

Capítulo 4: Resultados

Una vez completado el desarrollo del framework de Realidad Aumentada, fue necesario evaluar el sistema final para determinar si se cumplieron las expectativas que están planteadas en la propuesta de esta tesis. Es por ello que en este capítulo se muestran las pruebas realizadas al sistema distribuido de Realidad Aumentada, en donde se tomaron en cuenta aspectos como la portabilidad, tiempo de ejecución de los procesos de detección de marcadores, superposición de los elementos virtuales, al igual que los tiempos presentados por cada dispositivo móvil que se utilizó.

Las pruebas que son presentadas, fueron realizadas con diferentes dispositivos móviles los cuales tienen diferentes especificaciones:

Tabla 2. Componentes utilizados en el sistema de Realidad Aumentada.

	Laptop	Tableta	Teléfono Inteligente	Laptop
Nombre	Lenovo Y510P	Samsung Galaxy Note 10.1	Nexus 5	Samsung SF410
Lenguaje de programación/ plataforma	Python	Android	Android	Python
RAM	16 GB	3 GB	2 GB	4 GB
Procesador	Intel Core i7	Exynos	Qualcomm Snapdragon 800	Intel Core i5
Cámara	-----	5MP	8MP	3MP
Función	Servidor	Cliente	Cliente	Cliente

4.1 Portabilidad.

Uno de los grandes beneficios que presenta este sistema de Realidad Aumentada, es en el aspecto de portabilidad, ya que al tener en mayor parte los procesos que involucran más complejidad; los cuales están alojados en el servidor, se tiene como resultado que el desarrollo de las tareas que se encuentran presentes en el cliente sean sencillas y que a su vez no requieran de una implementación específica que pueda presentar problemas en su desarrollo, para una plataforma en particular.

El hecho de obtener este tipo de beneficio, resulta bastante sencillo implementar o desarrollar una aplicación de Realidad Aumentada en cualquier plataforma, ya que lo único que se necesita es tener presente los procesos de captura de la escena real, de transmisión de datos y despliegue de información, que es el mostrar la nueva imagen que fue procesada.

Por ende al cumplir con esta característica que proveen los sistemas distribuidos, el desarrollo tanto en la plataforma android como en python no presentó problema alguno, teniendo en cuenta que de igual manera se redujo la cantidad de código y complejidad en los dispositivos clientes.

4.2 Evaluación en la detección de objetos y superposición de elementos virtuales.

Uno de los principales aspectos que pueden generar conflicto al utilizar un sistema distribuido, el cual tiene como propósito la transmisión y procesamiento de datos en tiempo real; es el poder gestionar dichas tareas sin generar un retraso en el tiempo de transmisión. Esta característica es indispensable para el desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada distribuido; ya que todos los procesos tiene que tener un tiempo de ejecución bastante reducido, de tal manera que se pueda crear la ilusión de que el sistema es centralizado y que los procesos son ejecutados en tiempo real.

En este caso se evaluó los procesos principales que se encuentran en el servidor los cuales son la detección de marcadores y la superposición de los elementos virtuales sobre la escena del mundo real. Dentro de la arquitectura del sistema de Realidad Aumentada que se propone, se designó que estos dos procesos al requerir de un alto poder computacional, lo más recomendable es que sean ejecutados en un dispositivo que pueda manejar tal nivel de procesamiento, por lo que se propuso mantenerlos de manera remota; para que de esta manera se puedan evitar las limitantes que están presentes en los dispositivos móviles. No obstante, la aceptación ante este tipo de arquitectura depende del tiempo de ejecución que tenga cada uno de estos procesos.

Es por ello, que de esta manera se evalúa el tiempo de ejecución de estas tareas, con el propósito de determinar si es posible considerar la distribución de este tipo de procesos en un sistema de Realidad Aumentada; ya que varias de las implementaciones que se han realizado en cuanto a sistemas de Realidad Aumentada distribuidos, han delegado solo la parte de detección de marcadores y posicionamiento de los elementos virtuales como procesos remotos. Para ello la evaluación del sistema considero solo el manejo de elementos virtuales en 2D, además de que la detección de marcadores se realizó utilizando frame markers. Asimismo la siguiente tabla muestra los tiempo de ejecución que se tuvieron en cada proceso.

Tabla 3. Evaluación del tiempo de ejecución en los procesos de detección de marcadores y superposición de imagen y video en la escena real.

Tiempos de ejecución			
Tiempo (seg)	Detección	Superposición (Imagen)	Superposición (video)
1	0.0388648509979	0.000849008560181	0.0135550498962
2	0.0321729183197	0.000848054885864	0.00282597541809
3	0.0351009368896	0.000817060470581	0.00286912918091
4	0.0226631164551	0.000638008117676	0.00407385826111
5	0.0203590393066	0.000910997390747	0.00330114364624

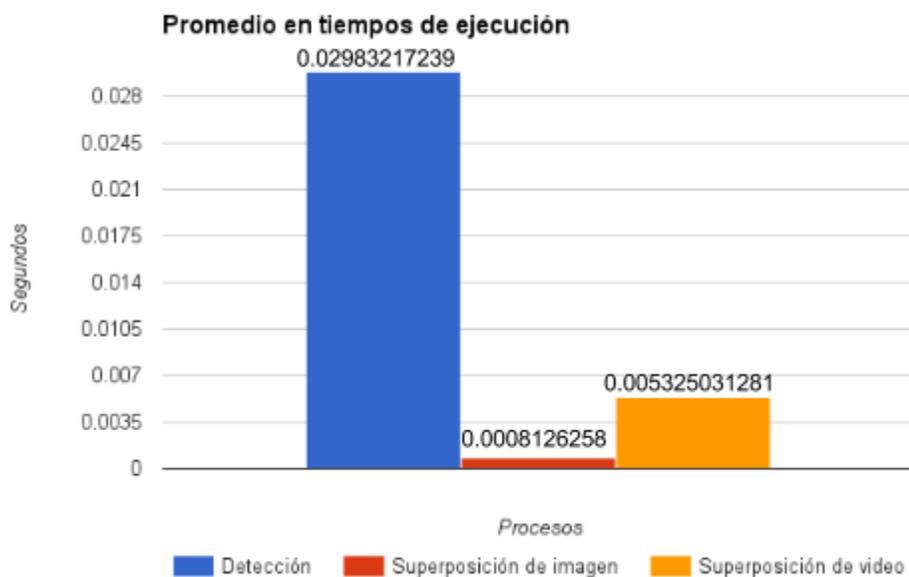


Figura 4.1. Promedio generado con respecto a los tiempos de ejecución de los procesos de detección de marcadores y superposición de imagen y video.

Como se puede observar los resultados que se obtuvieron, determinan que los procesos de detección de marcadores y la superposición de elementos virtuales en 2D como lo es el uso de imágenes y videos pueden ser ejecutados de manera remota sin tener ningún problema con respecto al tiempo de ejecución, ya que las tres tareas se realizan en un tiempo de milisegundos, dejando de esta manera que el tiempo, en el que el servidor tardar para procesar las tareas descritas, no son percibibles para el usuario. Por ende la implementación de dichos procesos en un ambiente distribuido, muestran que pueden ser capaces de ser ejecutados de manera remota, sin causar algún problema en el desempeño del sistema.

En cuanto a la evaluación que se realizó al obtener el promedio del tiempo de ejecución de cada proceso, se puede identificar que en cuanto a la detección de marcadores, se necesita de un mayor tiempo de ejecución comparado con el proceso de superposición, lo cual hace referencia hacia el tipo de distribución que manejan los sistemas distribuidos de Realidad Aumentada que previamente se explicaron en la investigación que se realizó; ya que como se puede observar la detección de objetos requiere de una mayor cantidad de recursos, en el que al ser procesado en un dispositivo móvil, puede generar un considerable retraso en la visualización de la escena renderizada dado que la mayoría de este tipo de dispositivos no cuenta con el poder computacional para poder gestionar de manera adecuada este tipo de procesos; es conveniente delegar esta tarea como un proceso distribuido el cual pueda ser ejecutado por un dispositivo que sea capaz de conllevar dicha actividad.

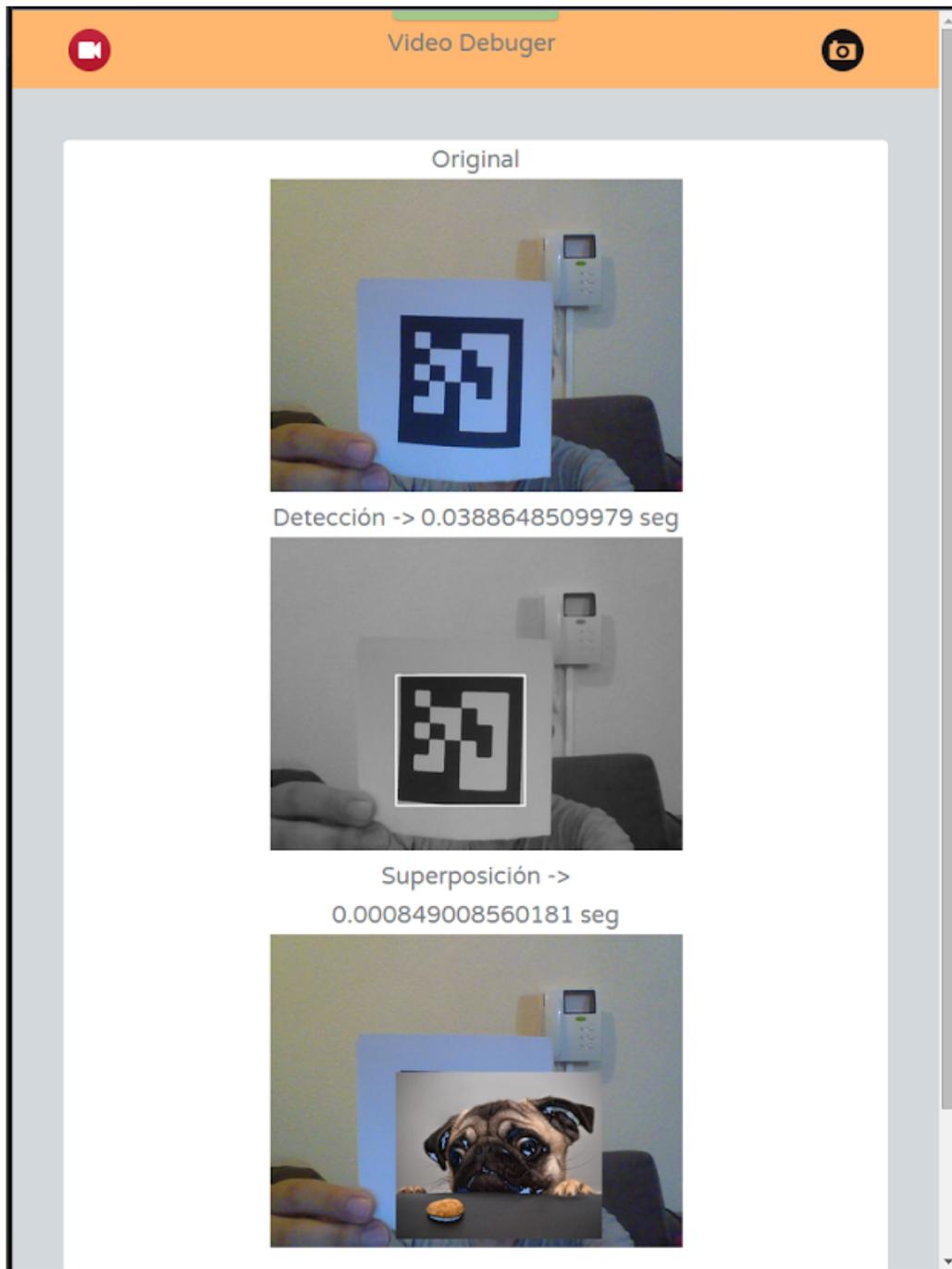


Figura 4.2 Video depurador utilizado como aplicación web, el cual muestra los tiempos de ejecución de los procesos de detección de marcadores y superposición del objeto virtual. El resultado del tiempo de ejecución es presentado en segundos, asimismo en este ejemplo es presentado utilizando solo superposición de imagen.

4.3 Evaluación de transmisión de datos.

En cuanto a otro aspecto que fue considerado primordial para el desarrollo del sistema distribuido de Realidad Aumentada, es el tiempo de transmisión de la escena del mundo real, al igual que el tiempo de recuperación de la nueva escena renderizada con los elementos virtuales; estos dos procesos tienen gran relevancia en el desarrollo de este tipo de sistemas, ya que Realidad Aumentada tiene como característica que sus procesos son ejecutados en tiempo real; de tal manera que no puede existir un retraso mientras se realiza la visualización de la escena con los elementos virtuales superpuestos; puesto que esto dejaría de estar sobre los lineamientos del concepto de Realidad Aumentada, y por ende el sistema dejaría de ser apto para considerar la distribución de procesos.

Por otra parte es claro mencionar, que al utilizar un sistema distribuido, es necesario tener una manera en la que los componentes se puedan comunicar, en este caso el sistema que se propone en este proyecto hace uso de una conexión wireless, la cual servirá para realizar el envío y petición de los datos. De igual manera al utilizar el protocolo HTTP se puede presentar una ligera disminución en el desempeño de la transmisión de datos, debido a que este tipo de protocolos no es el óptimo para realizar transferencia de video en tiempo real, lo cual es esencial para un sistema de Realidad Aumentada.

Es por ello que se realizó una evaluación en cuanto a la transmisión de información, en donde se tomó en cuenta varios dispositivos móviles para evaluar el rendimiento del sistema en diferentes plataformas de desarrollo; en este caso se utilizaron dos dispositivos móviles Android, en los que se incluye un teléfono inteligente y una tableta; además de una laptop cuyo programa cliente fue desarrollado en el lenguaje de programación python. Por otra parte el sistema depende de una conexión wireless, para realizar la comunicación entre sus componentes, de tal manera que ante las pruebas que se efectuaron, se tuvo como característica que la velocidad de transferencia fuera de 4.99 Mbps en descarga y 0.65Mbps en subida (OOKLA).

Sumando a estas características, la implementación en cuanto a las peticiones dirigidas al servidor, son bastantes parecidas tanto el Android como en python, ya que al utilizar servicios REST, la comunicación entre el cliente con el servidor se basa en el protocolo HTTP; sin embargo la implementación del proceso de captura de la imagen difiere, ya que en cuanto a python se utiliza la librería de OpenCV para hacer uso de la cámara, mientras que en Android se hace uso de su misma API para tener acceso a la cámara del dispositivo móvil.

Tabla 4. Evaluación del tiempo de ejecución generado en la solicitud de datos en los dispositivos móviles.

Tiempos de ejecución en método GET			
Tiempo (seg)	Nexus 5	Samsung Galaxy Note 10.1	Samsung SF410
1	0.266	1.413	0.00258
2	0.351	1.449	0.00209
3	0.289	1.532	0.00207
4	0.182	1.505	0.00217
5	0.112	1.101	0.00205

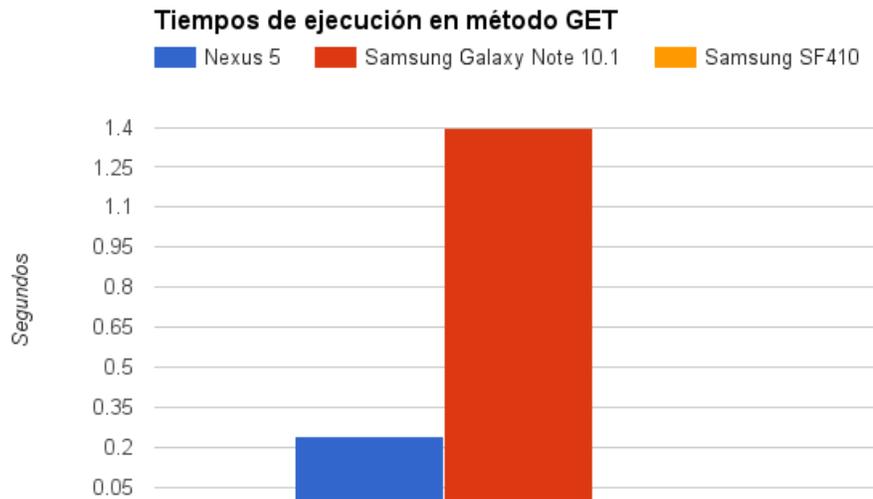


Figura 4.3 Gráfica en la que se visualiza el promedio de los tiempos de ejecución determinados por la transmisión de datos, utilizando el método GET del servicio REST.

Como se puede observar en los resultados obtenidos de la evaluación del método GET del servicio web que se encarga de la petición de la imagen renderizada, se tiene que este proceso pudo obtener un resultado conveniente en la laptop y en el teléfono inteligente; sin embargo, en la tableta se puede observar que requiere de un mayor tiempo de ejecución para poder completar el proceso; este tiempo sobrepasa las expectativas para considerar un buen desempeño en cuanto a la transmisión de datos, teniendo como resultado que la visualización de la imagen con los elementos virtuales superpuestos, no se tenga en tiempo real; lo cual significa que el concepto de Realidad Aumentada no se cumple al utilizar un dispositivo móvil con características similares al de la tableta.

Por otra parte para la evaluación del método POST del servicio web, el cual tiene como propósito el enviar la captura de la escena del mundo real; se utilizaron dos variantes para poder calcular el tiempo de ejecución, ya que para poder hacer este cálculo se toma en cuenta que tipo de procesamiento se realizará a la escena; es decir, se tiene que verificar si el elemento virtual a renderizar es una imagen o un video.

Tabla 5. Evaluación del tiempo de ejecución generados en el envío de dato en los dispositivos móviles.

Tiempos de ejecución en método POST						
	Nexus 5		Samsung Galaxy Note 10.1		Samsung SF410	
Tiempo (seg)	Imagen	Video	Imagen	Video	Imagen	Video
1	0.063	0.074	0.383	0.489	0.04896	0.05621
2	0.073	0.101	0.223	0.369	0.05277	0.05725
3	0.070	0.076	0.345	0.354	0.04940	0.05589
4	0.068	0.079	0.118	0.295	0.04898	0.05383
5	0.071	0.086	0.367	0.701	0.05354	0.05557

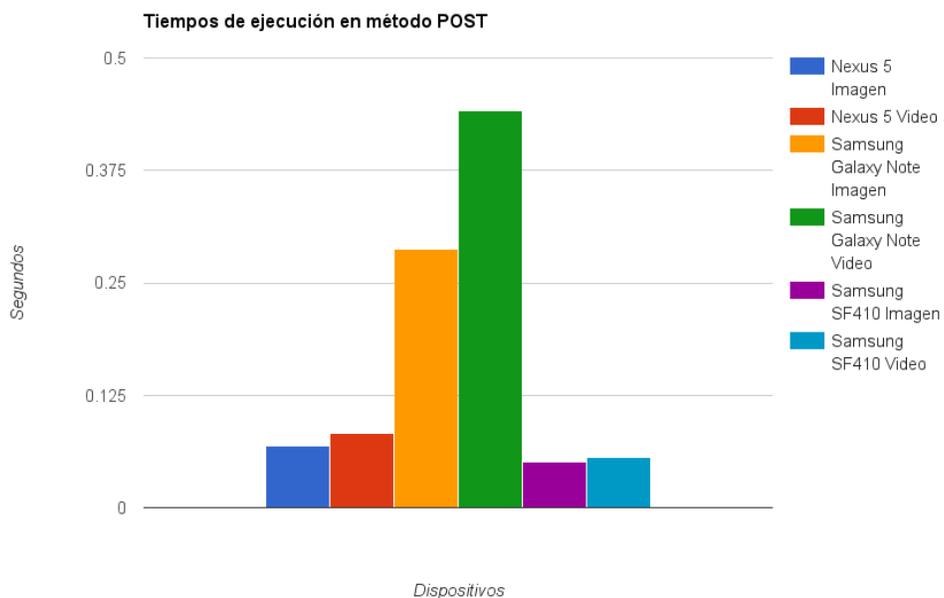


Figura 4.4 Promedio generado con respecto a los tiempos de ejecución de la transmisión de datos utilizando el método POST del servicio REST.

Al obtener los resultados de la evaluación descrita, se puede observar que de igual manera el desempeño de este proceso llega a requerir de más tiempo para completar esta tarea, en comparación con los otros dos dispositivos evaluados; sin embargo, en cuanto el tiempo en general que conlleva este proceso, no resulta causar un retraso considerable en la transmisión de datos.

Finalmente en cuanto al contexto general de la transmisión de datos, se puede decir, que la distribución de procesos se puede realizar de manera adecuada cumpliendo con el concepto de Realidad Aumentada como se propone en esta tesis; sin embargo, debido a las diferentes características específicamente en hardware, los dispositivos móviles pueden reaccionar de diferente manera; ya que uno de los problemas que se presentaron en la tableta, fue el constante retraso en la transmisión de datos; el cual fue provocado por la manera en la que se está gestionando la memoria, ya que esta era sobrecargada y por consecuencia el sistema tenía que realizar pausas para poder liberarla, teniendo como consecuencia un considerable retraso en los procesos que fueron evaluados.

4.4 Resumen.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la implementación del sistema distribuido de Realidad Aumentada propuesto, en el que se realizan varias evaluaciones ante los aspectos de mayor relevancia de este sistema; los cuales son la detección de marcadores, la superposición de elementos virtuales, la portabilidad del sistema y la transmisión de datos. Asimismo se muestran tablas y gráficas comparativas que se obtuvieron de la evaluación del sistema en tres diferentes tipos de dispositivos móviles.