto de características inherentes a aplicaciones 3D y evaluando cada una de ellas de forma independiente. Así, fue posible individualizar los principales factores de incidencia en la degradación de la fluidez y visualización de las aplicaciones móviles 3D.

De la misma forma, es posible extender el análisis realizado en [1] hacia el campo del consumo de energía. Es decir, del mismo modo que se buscó determinar cuáles son las características que más afectan a la performance de las aplicaciones móviles 3D, se propone ahora evaluar si existe una correlación de estas características con el consumo de energía; analizándolas de manera aislada.

Por consiguiente, el conjunto de pruebas es el mismo que el realizado en [1], pero centralizado en el consumo de energía. Las pruebas a las que se hace referencia son:

1. Renderización de objetos simples (Basic Mesh Rendering)
2. Renderización de objetos complejos (Complex Mesh Rendering)
3. Luces y sombras (Lights & Shadows)

4. Texturas (Textures)
5. Sistemas de partículas (Particle Systems)
6. Física (Physics)

Para realizar la evaluación de consumo de energía en aplicaciones móviles 3D es necesario disponer las herramientas de software/hardware a fin de llevar a cabo la serie de pruebas. Estas herramientas son:

- Una aplicación 3D ad-hoc que abarque la ejecución independiente de cada una de las pruebas previamente detalladas.
- Una herramienta de profiling, la cual se encarga de medir el consumo de energía del dispositivo en tiempo real.
- Dispositivos móviles sobre los cuales realizar las pruebas.

Si bien existen trabajos previos relacionados con el consumo de energía en dispositivos móviles [3][4], consideramos novedoso el análisis del consumo de energía en aplicaciones 3D para dispositivos móviles de manera independiente para cada una de las características especificadas.

3 Metodología de evaluación

El principal objetivo del análisis propuesto es determinar cuáles son las características de una aplicación 3D que generan un mayor consumo de energía en un dispositivo móvil.

Las características que tienen relación directa con procesamiento intensivo tendrían también relación directa con el alto consumo de energía. A fin de poder evaluar aisladamente cada una de esas características, la metodología de evaluación adopta entonces el conjunto de pruebas definido en [1].

La aplicación 3D ad-hoc implementada es una ampliación de la aplicación desarrollada sobre Unity en [1], especialmente modificada para los casos de prueba a realizar.

Los cambios realizados en la aplicación incluyen una configuración especial para cada una de las pruebas definidas. Para el caso particular de este trabajo de análisis se utilizan cubos como objetos para la prueba de objetos simples, mientras que para la prueba de renderización de un objeto complejo se toma parte del modelo del edificio de la Facultad de Informática (la planta baja) que es utilizado en la aplicación InfoUNLP3D [5][6]. Dicho objeto contiene aproximadamente 200.000 polígonos. Para las pruebas de texturas se aplica transparencia tipo vidrio a los elementos. En cuanto al sistema de partículas, se genera uno similar al utilizado por el robot en R-Info3D [7] al momento de ejecutar una instrucción de reposicionamiento (Pos).

Además, la aplicación contiene dos parámetros numéricos que permiten configurar la prueba a realizar. El primero permite especificar la cantidad de objetos a utilizar en la prueba, o, en el caso de la prueba 2, la distancia de acercamiento al objeto complejo. El segundo permite configurar la cantidad de cuadros por segundo (frames per second - FPS) a utilizar en la prueba. Un valor igual a -1 deja este parámetro libre.

En este último caso, los FPS dependerán del poder de cómputo del dispositivo utilizado.

La herramienta de profiling seleccionada para realizar las mediciones de consumo de energía se denomina Trepro Profiler [8][9]. Esta herramienta permite medir en tiempo real el consumo de energía de una aplicación en particular. Trepro Profiler fue desarrollada por la empresa Qualcomm Technologies Inc., y asegura una medición precisa de la energía consumida en dispositivos que cuenten con procesadores desarrollados por Qualcomm. Los dispositivos para ejecutar las pruebas fueron seleccionados teniendo en cuenta esta restricción. Además, para contar con un espectro abarcativo de hardware, fueron elegidos equipos con diferente capacidad de procesamiento.

La metodología de evaluación implica relevar durante un período de tiempo prefijado el consumo de energía bajo la ejecución de cada una de las distintas pruebas. A diferencia de la metodología utilizada en [1], el número de objetos en pantalla es constante durante el tiempo de ejecución de cada prueba. Una vez transcurrido el tiempo prefijado, se toma la mediana del consumo relevado a lo largo de la prueba.

A fin de homogeneizar las pruebas y minimizar errores en las mediciones, todas las ejecuciones a realizar sobre todos los dispositivos deben respetar las siguientes definiciones:

- Al comenzar con el conjunto de pruebas, los dispositivos a utilizar deben tener la carga de la batería mayor al 95%.
- Las ejecuciones deben realizarse con el brillo de la pantalla del dispositivo al mínimo.
- Los dispositivos deben estar configurados en “Modo avión”, para evitar cualquier tipo de recepción de señal que pudiera incidir en las mediciones.
- No deben existir aplicaciones ejecutándose en segundo plano, dado que pueden consumir tiempo de procesamiento y de esa forma afectar las mediciones.
- Se debe prefijar el mismo número de cuadros por segundo para todas las pruebas en todos los dispositivos, dado que el FPS utilizado tiene una incidencia directa sobre el consumo, tal como se verifica posteriormente en la sección 4.
- La aplicación Trepro debe estar configurada sólo para relevar y guardar los datos de consumo, evitando mostrar datos en pantalla. La visualización de información en tiempo real puede influir en la medición del consumo de la prueba que está siendo ejecutada.

4 Pruebas realizadas y resultados obtenidos

El conjunto de pruebas se efectuó sobre tres dispositivos móviles con poder de cómputo diferente. Los teléfonos inteligentes utilizados fueron los listados en la tabla 1.

Todas las pruebas se realizaron limitando el número de cuadros por segundo a diez (10 FPS). A su vez, el número de objetos fijado para cada prueba se estableció con el

fin de garantizar que todos los dispositivos usados, incluso los de menor poder de procesamiento, puedan ejecutar fluidamente el conjunto de pruebas.

Tabla 1. Dispositivos utilizados en las pruebas.

Id	Marca y modelo del dispositivo	Sistema Operativo	Características generales
D1	Samsung Galaxy J7 Prime	Android 6.0.1	Smartphone. Octa-core, 1.6 GHz. 3 GB RAM.
D2	Samsung Galaxy A5 (2017)	Android 6.0.1	Smartphone. Octa-core, 1.9 GHz. 3 GB RAM.
D3	Samsung Galaxy S8	Android 7.0	Smartphone. Octa-core, 4 x 2.3 GHz, 4 x 1.7 GHz. 4 GB RAM.

Además, las pruebas se realizaron 30 veces sobre cada uno de los dispositivos móviles, a fin de validar la consistencia de la medición. Luego se obtuvo la mediana de consumo de cada prueba sobre cada dispositivo. A modo de ejemplo, en la figura 1 se puede observar la aplicación ejecutando la prueba número 2, en la que se visualiza un conjunto de objetos simples (cubos) girando sobre su eje y permitiendo la proyección de luces y sombras.

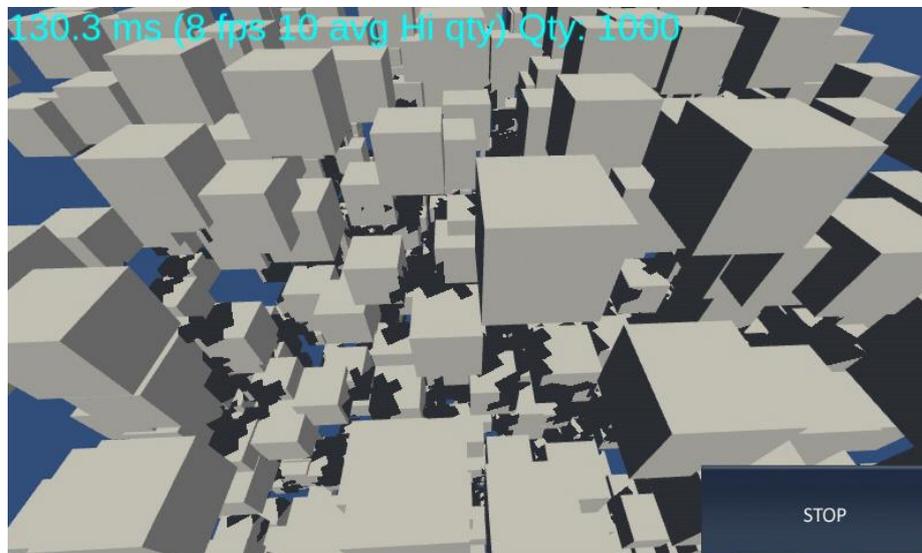


Fig. 1. Prueba número 2: luces y sombras.

Con la finalidad de obtener resultados normalizados, es decir, independientes del dispositivo móvil en el que se ejecutan las pruebas, se adoptó un enfoque de consumo

de energía referencial a la prueba más simple. Es por esto que el análisis se basa en tomar como referencia de consumo a la prueba número 1. Esta prueba se establece con un valor base de consumo igual a 1, y las restantes pruebas se evalúan como el delta (Δ) de consumo con respecto a dicha prueba.

Las figuras 2, 3 y 4 presentan para cada dispositivo en cada una de las seis pruebas realizadas: la mediana del consumo de energía en mWh, el delta y la gráfica de delta. Tal como se explicó previamente, para las pruebas 2 a 6 se calcula el delta de consumo de energía basado en el consumo obtenido en la prueba 1.

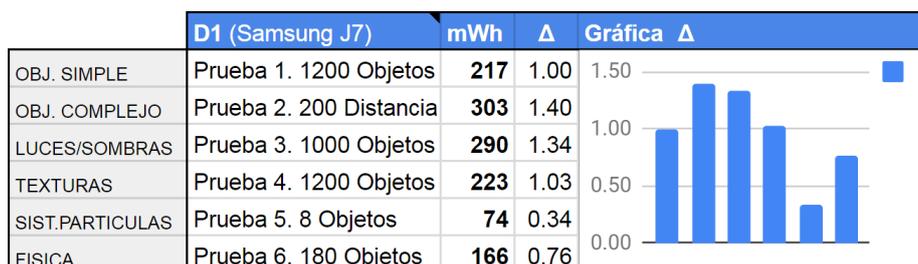


Fig. 2. Dispositivo D1. Mediana muestral de las pruebas ejecutadas, fijadas a 10 FPS.

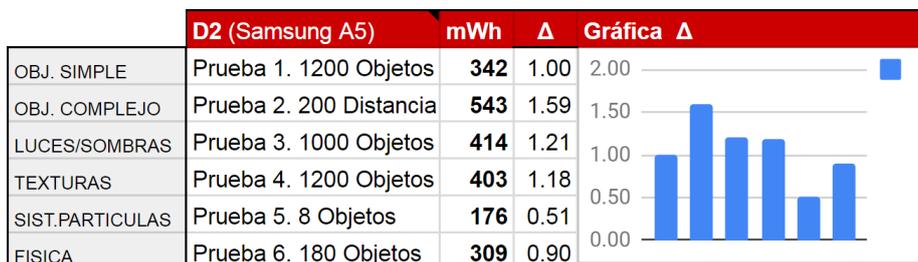


Fig. 3. Dispositivo D2. Mediana muestral de las pruebas ejecutadas, fijadas a 10 FPS.

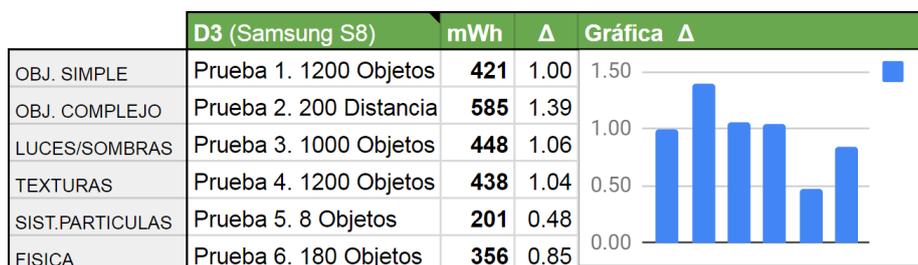


Fig. 4. Dispositivo D3. Mediana muestral de las pruebas ejecutadas, fijadas a 10 FPS.

La figura 5 permite contrastar visualmente el consumo de cada una de las características evaluadas, en todos los casos en función de la prueba 1. Aquí es posible notar la similitud en el consumo para cada una de las características evaluadas a lo largo de todos los equipos utilizados. Como puede observarse, el mayor consumo se da en la prueba 2, la cual implica renderizar un volumen considerable de polígonos en pantalla. Como contrapartida, la prueba 5 es la que genera menor consumo de energía, debido al tipo de cálculos requeridos para la renderización de sistemas de partículas.

A fin de confirmar la incidencia del FPS en el consumo, se realizó un análisis adicional sobre la prueba 1. Este análisis consistió en mantener fijo el número de objetos en escena, pero incrementar el número de cuadros por segundo desde 10 hasta 60, en intervalos de 10, relevando el consumo en cada paso.

La figura 6 muestra los resultados obtenidos, los cuales demuestran que efectivamente a mayor cantidad de FPS existe un mayor consumo. Adicionalmente, esto permite estimar los valores de consumo de energía de las características evaluadas para un número mayor de FPS.

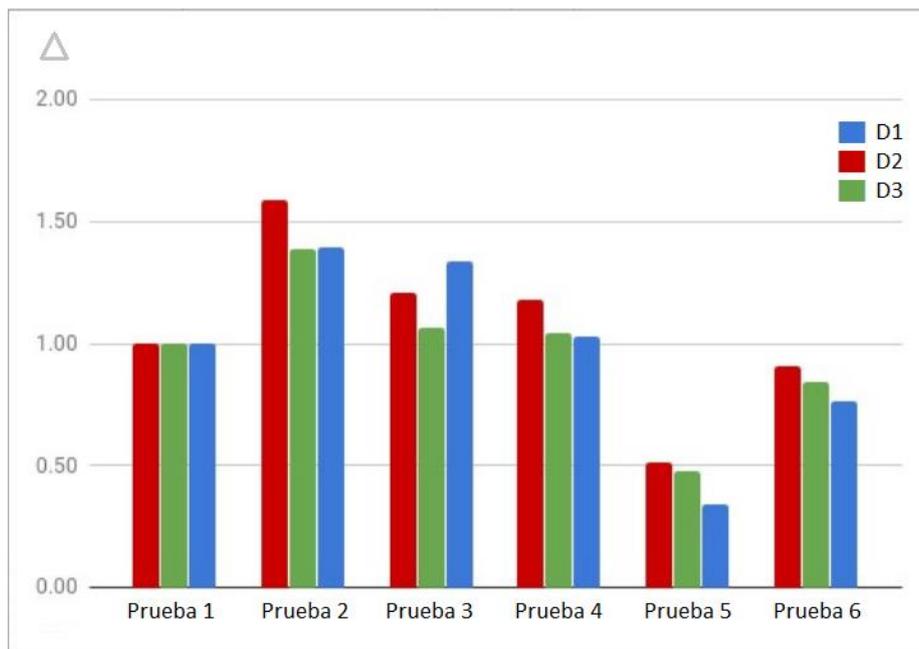


Fig. 5. FPS. Comparación de las pruebas realizadas sobre los dispositivos. El patrón de consumo de las características evaluadas es similar para los equipos utilizados.

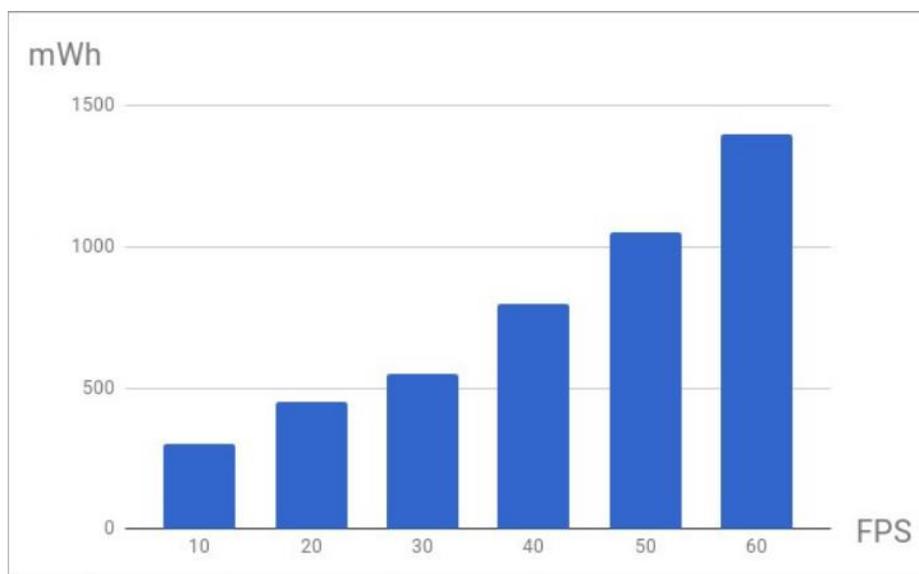


Fig. 6. Prueba 1. Consumo según FPS.

Cabe destacar, que si bien la incidencia de las características analizadas sobre el consumo varía de acuerdo al software y al hardware sobre el cual se ejecuta la aplicación, las pruebas realizadas demuestran que existe un patrón común respecto al consumo de energía en relación al tipo de requerimiento visual.

5 Conclusiones y trabajo a futuro

El presente trabajo propone un conjunto de actividades para evaluar el consumo de energía de aplicaciones 3D sobre dispositivos móviles. La evaluación propuesta permite determinar la incidencia de cada una de las características principales de las aplicaciones 3D sobre el consumo de energía.

Se desarrolló un prototipo que permite ejecutar una serie de pruebas independientes para cada una de las características típicas de una aplicación tridimensional. Luego, midiendo el consumo de cada prueba por separado, se logró determinar cuales son las características que consumen más energía para la experimentación realizada.

Por lo tanto, un ingeniero de software puede desarrollar una aplicación móvil 3D considerando el posible consumo de energía de su aplicación en función de la complejidad de la escena en lo referido a: cantidad de polígonos, texturas, sombras, entre otras características visuales.

A futuro se prevé realizar la misma experimentación sobre otros engines de desarrollo de aplicaciones 3D, como por ejemplo Unreal Engine [10] o bien CryEngine [11], y así poder comparar consumos de energía entre los distintos frameworks, para cada una de las características evaluadas.

Referencias

1. Cristina, F.; Dapoto, S.; Thomas, P.; Pesado, P. "Performance evaluation of a 3D engine for mobile devices". Computer Science – CACIC 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 790. A. De Giusti, Springer International Publishing. 2018. ISBN: 978-3-319-75213-6, 978-3-319-75214-3, pages 155-163.
2. Unity. <https://unity3d.com>.
3. Riaz, M. "Energy consumption in hand-held mobile communication devices: A comparative study". International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET). 2018. ISBN: 978-1-5386-1370-2/18.
4. Corbalan L., Fernández J., Cuitiño A., Delia L., Cáseres G., Thomas, P.; Pesado, P. "Development Frameworks for Mobile Devices: A Comparative Study about Energy Consumption". Association for Computing Machinery (ACM). 2018. ISBN 978-1-4503-5712-8/18/05.
5. Cristina, F.; Dapoto, S.; Thomas, P.; Pesado, P. "InfoUNLP3D: An interactive experience for freshman students". Computer Science & Technology Series - XXII Argentine Congress of Computer Science. Selected Papers CACIC 2016. EDULP. 2017. ISBN: 978-987-4127-28-0, pages 249-256.
6. InfoUNLP3D. Google Play Store Download Link. <https://play.google.com/store/apps/details?id=ar.edu.unlp.info.infounlp3d>.
7. Cristina, F.; Dapoto, S.; Thomas, P.; Pesado, P. "3D Mobile Prototype for Basic Algorithms Learning". Computer Science & Technology Series - XXI Argentine Congress Of Computer Science. Selected Papers CACIC 2015. EDULP. 2016. ISBN: 978-987-4127-00-6, pages 239-247.
8. Trepn Power Profiler. <https://developer.qualcomm.com/software/trepn-power-profiler>.
9. Trepn Power Profiler. Google Play Store Download Link. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.quicinc.trepn>.
10. Unreal Engine. <https://www.unrealengine.com/>.
11. CryEngine. <https://www.cryengine.com/>.