

# Comparative Study of Technologies for Mobile Learning Analytics

Camilo Andrés Quintero, Beatriz Florian-Gaviria, Oswaldo Solarte Pabón

*Escuela de Ingeniería de Sistemas y computación  
Universidad del Valle  
Cali, Colombia*

{camilo.quintero, beatriz.florian, oswaldo.solarte}@correounivalle.edu.co

**Abstract**—This paper presents a study that first of all, characterizes decision criteria in order to select a type of mobile application to be developed. Next, the study focuses on the comparison of technological alternatives for displaying learning analytics on mobile devices. This paper presents a comparison of tools to develop analytic visualizations taking into account general aspects, and some specific characteristics. Then, the study supports decision making in mobile applications development using learning visual analytics. Mobile application prototypes were implemented using the different studied technologies. In these prototypes, learning analytics support a process of competence qualifications in a higher education course on the EQF. Diagrams used in analytics show the results in percentages or summations of the levels of competence reached by some students in the course. A series of tests are presenting different conclusions about the efficient use of these technologies, and the type of mobile application to develop.

**Keywords**— M-Learning, Mobile Learning Analytics, Mobile Data Visualizations, Competence-Based Assessment.

## I. INTRODUCCIÓN

El área de visualización de datos estudia la representación visual de los datos estáticos o animados, la información puede ser representada de distintas formas, por ejemplo: Gráficos estadísticos, mapas geográficos, tablas, redes, mapas conceptuales, diagramas de ondas y señales, entre otros [1]. Específicamente este artículo se centra en un tipo de visualización de datos, analíticas de aprendizaje. Algunos de los trabajos de la visualización de información están muy relacionados con el análisis visual, pero el trabajo de visualización tradicional no trata necesariamente con un análisis de las tareas. La analítica visual puede ser vista como un enfoque integral para la toma de decisiones, factores humanos y análisis de datos [2], [3]. Diferentes grupos trabajan en el área de visualización de datos y analíticas visuales, algunos son por ejemplo: The Hive Big Data Think Tank Palo Alto, CA<sup>1</sup>; Data Visualization Group in the Bay Area San Francisco, CA<sup>2</sup>; Boston Predictive Analytics Cambridge, MA<sup>3</sup>; Hyderabad Data Science Group Hyderabad, India<sup>4</sup>; Texas Advanced Computer Center, Texas<sup>5</sup>;

Technology and Education Research Group, UK<sup>6</sup>. Específicamente sobre analíticas de aprendizaje la conferencia internacional más prestigiosa es *International Conference On Learning Analytics and Knowledge (LAK)*<sup>7</sup>.

En esta área de las analíticas visuales lo que se busca es encontrar relaciones, y tal vez descubrir cosas que no se podían ver tan fácilmente de otra forma, detectar lo esperado y descubrir lo inesperado, proporcionar evaluaciones oportunas, defendibles y comprensibles, generar reflexión y conciencia del contexto [1],[2]. Específicamente las analíticas de aprendizaje combinan el análisis de datos con la interacción y desempeño de los estudiantes en herramientas de educación en línea, para comprender como aprenden los estudiantes y animarlos a crear una experiencia de aprendizaje personalizada [4].

Gracias al continuo incremento en el poder y las capacidades gráficas de los computadores, la visualización tiene un papel cada vez mayor en casi todos los ámbitos de las aplicaciones informáticas. Hoy día es posible pensar traer técnicas de visualización tradicionales para dispositivos móviles (como tabletas y teléfonos móviles) para aprovechar el poder de la visualización en cualquier momento y en cualquier lugar [5]. Algunas ventajas que brindan los dispositivos móviles son: Portabilidad, gracias al pequeño tamaño de los dispositivos. Inmediatez y conectividad mediante redes inalámbricas. Ubicuidad, sin barreras. Adaptabilidad de servicios, aplicaciones e interfaces a las necesidades del usuario [6].

La visualización de analíticas puede ser extendida para la representación de la información en dispositivos móviles. En el desarrollo de aplicaciones móviles es importante tener en cuenta que hay una primera consideración por resolver sobre el tipo de aplicación móvil a desarrollar. Actualmente existen diferentes estrategias para la construcción de aplicaciones móviles [7]: 1) Aplicaciones nativas para plataformas como: Android, Ios, BlackBerry, entre otras [8], [9]; 2) Aplicaciones web con interfaces adaptables a diferentes dispositivos (*web responsive*)[10]; 3) Aplicaciones web diseñadas para móviles y 4) Aplicaciones híbridas (Ver Figura 1). Por otra parte, existen diversas tecnologías para la visualización de información en dispositivos móviles, por ejemplo para visualización de datos estadísticos existen librerías como Google Charts [11], JqPlot<sup>8</sup>, amCharts<sup>9</sup>, Android

<sup>1</sup> <http://www.meetup.com/SF-Bay-Areas-Big-Data-Think-Tank/>

<sup>2</sup> <http://www.meetup.com/VisualizeMyData/>

<sup>3</sup> <http://www.meetup.com/Boston-Predictive-Analytics/>

<sup>4</sup> <http://www.meetup.com/Hyderabad-Data-Science/>

<sup>5</sup> <https://www.tacc.utexas.edu/>

978-1-4799-6717-9/14/\$31.00 ©2014 IEEE

<sup>6</sup> [http://mct-research.open.ac.uk/research/subtheme\\_technologyandeducationresearch](http://mct-research.open.ac.uk/research/subtheme_technologyandeducationresearch)

<sup>7</sup> <http://www.solaresearch.org/events/lak/>

<sup>8</sup> <http://www.jqplot.com/>

<sup>9</sup> <http://www.amcharts.com/>

GraphView<sup>10</sup>, para datos geo-referenciados existe Google Maps<sup>11</sup>. Adicionalmente, el desarrollo de software para dispositivos móviles implica algunos retos en la forma de representar información dada las siguientes características: tamaño pequeño, baja resolución, menos colores, la relación anchura / altura es muy diferente de la habitual, entre otros [5],[12].

En este artículo se presenta un Estudio Comparativo de Tecnologías Orientadas al Desarrollo de Analíticas Visuales Móviles. En particular se desarrolló en el contexto de analíticas de aprendizaje móvil (*learning analytics on m-learning* en Inglés [6]). En general *m-learning* se refiere al aprovechamiento de las tecnologías móviles como medio del proceso de aprendizaje. Por tanto, es un proceso de enseñanza-aprendizaje que tiene lugar en distintos contextos (virtuales o mixtos) y haciendo uso de tecnologías móviles [6],[13],[14].

El resto de este artículo se organiza de la siguiente forma. En la sección 2 se encuentra la descripción de las tecnologías para el desarrollo de aplicaciones móviles y la sub-sección 2.A contiene un análisis comparativo de las mismas. En la sección 3 están algunas herramientas tecnológicas para el desarrollo de analíticas visuales estadísticas. En la sección 4 se presentan las pruebas realizadas construyendo prototipos de aplicaciones móviles diseñados con diferentes tecnologías para el desarrollo móvil. Ellas generan analíticas de aprendizaje sobre los resultados de aprendizaje obtenidos de un curso con evaluación por competencias. Fueron implementadas con algunas de las tecnologías descritas en la Sección 3. Al final de la Sección 4 se presenta la discusión de los resultados obtenidos. En la siguiente sección se encuentran las conclusiones. Finalmente, en la Sección 6 se describe las ideas para el trabajo futuro.

## II. TECNOLOGÍAS PARA APLICACIONES MÓVILES

Existen diferentes técnicas, diseños, tecnologías, etc., para el desarrollo de una aplicación móvil, en general solo hay tres formas diferentes de elaborar una aplicación para dispositivos móviles (Nativa, Web, Híbrida), pero las aplicaciones móviles web se subdividen en dos tipos: Aplicaciones Web Móviles Adaptables (*Web Responsive*) y Sitio Web Móvil.

**Aplicaciones Móviles Nativas:** Estas aplicaciones residen en el dispositivo y se instalan a través de una tienda de aplicaciones como Google Play, Apple App Store, Marketplace, entre otras. Son programas desarrollados específicamente para una plataforma móvil (Android, iOS, BlackBerry, entre otras) y sus interfaces siguen los parámetros establecidos para la misma. Los usuarios acceden a estas aplicaciones a través de los iconos que se encuentran en la pantalla de inicio del dispositivo. Por ejemplo aplicaciones como Whatsapp<sup>12</sup>, Calculator, Clock, Safari<sup>13</sup>, Youtube<sup>14</sup>, entre otras. Si la decisión es desarrollar una aplicación nativa debemos tener en cuenta bajo qué plataformas se va a trabajar, además los dispositivos y las versiones del sistema operativo, es decir, se debe fijar el dominio para el cual la aplicación va ser desarrollada.

**Aplicaciones Web Móviles Adaptables (*Web Mobile Adaptive Responsive* en Inglés):** Es una aplicación web de interfaz adaptable. Es decir, son aplicaciones que se ajustan y se adaptan al tamaño del dispositivo en el que son ejecutadas. Ellas se ejecutan desde un navegador web móvil o navegador web de un computador personal. Por ejemplo, The Boston Globe<sup>15</sup>, Twitter<sup>16</sup>, Qualtrics<sup>17</sup>, etc. Una herramienta muy conocida para implementar aplicaciones de tipo web adaptable es Bootstrap<sup>18</sup>.

Seguido están las **Aplicaciones Sitio Web Móvil (*Web-Site Mobile* en Inglés)**, es decir, aplicaciones web diseñadas exclusivamente para ser visualizadas en dispositivos móviles, por ejemplo versiones móviles de: Facebook (m.facebook.com), El tiempo (m.eltiempo.com), Twitter (mobile.twitter.com), entre otras. Las aplicaciones web móviles de este tipo pueden llegar a tener el mismo aspecto que las aplicaciones nativas pero corren sobre un navegador y no requieren instalación. Para construir este tipo de aplicaciones, existen librerías especializadas como JQuery Mobile<sup>19</sup>, goMobi<sup>20</sup>, dudaMobile<sup>21</sup>, entre otras.

Por último existen las **Aplicaciones Móviles Híbridas**. Es decir, aplicaciones móviles que son desarrolladas en tecnologías web (HTML5 / CSS / Javascript) pero que son envueltas para parecer y comportarse como nativas. Las aplicaciones de este tipo con mayor reconocimiento y uso en el mercado son PhoneGap<sup>22</sup>, Titanium Mobile<sup>23</sup> y Rhodes<sup>24</sup>.

La Figura 1 muestra un esquema conceptual de los tipos de aplicaciones móviles anteriormente descritas. Para el resto de este artículo no tendremos en cuenta las **Aplicaciones Móviles Híbridas**, analizaremos sólo las **Aplicaciones Móviles Nativas**, **Web Móviles Adaptables** y **Sitio Web Móvil**.

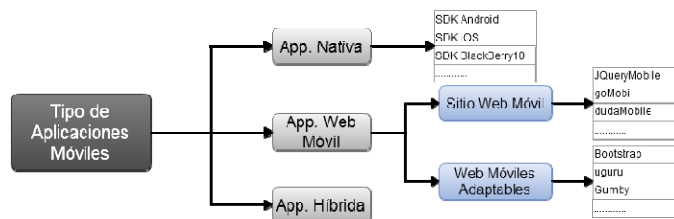


Fig. 1 Clasificación de aplicaciones móviles

### A. Análisis Comparativo entre Tipos de Aplicaciones para Dispositivos Móviles.

La Tabla 1 resume las características a tener en cuenta para la construcción de diferentes tipos de aplicaciones móviles tales como: Mercado/Segmentación de usuarios, Desarrollo y costo de mantenimiento, Distribución y soporte, Experiencia de usuario y expectativas, Operaciones fuera de línea, Tiempo de comercialización, Desarrollo de habilidades y capacidades, Seguridad de datos, Administración de productos técnicos, Uso de características propias del dispositivo, Uso de

<sup>10</sup> <http://android-graphview.org/>  
<sup>11</sup> <https://www.google.com/maps/preview>  
<sup>12</sup> <http://www.whatsapp.com/?l=es>  
<sup>13</sup> <https://www.apple.com/es/safari/>  
<sup>14</sup> <https://www.youtube.com/>

<sup>15</sup> <http://www.bostonglobe.com/>  
<sup>16</sup> <https://twitter.com/>  
<sup>17</sup> <http://www.qualtrics.com/>  
<sup>18</sup> <http://getbootstrap.com/>  
<sup>19</sup> <http://jquerymobile.com/>  
<sup>20</sup> <http://gomobi.info/>  
<sup>21</sup> <http://www.dudamobile.com>  
<sup>22</sup> <http://phonegap.com/>  
<sup>23</sup> <http://www.appcelerator.com/titanium/>  
<sup>24</sup> <http://www.motorolasolutions.com/US-EN/RhoMobile+Suite/Rhodes>

analíticas. En ella se comparan los tipos de aplicaciones *web-móviles* y las aplicaciones *nativas*. En la Tabla 2 se muestran características específicas en la subdivisión entre aplicaciones tipo *Sitio Web Móvil* y las aplicaciones *Web*

*Móviles Adaptables*. Se exploran características tales como: Representación y Experiencia, Protección del dominio, Equidad del enlace, Experiencia de usuario, Mantenimiento y Futuro.

Tabla 1. Consideraciones para decidir entre aplicaciones nativas y aplicaciones web móviles.

	Aplicaciones Móviles Web	Aplicaciones Móviles Nativas
<b>Mercado/Segmentación de usuarios</b>	Menos conocedores de la tecnología específica que usa el usuario. Diversidad de plataformas.	Aplicaciones centradas en los usuarios y plataformas específicas.
<b>Desarrollo y costo de mantenimiento</b>	Esfuerzo consolidado a través de las plataformas conduciendo a un menor costo.	Alto costo si se desarrolla con múltiples <i>SDKs</i> nativos (Siglas en inglés de Software Development Kit). Costo similar al web si se utiliza un <i>framework</i> multiplataforma.
<b>Distribución y soporte</b>	Sobre la web y existen actualizaciones automáticas disponibles.	A través de tiendas de aplicaciones y hay actualizaciones disponibles.
<b>Experiencia de usuario y expectativas</b>	Reutilización de experiencia de servicio de tipo web.	Buena experiencia de usuario. Habilidades para acceder a las características del dispositivo.
<b>Operaciones Off-line</b>	Requiere estar conectado a la red, a menos que utilice HTML5.	Puede trabajar conectado o sin conexión si no necesita recursos de la red.
<b>Tiempo de comercialización</b>	Rápido tiempo de comercialización.	Lento tiempo de comercialización si usa múltiples <i>SDKs</i> nativos
<b>Desarrollo de habilidades y capacidades</b>	Alta reutilización de habilidades web establecidas.	Si usa <i>SDKs</i> nativos requiere habilidades especializadas.
<b>Seguridad de datos</b>	Puede aprovechar la seguridad web existente.	Puede ser habilitada la seguridad web existente. Requiere una estrategia y tareas para asegurar los datos almacenados en el dispositivo.
<b>Administración de productos técnicos</b>	Similar a la administración de los productos web.	Si usa <i>SDKs</i> nativos, cada aplicación en cada plataforma deberá ser tratada como productos de línea separados. Si usan plataformas multidispositivo, esta administración deberá ser similar a la de los productos web.
<b>Uso de características propias del dispositivo.</b>	Acceder a herramientas del dispositivo es más costoso que si se hace localmente.	Fácil y óptimo acceso a herramientas del sistema.
<b>Uso de analíticas</b>	Analíticas web existentes.	Puede combinar las librerías de analíticas web con las soluciones de visualización de analíticas de aplicaciones nativas.

Tabla 2. Sub-división de aplicaciones web móvil

	Sitio Web Móvil	Web Móvil Adaptable
<b>Representación y Experiencia</b>	Un sitio móvil es esencialmente una copia de su página web, donde el servidor realiza el trabajo para ofrecer una página optimizada que es más pequeño y más fácil de navegar. Una buena opción cuando puede ser demasiado costoso hacer un diseño <i>responsive</i> .	En un diseño <i>responsive</i> , el dispositivo realiza el trabajo y ajusta automáticamente según el tamaño de su pantalla (grande o pequeño) y la orientación (horizontal o vertical). Una solución muy buena y flexible.
<b>Protección del dominio</b>	Con un sitio móvil, debe crear un dominio diferente (muchas empresas optan por diferenciarse de ellos por "m.domain.com"). Puede aumentar el costo de administración de estos sitios, porque tienes que mantener ahora dos.	Es mejor solución, básicamente por la administración de una única URL, evitando el re direccionamiento, simplifica el intercambio de direcciones web.
<b>Equidad del enlace</b>	Debido a que un sitio móvil utiliza un dominio separado, los enlaces compartidos de los navegadores móviles no contarán como enlace de búsqueda el sitio web primario para ese dispositivo. No es tan bueno para esta categoría.	Simplemente incorpora nuevo código en el <i>back-end</i> de su sitio web, esto logra que se preserve el enlace. Mejor opción para la búsqueda.
<b>Experiencia de usuario</b>	Buena experiencia de usuario, ya que el contenido del sitio web no es cambiado de lugar, independientemente del tamaño de pantalla del dispositivo.	Puede causar mala experiencia de usuario ya que el contenido del sitio web si es cambiado de lugar dependiendo del tamaño de la pantalla del dispositivo.
<b>Mantenimiento Futuro</b>	Seguir trabajando en un sitio móvil puede ser necesario con el fin de mantenerse al día con los teléfonos de nueva generación y los navegadores móviles. Podría requerir mayor mantenimiento y gastos.	Tiene mejor visión de futuro, porque una vez añadido este diseño al sitio, este funcionará en los próximos meses y años para los dispositivos sin tener que programar más. Un mejor rendimiento de su inversión.

### III. LIBRERÍAS PARA ANALÍTICAS DE APRENDIZAJE

Actualmente en el mercado hay diferentes herramientas tecnológicas para construir analíticas visuales de gráficos estadísticos. Por ejemplo: HighCharts [15], Google Charts<sup>25</sup>, JqPlot<sup>26</sup>, Flot<sup>27</sup>, Android GraphView, entre otros. En la Tabla 3 se presentan una comparación de herramientas para la visualización de analíticas desde sus aspectos generales (Año de realización, Formato de entrada, Soporte para Navegadores, Tipo de gráficos, Licencias, etc.) y algunas de sus

características específicas (Animación, Zoom, Exportar).

### IV. PRUEBAS DE ALGUNAS TECNOLOGÍAS PARA M-LEARNING

Las pruebas se hicieron bajo el contexto de *m-learning*, específicamente realizando aplicaciones que visualizan resultados de aprendizaje de cursos con un modelo de evaluación basado en competencias [16], [17], [18]. Se busca extender la aplicación web SOLAR [19], [20] para la visualización de analíticas de aprendizaje en dispositivos. Se realizaron prototipos para comprobar algunos criterios y elegir la mejor opción de aplicación móvil para este problema. Este estudio realizado brinda la oportunidad de tomar buenas

<sup>25</sup> <https://developers.google.com/chart/?hl=es>

<sup>26</sup> <http://www.jqplot.com/>

<sup>27</sup> <http://www.flotcharts.org/>

decisiones, teniendo en cuenta aspectos relevantes de la cada tipo de aplicación. aplicación móvil a construir, es bueno analizar qué pasa con

Tabla 3. Comparación de librerías para la visualización de analíticas

	JqPlot	Google Charts	High Charts	Android GraphView
<b>Aspectos Generales</b>				
Realizado en el año	2009	2007	2009	2013
Gráficos Presentados en	HTML5, usa Canvas	HTML5, usa SVG y VML[12]	HTML5, usa SVG y VML	
Formato de Entrada	JavaScript[12]	JavaScript	JSON[19]	Java[1]
SopORTE para navegadores	Navegadores modernos para web y móvil	Navegadores modernos para web y móvil	Navegadores modernos para web y móvil	No
Tipos de Gráficos y Mapas	25+ tipos de gráficos, en 2D.	13 tipos de gráficos en 2D y algunos en 3D. Soporte para mapas GeoChart.	25+ tipos de gráficos en 2D. Soporte para mapas.	Barras y Líneas
Código habilitado para descargar y modificar	Si	Si	Si	No
Licencia	GPL Y MIT	Gratis para todos los usos	Para desarrollador desde \$390. Sitios web \$90 y para uso no comercial gratis.	GNU[9]
SopORTE	Discusiones en grupos	Discusiones en grupos	SopORTE técnico y personalizado	Discusiones en grupos
<b>Características</b>				
Animación	Si	Si, desactivado por defecto	Si	No
Zoom	Si	No	Si	Si
Múltiples Axis	Si	Si	Si	Si
Paletas de colores y temas	Usando atributos en el código	Usando atributos en el código	Usando atributos en el código o con archivos JSON de los temas	Usando atributos en el código
Legend	No	Si	Si	Si
Gradientes	Si	No	Si	
ExportarJPG,PNG, PDF	No exporta PDF, imágenes si	No	Si	No exporta PDF, imágenes si
Integración JQuery Nativo	Si	A través de terceros	Si	
Servidor de APIS para una fácil integración	No	No	A través de terceros	Si

Las pruebas se realizan haciendo una consulta a la base de datos, esta se encuentra alojada en un servidor web. La consulta arroja un total de 24 estudiantes de un curso. Se quiere conocer cuál es el rendimiento de ellos en una actividad del curso en una competencia específica. Los resultados obtenidos fueron que 3 estudiantes estaban por debajo del nivel esperado en la competencia, 12 de ellos cumplían el nivel esperado y 9 estudiantes superaban el nivel deseado en la competencia. Seguido se presentan los prototipos de aplicaciones móviles que representan esta información con analíticas visuales usando diferentes tecnologías de desarrollo móvil y librerías de visualización.

**Prototipo 1:** La primera aplicación desarrollada fue de tipo *Nativa* con sistema operativo Android, para versiones de 4.2 en adelante. Aquí se trabajó con el SDK de eclipse [9] para el desarrollo de aplicaciones en dispositivos móviles Android. Además la herramienta de visualización escogida fue *Android GraphView* donde se podía desplegar un gráfico de barras. (Ver Figura 2).

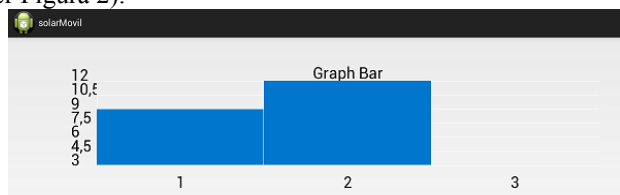


Fig. 2 App Nativa Android con GraphView

La analítica visual muestra un gráfico de barras. En el eje x tenemos valores del 1 al 3 que se pueden clasificar así:

1=Above, 2=Successful y 3=Below. En 1, quiere decir que 9 estudiantes están por encima de lo esperado, En 2, muestra que 12 estudiantes se encuentran en el nivel deseado y en 3 se aprecia que 3 estudiantes no alcanzan el nivel esperado en la competencia.

**Prototipo 2:** El segundo prototipo fue una aplicación de *sitio web móvil* desarrollada con JQuery Mobile, HTML5, JavaScript, PHP y CSS3. Para la parte de visualización de analíticas se utilizó la librería de *Google Charts*. Este prototipo muestra la clasificación de la clase en un gráfico circular. (Ver Figura 3).

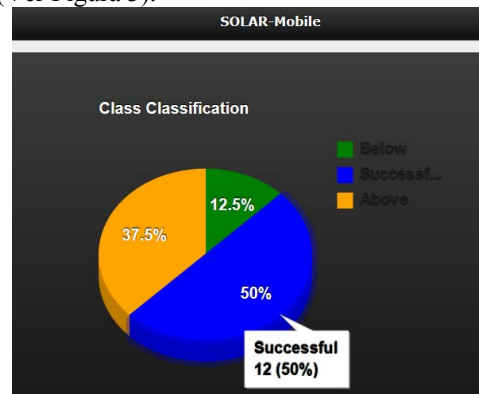


Fig. 3 App de Sitio Web con GoogleCharts

Esta analítica visual es más representativa que la anterior, y por medio de un gráfico circular nos muestra en porcentaje lo que ocurre con los estudiantes del curso en esa actividad y competencia específica.

**Prototipo 3:** El tercer prototipo fue una aplicación de *sitio web móvil* desarrollada con JQuery Mobile, HTML5, JavaScript, PHP y CSS3. Para la parte de visualización de analíticas se utilizó la librería de *JqPlot Charts*. Este prototipo muestra la clasificación de la clase en un gráfico circular y uno de barras. (Ver Figura 4 y Figura 5).

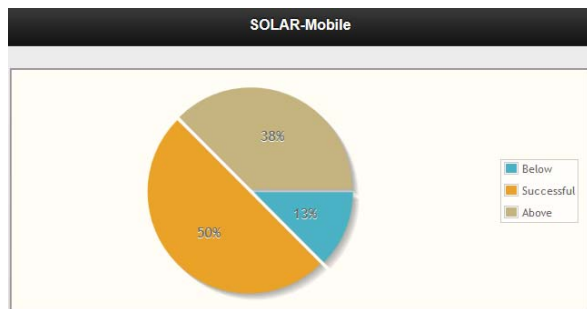


Fig. 4 App de Sitio Web con JqPlot Pie

En este gráfico se aprecia la distribución de acuerdo a la cualificación obtenida de los estudiantes.

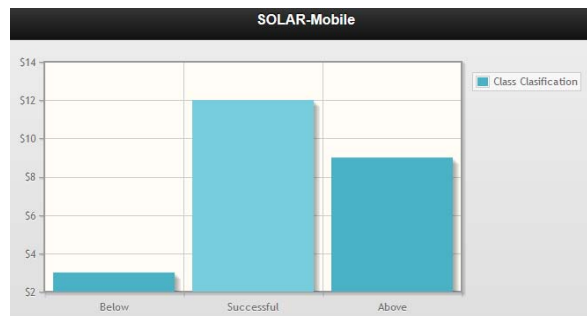


Fig. 5 App de Sitio Web con JqPlot Bar

Esta gráfico de barras vertical nos dice que 3 estudiantes están por debajo de lo esperado, 12 cumplen con lo deseado y 9 está por encima.

**Prototipo 4:** Esta última aplicación es de tipo *web móvil adaptable*, se utilizó HTML5, JavaScript, PHP y CSS3, además como herramienta de visualización se usó la librería de *Google Charts*. Aquí representamos por medio de un gráfico de barras horizontal la clasificación de la clase. (Ver Figura 6).



Fig. 6 App Web Móvil Adaptable con Google Charts

Este gráfico de barras horizontal muestra la misma información que la analítica anterior con la librería de Google.

#### A. Discusión de resultados

Se puede destacar que existen varias formas de representar la misma información en dispositivos móviles, en este caso se aprecian gráficos de barras horizontales y verticales, y diagramas circulares. Los 4 prototipos lograron transmitir la información precisa. Pero gracias a los criterios de comparación vistos en las secciones anteriores se puede decidir cuál podría ser un poco mejor.

En el prototipo 1 (*nativa Android*) lo que se hace al construir una aplicación de este tipo es limitarla a un dominio muy restringido del total de posibilidades. Cuando se trata con problemas de *m-learning*, se busca incentivar el proceso enseñanza y aprendizaje por medio de dispositivos móviles [6], [21], este aplicativo no va lograr las expectativas deseadas si todos los estudiantes no cuentan con un dispositivo de estas características mencionadas. Si se revisa el estudio comparativo descrito en la Tabla 1 podemos analizar varios aspectos, pero revisemos específicamente 5 de ellos. 1) Mercado/Segmentación de usuarios: Efectivamente se limita a las plataformas específicas. 2) Desarrollo y Costo: Extender el dominio a multiplataforma es costoso. 3) Operaciones off-line: En este caso particular las cualificaciones deben ser consultadas a un servidor web, se requiere la conexión para obtener las consultas. 4) Uso de características propias del dispositivo: Este factor es fundamental a la hora de decidir si construir aplicaciones nativas o web, en este problema planteado no se requieren características especiales de los dispositivos. 5) Uso de analíticas: Aquí también debemos fijarnos en la tabla 3. Todo esto muestra lo incompleta que resulta esta librería usada (*Graph View Android*) respecto a las otras descritas.

El prototipo 2 y 3 son aplicaciones de sitio web móvil. Si se analiza los mismos cinco aspectos utilizados en el prototipo anterior se tiene que: 1) Mercado/Segmentación de usuarios: El dominio de dispositivos es amplio puesto que no se limita a ningún tipo de dispositivo específico, se requiere de alguno que tenga acceso a la web a través de un navegador. 2) Desarrollo y Costo: Bajo costo. 3) Operaciones off-line: En este caso particular las cualificaciones son accedidas en un servidor web, se requiere la conexión para obtener las consultas. 4) Uso de características propias del dispositivo: En este problema planteado no se requieren características especiales de los dispositivos. 5) Uso de analíticas: La diferencia entre estos dos prototipos es el uso de la librería para representación de las analíticas visuales. Por una parte, se usó *Google Charts* en el prototipo 2 y *JqPlot* en el 3. Aquí también se debe fijar en la Tabla 3 que muestra la igualdad en varios aspectos, pero en otros no y es importante resaltar algunos 1) *JqPlot* cuenta con más de 25 tipos de gráficos, *Google Charts* con 13 y algunos en 3D. Como el que se aprecia en la Figura 3. 2) *JqPlot* incorpora la funcionalidad de Zoom mientras que *Google Charts* no lo hace. 3) Exportar en formatos: *JqPlot* muestra una clara ventaja en este aspecto.

En el Prototipo 4 se realiza una aplicación de tipo *web móvil adaptable* usando la librería de *Google Charts*. Aquí se puede comparar haciendo uso de la Tabla 2. Esta tabla señala las características de aplicaciones web de tipo móvil adaptable y de sitios web móvil. Se tienen 5 aspectos: 1) Representación y experiencia: Hacerlo web móvil adaptable o sitio web móvil

va a depender del costo de implementación. En este caso, mostrar analíticas visuales y lograr que ellas sean bien representadas se logra bajo las dos tecnologías de desarrollo móvil. 2) Protección del Dominio: web móvil adaptable lleva la ventaja porque es una única aplicación para todo. 3) Equidad del enlace: web móvil adaptable es mejor opción. 4) Experiencia de usuario. Se presenta mejor experiencia de usuario cuando se hacen aplicaciones de sitios web móviles. 5) Futuro: Las dos estrategias son muy buenas, puesto que ninguna saca clara ventaja de la otra, pero en cuanto a mantenimiento a largo plazo de las aplicaciones es mejor tener una sola que administrar.

Para este problema de desarrollo de analíticas visuales en dispositivos móviles con resultados de un modelo basado en competencias la mejor opción es hacer una aplicación web móvil para no restringir el uso de la aplicación a un dominio de dispositivos, además esta aplicación no requiere características propias de los dispositivos móviles. En este trabajo se optó al final por realizar una aplicación de tipo *sitio web móvil* ya que existe una aplicación web que incluye el módulo de analíticas visuales. El objetivo es extender el módulo de analíticas visuales hecho en web para dispositivos móviles.

#### V. CONCLUSIONES

En este artículo se realizó un estudio para la comparación de tecnologías para el desarrollo de aplicaciones móviles orientado a la visualización de analíticas de aprendizaje. Se hicieron prototipos de aplicaciones móviles usando un caso de una analítica de evaluación por competencias, y con base al estudio y los resultados de las pruebas obtenidas se puede decir que:

Dependiendo del tipo de aplicación a desarrollar se requiere de análisis previo para la toma de buenas decisiones. Es importante fijar el alcance de mi aplicación para medir en tiempo y costo el desarrollo del aplicativo. En referencia a las aplicaciones orientadas al desarrollo de analíticas visuales móviles se concluye que se debe tener un conocimiento claro del contexto para luego buscar y clasificar las librerías de visualización existentes en torno al problema, además que no es indispensable el desarrollo de aplicaciones nativas. Si específicamente se quiere trabajar con analíticas de aprendizaje este estudio refleja que no es necesaria la implementación del aplicativo en multi-plataformas nativas ya que no es bueno cerrar tanto el alcance del mismo y hacer la aplicación que corra de forma nativa en todas las plataformas es más costoso. Además se concluye que existen diversas formas de representar la misma información y diferentes librerías de visualización de analíticas para lograrlo, pero existen unas más completas que otras y desarrollarlo con una librería u otra también depende de los requerimientos propios del problema.

#### VI. TRABAJO FUTURO

Algunas ideas para extender el trabajo realizado son: primero incluir en el análisis comparativo y pruebas las aplicaciones híbridas. Otro aspecto es realizar pruebas funcionales de aceptación y de usabilidad de los prototipos presentados. Realizar más prototipos y extender hacia nuevos criterios de decisión y conclusiones más ajustadas a la hora de

decidir. Por último, hacer una revisión más amplia de herramientas tecnológicas para la visualización de analíticas de aprendizaje.

#### VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Valle por la financiación del proyecto Nube-UV. Por otra parte, queremos presentar nuestra gratitud a los profesores Martha del Socoro Millán y Javier Reyes de la Universidad del Valle por su acompañamiento y guía en el marco de este proyecto de investigación. Además, agradecemos a los compañeros del proyecto, Nathalia Henao y Oscar Chavarriaga, por su acompañamiento y aportes a este trabajo en particular durante las reuniones del proyecto. Por último damos las gracias a un estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Valle llamado Juan David Rengifo quién de forma indirecta colaboró y fue de gran ayuda para la investigación.

#### VIII. REFERENCIAS

- [1] M. Friendly and D. Denis, "Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization," *Seeing Sci. Today Am. ...*, 2008.
- [2] D. Keim, G. Andrienko, and J. Fekete, *Visual analytics: Definition, process, and challenges*. 2008, pp. 154–175.
- [3] J. Strecker, *Data Visualization in Review*: Summary. 2012.
- [4] H. Simon, "Learning Analytics: Leveraging Education Data [Infographic]," 2013. [Online]. Available: <http://edcetera.rafter.com/learning-analytics-leveraging-education-data-infographic/>.
- [5] L. Chittaro, "Visualizing Information on Mobile Devices," *Computer (Long Beach, Calif.)*, vol. 39, no. 3, pp. 40–45, Mar. 2006.
- [6] C. Valero, M. Redondo, and A. Palacín, "Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación," *La Educ. Digit. Mag.*, pp. 1–21, 2012.
- [7] H. P. Kuklinski, "Campusmovil. net. La primera Red Social Universitaria vía dispositivos móviles de iberoamérica. Un estudio de caso," ... *Rev. Iberoam. Educ. a ...*, 2012.
- [8] A. B. Alonso, I. F. Artime, M. Á. Rodríguez, R. G. Baniello, and E. P. S. I. G. I. De Telecomunicación, "Dispositivos móviles." 2010.
- [9] C. Fernández, "Investigación sobre ANDROID," 2008.
- [10] B. Frain, *Responsive Web Design with HTML5 and CSS3*. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2012.
- [11] F. Breu, S. Guggenbichler, and J. Wollmann, "Google's Unified Approach for Creating Dynamic Charts on the Web," *Vasa*, 2008.
- [12] L. María, "Diseño de la interfaz gráfica web en función de los dispositivos móviles," 2009.
- [13] C. Belloch, "Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el Aprendizaje," *Unidad Tecnol. Educ. (UTE)-Universidad ...*, pp. 1–9, 2012.
- [14] C. Shuler, N. Winters, and M. West, "El futuro del aprendizaje móvil: implicaciones para la planificación y la formulación de políticas," 2013.
- [15] J. Kuan, *Learning Highcharts*. 2012.
- [16] Comunidades Europeas, "El Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (EQF-MEC)," 2009.
- [17] W. Huttmacher, "Un aprendizaje basado en Competencias," 2003.
- [18] T. Latina, "Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina," *Inf. Final. Tuning—América Lat.*, pp. 1–432, 2004.
- [19] F. Gaviria and B. Eugenia, "Technology-enhanced support for lifelong competence development in higher education," 2013.
- [20] B. Florian-Gaviria and R. Glahn, Christian Fabregat Gesa, "A Software Suite for Efficient Use of the European Qualifications Framework in Online and Blended Courses," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 283–296, 2013.
- [21] Z. Cataldi and F. Lage, "TICs en educación: nuevas herramientas y nuevos paradigmas," ... *Tecnol. en Educ. y Educ. ...*, 2012.