

AppSimplex: Herramienta Tipo M-learning como Apoyo en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Programación Lineal en una Asignatura de Investigación de Operaciones

Amado Leyva¹, Mónica Carreño², Italia Estrada³, Andrés Sandoval⁴, Maray Carreño⁵

Depto. Sistemas Computacionales – Universidad Autónoma de Baja California Sur.
Carr. al Sur km. 5.5 – Col. El Mezquitito, CP 23080 La Paz, B.C.S.– México.

{aleyva¹, mcarreno², iestrada³, sandoval⁴, marayc⁵}@uabcs.mx

Abstract. *This paper presents a tool type M-learning called AppSimplex developed through the Mobile-D methodology; this app serves to support the teaching - learning of Linear Programming (LP) in the course of Operations Research . AppSimplex is an innovative , practical and functional tool to promote learning of the PL, specifically in the resolution of the issues to deterministic models of PL : Graphical Method , Duality Theory and Simplex Method.*

Keywords: *Linear Programming, M-learning, Mobile-D*

Resumen. *Este artículo presenta una herramienta tipo M-learning denominada AppSimplex desarrollada a través de la metodología Mobile-D; esta App sirve para apoyar el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Programación Lineal (PL) en la asignatura de Investigación de Operaciones. AppSimplex es una herramienta inovadora, práctica y funcional para favorecer el aprendizaje de la PL, específicamente en la resolución de los temas hacia los modelos determinísticos de PL: Método Gráfico, Teoría de Dualidad y el Método Simplex.*

Palabras claves: *Programación Lineal, M-learning, Mobile-D*

1. Introducción

Actualmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) están teniendo un impacto en nuestra sociedad creando un nuevo paradigma social, cultural y educativo. En el ámbito educativo, los modelos tradicionales en el proceso enseñanza-aprendizaje están pasando de ser estáticos, a tener gran movilidad con la finalidad de que los estudiantes tengan más espacios y recursos que les permitan desarrollar nuevas habilidades para la adquisición del conocimiento y así poder enfrentar los nuevos requerimientos que exige la presente sociedad. El *M-learning* (Mobile learning– Aprendizaje en movimiento) ofrece llevar el aprendizaje fuera del aula en cualquier lugar y en cualquier momento (anywhere - anytime); utilizando dispositivos móviles (smartphones, tablets, entre otros) - a través de una conexión a Internet - para favorecer y apoyar al ámbito educativo en el proceso enseñanza–aprendizaje [Ramírez, 2008]. Hoy en día, el *M-learning* es una opción para el desarrollo y generación de aprendizaje; desarrollando aplicaciones para dispositivos móviles basados en teorías de aprendizaje tales como: conductual, constructivistas, situacional, colaborativo, informal, asistido [Naismith, Lonsdale, Vavoula & Sharples 2004]; permitiendo al estudiante, que vive

inmerso en un mundo tecnológico, adquiera conocimientos y desarrolle habilidades para que su aprendizaje sea efectivo.

En la educación superior resulta evidente que los esquemas de aprendizaje usados de forma tradicional están siendo insuficientes ante una nueva generación de estudiantes [García, Santiago y Pimentel, 2011]. En las carreras del área de los sistemas computacionales, es un hecho que los estudiantes manifiestan que los temas de matemáticas son difíciles y poco aplicables en la vida diaria; además de esto, tienen por idea que al terminar de estudiar un tema, las operaciones y los razonamientos utilizados en él, no serán aplicables más adelante durante su formación [Galicia, 2006].

Dentro del área de las matemáticas aplicadas existen aspectos que inciden en la problemática para la enseñanza de la Programación Lineal (PL). Un problema real es que los estudiantes resuelven los cálculos aplicando fórmulas de manera mecánica e iterativa [Pizarro, 2009] y esto conduce a que no se preste atención a la interpretación geométrica y/o matricial sobre los modelos de optimización o programación matemática cuando estos son usados como apoyo a la de toma de decisiones para las asignaciones óptimas de recursos limitados.

En el desarrollo de este artículo se reporta como a través de la aplicación de una metodología se obtiene una herramienta tipo *M-learning* como un elemento innovador, práctico y funcional para favorecer el aprendizaje de la PL, específicamente en los temas de los modelos determinístico de PL: *Método Gráfico, Teoría de Dualidad y el Método Simplex*.

2. Marco Teórico

2.1. *M-learning*

Actualmente existen diversas definiciones de *M-learning*, las cuales coinciden en que intervienen los elementos de movimiento y aprendizaje utilizando dispositivos móviles. *M-learning* (Aprendizaje en movimiento), es un tipo de aprendizaje que tiene como principal característica el uso de dispositivos móviles, para favorecer y apoyar al ámbito educativo en el proceso enseñanza-aprendizaje [Ramírez, 2008].

El *M-learning* es un tipo de aprendizaje que se basa fundamentalmente en el uso de los dispositivos móviles como base en los procesos de enseñanza-aprendizaje, siendo esta una forma innovadora. El integrar un dispositivo móvil a los procesos de enseñanza-aprendizaje -*M-learning*-, trae consigo ventajas tanto a docentes como a estudiantes, siendo estas: mayor alcance e igualdad de oportunidades en la educación, facilidad para el aprendizaje personalizado, respuesta y evaluación inmediatas, aprendizaje en cualquier momento y lugar, empleo productivo del tiempo pasado en el aula, entre otras. [UNESCO, 2013].

Algunos autores afirman que el éxito de una aplicación *M-learning* en los contextos educativos dependerá en gran medida del diseño instruccional; de cómo se utilizan los dispositivos portátiles; y de la creación y adopción de políticas y procedimientos de uso y administración de los recursos [Aguilar, Chirino, Neri, Noguez & Robledo-Rella, 2010]. En base a lo anterior, se observa que el potencial de los dispositivos móviles como apoyo al proceso enseñanza brinda la oportunidad de aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar, convirtiendo una oportunidad

para el aprendizaje; es por ello que es necesario implementar este tipo de aplicaciones en el ámbito educativo.

2.2. Herramientas para apoyar la enseñanza de la PL

Existe una gran cantidad de herramientas o entornos que intentan apoyar la enseñanza de la PL, clasificándose en tres enfoques, según el tipo de plataforma. El primer enfoque, son herramientas de escritorio tanto licenciadas como libres; para utilizarlas es necesario un dominio previo de la herramienta o sus versiones no son compatibles con los sistemas operativos actuales, estas son: *Excel Solver* [Frontline Systems Inc., 2015], *MATHEMATICA* [Wolfram Inc., 2015], *Lindo* [Lindo Systems Inc., 2015], *GeoGebra* [Hohenwarter M., 2014], *Win QSB* [Chang Y., (s.f.)] y *LINGO* [Lindo Systems Inc., 2015].

El segundo enfoque, son las herramientas en Web: *PHPSimplex* [Waner, 2010] y herramientas métodos simplex [Izquierdo & Ruiz, 2006], sin embargo utilizan otro enfoque y metodología de resolución en lugar de ayudar puede confundir al estudiante en su proceso de aprendizaje de la PL.

Por último el tercer enfoque, son las aplicaciones móviles: para *IOS iSimplex* [Sofrecom Argentina S.A., 2011] y el algoritmo del Simplex [Mathstools C., 2014], *Simplex Method Solver* [Addam O., 2012], *Simple MIP Simplex Solver* [Nilsson J., 2014], *Linear Programming Grapher* [Waner S., 2013] para Android, estas resuelven los temas por separado o solo resuelven el método simplex o solo grafican o se mantienen como simples calculadoras, lo cual hace que el estudiante no cuente una herramienta móvil integral, donde pueda resolver y consultar la integración de los temas, para poder así realizar una interpretación como se debe de los resultados.

3. Metodología de Desarrollo

La metodología *Mobile-D* se basa en metodologías conocidas pero aplicadas de forma estricta como: *Extreme Programming (XP)*, *Crystal Methodologies* y *Rational Unified Process*. *XP* para las prácticas de desarrollo, *Crystal* para escalar los métodos y *RUP* como base en el diseño del ciclo de vida [Abrahamsson P. et al., 2004]. La metodología *Mobile-D* se divide en cinco fases siendo estas: exploración, inicialización, producción, estabilización y pruebas. (Ver figura 1). [Mobile-D, 2015]



Figura 1. Metodología *Mobile-D*

Las fases de la metodología *Mobile-D* son:

- *Exploración*, permite planificar y definir los conceptos básicos del proyecto, su alcance y el establecimiento con las funcionalidades a donde se desea llegar, además de la planificación de las demás fases.
- *Inicialización*, identifica los recursos necesarios para desarrollarla aplicación.
- *Producción*, se repiten iterativamente (planificación-trabajo-liberación) hasta implementar todas las funcionalidades. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas

(*Test-Driven-Development*, TDD), antes de iniciar el desarrollo de una funcionalidad debe existir la prueba que verifique su funcionamiento.

- *Estabilización*, se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema funcione correctamente.
- *Pruebas*, que tiene como meta la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. El producto terminado e integrado se prueba con los requisitos del cliente y se eliminan todos los defectos encontrados.

4. Desarrollo de la herramienta AppSimplex

En esta sección se aplicará la metodología *Mobile-D* para el desarrollo de la herramienta tipo *M-learning*. En la fase de *-exploración-*, para la obtención de requerimientos se basó en la experiencia y en la observación (durante un mes), esto debido a que como docente se tuvo el escenario natural del aula de manera más cercana, pudiendo observar cada una de las actividades involucradas en el proceso enseñanza-aprendizaje. La observación se hizo en los grupos (aprox. 37 estudiantes) que estaban cursando la asignatura de Investigación de Operaciones (IO) en ambos turnos, de la Licenciatura en Computación (LC).

Los requisitos que se obtuvieron son los siguientes: errores en los cálculos en el desarrollo del método simplex, errores al construir la gráfica del problema planteado, mala conversión de modelos matemáticos $\langle\langle\text{primal-dual}\rangle\rangle$, mala interpretación gráfica que coincida con los resultados, procesos iterativos no terminados en el método simplex, mala construcción de modelos matemáticos determinístico, poca lógica de interpretación de un problema (enunciado) al momento de construir un modelo matemático de PL, apatía en los temas de PL (método gráfico, simplex y la teoría de dualidad), ausencia de los alumnos al momento de estar impartiendo los temas de PL, tareas mal realizadas, malas notas de exámenes parciales y finales, poca entrega de ejercicios resueltos, no responden las interrogantes del docente, en cuanto a la interpretación de los resultados.

Después de analizar cada uno de los problemas anteriores se identificó y agruparon las principales causas que estaban interfiriendo en el proceso enseñanza-aprendizaje de la PL.

En la fase de *-inicialización-*, primeramente se identificó que la mayoría de los estudiantes cuentan con un dispositivo móvil que opera bajo el sistema operativo Android. Por otra parte se decidió que la herramienta sea nativa para aprovechar todas las características de hardware del dispositivo móvil. Se realizó el diagrama de casos de uso para la definición y la obtención de las funcionalidades de la herramienta. (Ver figura 2). El actor principal que interactúa con la herramienta es el estudiante, con el único fin de adquirir un aprendizaje a lo largo del uso de la herramienta. Los casos de uso que se encuentran inmersos son:

-*Conectar a la aplicación*, el estudiante podrá acceder a la herramienta mediante su ejecución.

-*Construir un modelo matemático de PL*, el estudiante podrá introducir los valores del modelo matemático que desea resolver, de forma matricial.

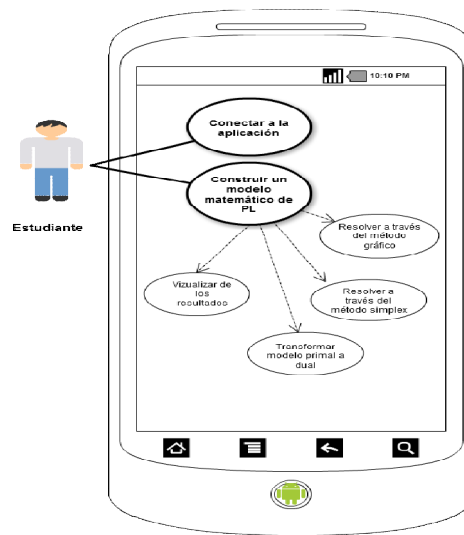


Figura 2. Casos de uso general de la herramienta.

-*Resolver a través del método gráfico*, este procedimiento procede a resolver el modelo matemático previamente ingresado por el método gráfico, el cual contiene cada una de las restricciones graficadas en el plano cartesiano.

-*Resolver a través del método simplex*, permite resolver el modelo matemático de PL introducido por el algoritmo simplex, que es un método iterativo que permite ir mejorando la solución en cada paso.

-*Transformar el modelo primal a dual*, realiza la transformación del modelo primal introducido originalmente por el modelo dual, el cual las propiedades del dual son importantísimas para la herramienta, ya que mitiga el impacto del poder de cómputo.

-*Visualizar los resultados*, se observa la solución óptima mostrada para hacer coincidir el método simplex con el método gráfico y poder obtener las interpretaciones necesarias para la optimización de los recursos escasos.

Como parte del modelo dinámico de la aplicación, también se realizaron diagramas de secuencias para definir el comportamiento de los objetos e interacción con el usuario, el objetivo de su elaboración es detallar la interacción entre clases y ubicar los métodos correspondientes de cada clase. El desarrollo de esta aplicación fue realizada sobre Android Studio como entorno de desarrollo integrado (IDE), basado en *IntelliJ IDEA* de código abierto (*Community Edition*), de la compañía *JetBrains* uno de los IDE para Java de primer nivel. El cual ofrece todas las herramientas necesarias para llevar a cabo la implementación de la herramienta de una manera flexible, optimizada y estable.

En cuanto a la fase de *-producción-* esta se desarrolló para que pueda ser utilizada bajo plataforma Android 4.0 o superior y tomando como base la cantidad de estudiantes que actualmente manejan esta plataforma en sus dispositivos móviles. El tiempo de desarrollo de la herramienta fue de seis meses. A continuación se muestra una captura de pantalla de la herramienta AppSimplex (Ver figura 3).

Por otro lado, en la fase de *–estabilización–* se realizaron las pruebas de integración de la herramienta derivadas del diagrama de casos de uso (Ver tabla 1).

Durante la fase de *–pruebas–*, la herramienta tipo *M-learning*: AppSimplex pasó por este proceso con el fin de conocer su aceptación y la calidad de la herramienta desarrollada, esta fue utilizada con estudiantes de la asignatura de IO en ambos turnos de la carrera de LC; para la pruebas fueron necesarios previamente definir algunos ejercicios para que los estudiantes pudieran participar en esta fase, los temas implícitos fue la resolución del modelo matemático de PL (modelo matemático, método gráfico, relación primal-dual, método simplex) y su interpretación, todo de manera integral en una sola herramienta.

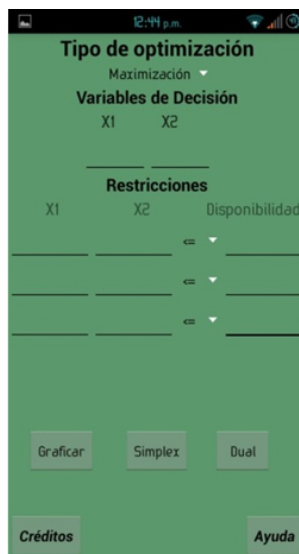


Figura 3. Pantalla inicial de la herramienta.

Caso de prueba #1	Construir un modelo matemático de PL	Resultado
Propósito	Que el estudiante pueda construir un modelo matemático para su resolución	Correcto
Prerrequisitos	Estar en la interfaz para la introducción de datos para la construcción del modelo	
Datos de entrada	-Tipo de optimización -Variables de decisión -Restricciones	
Pasos	-Seleccionar el tipo de optimización -Introducir las variables de decisión - Definir las restricciones	
Resultado esperado	Modelo resuelto	
Resultado real	Modelo resuelto y visualización de resultados	

Tabla 1. Plantilla utilizada para la fase de estabilización

Previo a esto se solicitó a los estudiantes que tuvieran un dispositivo móvil con sistema operativo Android 4.0 o superior participar en la sesión de prueba, del tal forma que el 75% de los estudiantes contaban con un Smartphone y al menos un 12% contaban con una tableta con esta característica. El número de estudiantes que estuvieron en la prueba fueron 20 del turno matutino, con una duración de dos horas y posteriormente a la semana de haberse impartido la primera prueba, se procedió con el turno vespertino, igual con una duración de dos horas y con 17 estudiantes.

Para obtener información inicial sobre la aceptación de la herramienta y el entendimiento de la misma por parte de los estudiantes, se asignaron tres ejercicios, la cual como primera actividad se procedió a la instalación de la aplicación en sus dispositivos móviles. Posteriormente se presentó la aplicación a los estudiantes, así como las actividades que se pueden desarrollar. Para ello por parte del docente ya se habían impartido los temas en el aula de clases con estos mismos estudiantes. Posteriormente los estudiantes tomaron los ejercicios propuestos y comenzaron con la utilización, introduciendo el modelo matemático determinístico de PL, previamente construido de forma lógica, aquí el estudiante pudo resolver dicho modelo por el método gráfico e interpretar su solución, seguido de esto pudo también resolver por el método simplex paso a paso el mismo modelo matemático antes introducido, para así

poder hace una comparación e interpretación de los resultados de los métodos antes mencionados. Esta herramienta tiene la particularidad de poder mostrar el modelo matemático dual que es una parte importante para la resolución del método simplex, ya que mitiga y reduce el esfuerzo de cómputo en los cálculos, además de poder analizar su construcción y significado.

Con la realización de estos ejercicios se pudieron obtener resultados positivos. La aceptación de la herramienta fue inmediata, hubo un gran interés por utilizarla desde la presentación inicial donde se explicó todo lo que comprende la AppSimplex y sus objetivos, así como su funcionamiento.

Se pudo notar que los estudiantes mejoraban la comprensión de los métodos y el análisis de los resultados en los temas de la PL; esto debido a que sus exámenes fueron mejores en comparación con cursos anteriores donde no existía la herramienta. Su participación fue tal, que llegaron a plantear la inclusión de nueva funcionalidad en la herramienta. Sus comentarios hacían notar la diferencia al trabajar con estos métodos de manera manual a la forma actual de trabajo con la AppSimplex; también indicaron que con esta nueva forma de trabajo durante el curso, podrían cubrir los temas establecidos para la asignatura de manera más fácil y rápida, y se podrían agregar otros nuevos sobre todo en lo que respecta al análisis de sensibilidad, que como tal lleva mucho tiempo el poder llegar al conocimiento y entendimiento profundo de esa teoría.

5. Breve recorrido por la aplicación móvil AppSimplex

La herramienta permite al estudiante dar un recorrido para aprender y practicar por las diferentes actividades que se le presentan. Para conocer el funcionamiento de la AppSimplex se mostrarán algunas interfaces. Al iniciar la herramienta muestra un interfaz donde el estudiante interactuará de manera principal con la herramienta (Ver figura 4), el estudiante podrá introducir un modelo matemático determinístico de PL, el cual tiene ciertas características de construcción (previamente impartidas en clase frente a grupo como modelos simbólicos de PL) y así poder dar solución de manera eficiente y poder interpretar los resultados para poder llegar a la toma de decisiones.

Para introducir el modelo matemático el estudiante podrá seleccionar el objetivo de la optimización del problema: - maximización o minimización- de una función lineal. Seguido deberá ingresar los coeficientes de la *función objetivo* que desea optimizar, dando valores de los coeficientes a la función lineal, posteriormente deberá ingresar los coeficientes de las restricciones, las cuales limitan el valor de las variables de decisión y se generan cuando los recursos disponibles son limitados. Por tal, el estudiante deberá seleccionar el tipo de restricción del que se trata ($\leq$, $\geq$, $=$). La herramienta se limita a dos variables de decisiones X_1 y X_2 por la implementación del método gráfico en un plano cartesiano XY.

Después de introducir los datos de entrada del modelo, el estudiante podrá resolver el modelo por él: *Método Gráfico* -plano cartesiano XY-, *Método Simplex* -proceso iterativo de solución- y realizar la *Transformación Dual* -relación primal-dual- (Ver figura 5); en este último el estudiante tiene la opción de visualizar dicha transformación, cabe mencionar que la misma herramienta en su proceso de solución matemático hace uso de esta transformación para mitigar el poder de cómputo para ciertos problemas que no se encuentran en su forma estándar. Ya que estos problemas

tienen la particularidad de ser alfanuméricos, siendo estos computacionalmente algoritmos ineficientes.

Los usuarios principales de la herramienta serán los estudiantes que cursen la asignatura de IO, como un elemento de apoyo en el proceso enseñanza-aprendizaje. Para el estudiante esta brinda una oportunidad para poder ejercitar los temas de la PL (desde cualquier lugar y en cualquier momento) y obtener los resultados cotejando con los diferentes métodos propuestos, llevando al estudiante a un proceso de instrucción en el que entiende lo que está aprendiendo y evitando así el aprendizaje mecanizado.

Tipo de optimización
Maximización

Variables de Decisión
X1 X2
25 30

Restricciones

X1	X2	Disponibilidad
1.50	3	450
2	1	350
.25	0.25	50

Gráfico Simplex Dual

Créditos Ayuda

Figura 4. Interfaz donde se muestra la introducción a la herramienta de un modelo matemático determinístico de PL.

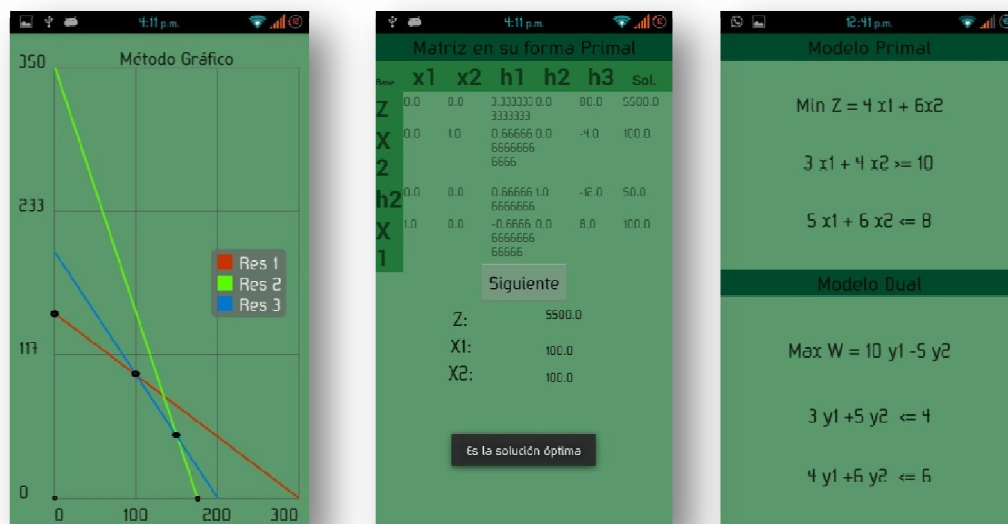


Figura 5. Diferentes interfaces de la herramienta, donde se observa los tipos de solución que se le puede dar a un modelo matemático determinístico de PL (Método gráfico, Método Simplex y Dualidad).

6. Resultados y Conclusiones

El principal resultado fue el desarrollo AppSimplex para apoyar el proceso enseñanza-aprendizaje de IO, específicamente de la PL; al realizar las pruebas de aceptación (encuestas) los estudiantes aprobaron la herramienta por su simplicidad de uso y utilización desde cualquier lugar y en cualquier momento.

En conclusión, la implementación de nuevas tecnologías en un ambiente educativo da un valor agregado al proceso enseñanza-aprendizaje, con la utilización de recursos didácticos diferentes a los que tradicionalmente se utilizan; herramientas que apoyen el aprendizaje y se pueda potenciar la construcción de conocimiento, brindando de instrumentos que permitan crear un ambiente de estudio amigable, despertando así el interés para facilitar el aprendizaje.

Generalmente los docentes no utilizan en clase este tipo de aplicaciones por el tipo de distractor que presenta un dispositivo móvil en un estudiante (llamadas, mensajería, redes sociales, entre otros.) a la hora de estar impartiendo la cátedra. El hecho de que sea un aprendizaje libre no significa que carezca de control si no al contrario son muchas las ventajas muy particulares y efectivas que podrá garantizar este proceso como: la disponibilidad de no estar en solo lugar para aprender (anytime & anywhere), la interacción directa estudiante-docente, la penetración de los dispositivos móviles en los estudiantes, el costo de adquisición de los dispositivos móviles, la accesibilidad de los dispositivos móviles en cuanto a sus funciones, mayor portabilidad y funcionalidad.

Referencias

- Abrahamsson P., Hanhineva A., Hulkko H., Ihme T., Jaalinoja J., Korkala y Koskela J. (2004). Mobile-D: An Agile Approach for Mobile Application Development, <http://www.oopsla.org/2004/ShowEvent.do?id=622>, Acceso [Enero 2015].
- Addam O. (2012). Simplex Method Solver (Versión 1.0) [App], https://play.google.com/store/apps/details?id=mathboy.ams.simplexmethod&hl=es_419, Acceso [Mayo 2015].
- Aguilar, G., Chirino, V., Neri, L., Noguez, J., Robledo-Rella, V. (2010). Impacto de los recursos móviles en el aprendizaje. 9ª Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática, Orlando Florida, EE.UU.
- Chang Y. (s.f.). WinQSB (Versión 2.0), [Software PC], <http://www.softonic.com/s/winqsb-ultima-version>, Acceso [Mayo 2015].
- Frontline Systems, Inc. (2015). EXCEL Solver [Software PC], <http://www.solver.com>, Acceso [Mayo 2015].
- Galicía M. (2006). Actividades didácticas que fortalecen los conocimientos previos para generar nuevos, en la introducción a los métodos algebraicos de solución de ecuaciones lineales, www.benavente.edu.mx/investigacion, Acceso [Abril 2015].
- García N., Santiago O., Pimentel A. (2011). Construcción de un esquema de aprendizaje para la enseñanza de algoritmos. 13 Foro Estatal de Investigación Científica y Tecnológica. (pp. 251 -254) ISBN: 978-607-7849-19-3.

- Hohenwarter M. (2014). *GeoGebra* (Versión 4.4.43.0) [Software PC], www.geogebra.org, Universidad de Atlantic, Florida. Acceso [Mayo 2015].
- Izquierdo D. & Ruiz J. (2006), *PHPSimplex* (Versión 0.9), <http://www.phpsimplex.com/simplex/simplex.htm?l=es>, Acceso [Mayo 2015].
- Lindo Systems, Inc. (2015). *LINDO* [software PC], <http://www.lindo.com/>, Acceso [Mayo 2015].
- Lindo Systems, Inc. (2015). *LINGO* (Versión 15.0) [Software PC], http://www.lindo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=10, Acceso [Mayo 2015].
- Mathstools C. (2014). El algoritmo del Simplex (Versión 7.2) [App], https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mathstools.simplex&hl=es_419, Acceso [Mayo 2015].
- Mobile-D - Electronics -AGILE - Agile Software Technologies, <http://agile.vtt.fi/mobile.html>, Recuperada [Mayo 2015].
- Naismith, L., Lonsdale P., Vavoula G., Sharples M. (2004). Report 11: Literature review in mobile technologies and learning. Nesta FuturesLab Series, ISBN: 0-9548594-1-3 University of Birmingham, UK.
- Nilsson J. (2014). Simple MIP Simplex Solver (Versión 2.1), [App], <https://play.google.com/store/apps/details?id=se.jenseri.knilsson.solver>, Acceso [Mayo 2015].
- Pizarro T. (2009). Las TICs en la enseñanza de las Matemáticas, Aplicación al caso de Métodos Numéricos; Tesis de Magíster en Tecnología Informática Aplicada en Educación. Universidad Nacional de La Plata, http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Magisters/Tecnologia_Informatica_Aplicada_en_Educacion/Tesis/Pizarro.pdf. Acceso [Mayo 2015].
- Ramírez M., M. S. (2008). “Dispositivos de mobile learning para ambientes virtuales: implicaciones en el diseño y la enseñanza”. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica. Apertura Año 8. Número 9. Nueva época. Diciembre 2008. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68811230006>. Acceso [Enero 2015].
- Sofrecom Argentina S.A (2011). *iSimplex* (V2.1), [App], <https://itunes.apple.com/mx/app/isimplex/id442848715?mt=8>, Acceso [Mayo 2015].
- UNESCO (2013). Directrices para las políticas de aprendizaje móvil. ISBN 978-92-3-001145-1. Publicado en 2013 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia
- Waner S. (2013). Linear Programming Grapher (Versión 1.0) [App], <http://www.amazon.es/Stefan-Waner-Linear-Programming-grapher/dp/B00EUSD9EW>, Acceso [Mayo 2015].
- Waner (2010). Matemáticas finitas utilidad: herramienta método simplex, <http://www.zweigmedia.com/MundoReal/simplex.html>, Acceso [Mayo 2015].
- Wolfram Inc. (2015). MATHEMATICA [Software PC], <http://www.wolfram.com/>, Acceso [Mayo 2015].