



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE
ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN
UNA APLICACIÓN MÓVIL**

Wender Wilfredo Alvarado Maldonado

Asesorado por MSc. Inga. Alicia Eugenia Ruano Aguilar

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE
ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN
UNA APLICACIÓN MÓVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

WENDER WILFREDO ALVARADO MALADONADO

ASESORADO POR LA MSC. INGA. ALICIA EUGENIA RUANO AGUILAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Perez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj
EXAMINADOR	Ing. César Rolando Batz Saquimux
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN UNA APLICACIÓN MÓVIL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha febrero de 2019.

Wender Wilfredo Alvarado Maldonado

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Wender Wilfredo Alvarado Maldonado', written in a cursive style with some overlapping strokes.

AATT-MTIPP-001-2018

Guatemala, 14 de junio de 2018.

Director
Marlon Antonio Pérez Türk
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Wender Wilfredo Alvarado Maldonado** con carné número **200011627**, quien opto la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

Alicia Eugenia Ruano Aguilar
INGENIERA EN CIENCIAS Y SISTEMAS
COLEGIADO No. 11642

Alicia Eugenia Ruano Aguilar
MSc. Inga. Alicia Eugenia Ruano Aguilar
Asesor (a)

"Id y Enseñad a Todos"

MARLON ANTONIO PEREZ TURK
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS
COLEGIADO No. 4492

Marlon Antonio Pérez Türk
MSc. Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
Coordinador de Área
Transferencia Tecnológica

Murphy Olympo Paiz Recinos
MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc archivo/L.Z.L.A.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.

SISTEMAS
Y
CIENCIAS
EN
INGENIERÍA
DE
ESCUELA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24188000 Ext. 1534

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación, **“DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN UNA APLICACIÓN MÓVIL”** realizado por el estudiante, WENDER WILFREDO ALVARADO MALDONADO, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Ing. Carlos Gustavo Alonzo

Director

Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 26 de noviembre de 2019



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN UNA APLICACIÓN MÓVIL**, presentado por el estudiante universitario: **Wender Wilfredo Alvarado Maldonado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas sus bendiciones. Por darme salud y fuerzas para alcanzar todas mis metas y haberme dado la inteligencia para tomar las decisiones que me han llevado por este camino.
- Mi padre** Por ser un ejemplo de trabajo duro y superación constante, por siempre apoyarme en todas las dificultades. Por ser un ejemplo de honestidad y trabajo duro.
- Mi madre** Por ser un pilar importante en mi vida, por siempre preocuparse por mi educación y guiarme en la disciplina para alcanzar las metas.
- Mi esposa** Por apoyarme y soportar los desvelos constantes, y el tiempo sacrificado. Saber que siempre contare con tu apoyo y motivación en mi crecimiento personal e intelectual.
- Mis hermanos** Por ser un apoyo en mis estudios, por tener la certeza de que puedo contar con ellos ante cualquier desafío y tener una mano de ayuda siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis compañeros

Por formar parte de este proceso, y del aprendizaje y vivencias compartidas a lo largo de muchos años de estudios.

Mi asesora

Por sus conocimientos y orientación, por estar cuando fue necesario para poder culminar exitosamente mi trabajo de graduación.

Mis catedráticos

Por transmitirnos sus conocimientos a lo largo de la carrera, no solo compartiendo conocimientos sino también experiencias, en especial a la ingeniera María Elizabeth Aldana Díaz, por su ayuda brindada en los trámites de graduación.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por la formación académica invaluable brindando en estos años de estudio, agradecimientos a la Facultad de Ingeniería y a la escuela de estudios de posgrados por todo el aprendizaje obtenido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VVII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIXIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3. OBJETIVOS	11
3.1. Objetivo general.....	11
3.2. Objetivos específicos.....	11
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
6. ALCANCES	21
6.1. Perspectiva investigativa	21
6.1.1. Alcance descriptivo.....	21
6.2. Perspectiva técnica.....	21
6.3. Perspectiva de resultados	22
7. MARCO TEÓRICO.....	23

7.1.	M-Learning	23
7.2.	Protocolos de transferencia de archivos	24
7.2.1.	<i>Bluetooth</i>	24
7.2.2.	NFC	25
7.2.3.	Arquitectura de transferencia para redes móviles ...	26
7.3.	Arquitectura móvil.....	27
7.3.1.	<i>Framework</i>	28
7.3.2.	Lenguaje de programación.....	28
7.3.3.	Compresión de datos	29
7.4.	Algoritmos de compresión.....	30
7.4.1.	Categorías.....	31
7.4.1.1.	Algoritmo de compresión sin pérdidas	32
7.4.1.2.	Algoritmo de compresión con pérdidas.....	32
7.4.2.	Compresión multimedia.....	32
7.4.3.	Compresión en dispositivos móviles	33
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.	METODOLOGÍA	37
9.1.	Técnicas de recolección de información:	39
9.2.	Fases del estudio	39
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	41
10.1.	Estadística descriptiva.....	41
11.	CRONOGRAMA.....	43

12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
12.1.	Factibilidad operativa.....	45
12.2.	Factibilidad técnica	46
12.3.	Factibilidad económica	47
	CONCLUSIONES	49
	RECOMENDACIONES	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Scalable Video Coding (SVC)	5
2.	Crecimiento de la telefonía en Guatemala	8
3.	Adaptación al contenido.....	17
4.	Arquitectura.....	18
5.	Tabla de clases de potencia de <i>Bluetooth</i>	24
6.	Comparación entre <i>Bluetooth</i> y NFC	25
7.	Esquema temporal y flujo de mensajes durante un servicio de descarga de archivos en MBMS	27
8.	Flujo de compresión.....	29
9.	Esquema de compresión y descompresión de datos.....	31
10.	Efectos de los errores en la transmisión de imágenes comprimidas	34
11.	Cronograma	44

TABLAS

I.	Variables e indicadores	38
II.	Costos de operación	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<i>dBm</i>	Decibelio-milivatio
<i>mW</i>	Megavattios

GLOSARIO

Android	Sistema operativo de código abierto basado en Linux, inicialmente diseñado para dispositivos móviles, aunque en la actualidad se ha implementado en automóviles, relojes, televisiones, etc.
App Store	Es un servicio para dispositivos creados por Apple, con la finalidad de centralizar búsqueda y descarga de todo tipo de aplicaciones.
Apple	Empresa multinacional estadounidense que ha diseñado dispositivos electrónicos de gran renombre como los son los iPhone, iPod, iPad, entre otros.
Apple Pay	Billetera electrónica desarrollada por Apple, para el pago de transacciones por medio del iPhone
Bit	Es la unidad mínima de información que se puede almacenar, los únicos valores posibles son cero o uno.
e-learning	Se refiere al aprendizaje de manera electrónica, haciendo uso de dispositivos electrónicos.

Framework	Es un entorno de trabajo utilizado para el desarrollo y organización de software bajo un esquema establecido.
Google Wallet	Billetera electrónica desarrollada por Google, para el pago de transacciones en línea haciendo uso de un dispositivo andriod.
Hand Shake	El establecimiento de la comunicación entre puntos, literalmente apretón de manos, es utilizado en tecnologías informáticas, telecomunicaciones y otras conexiones.
HD	High Definition, se refiere a la calidad de la imagen en cuanto a su resolución.
HQ	High Quality, se refiera a la calidad de imagen y video, que involucra tanto el formato, tamaño y resolución de la imagen o video.
HTML	HyperText Markup Language, es un lenguaje de programación utilizado para el desarrollo de aplicaciones web.
m-learning	El uso de dispositivos móviles para el apoyo dentro del ámbito educativo.
Peer to Peer	Se refiere a una conexión punto a punto entre ordenadores sin que exista un intermediario en la comunicación.

Smartphone

Se refiere al teléfono celular inteligente. Con un sistema operativo que soporta el uso de aplicaciones móviles

SVC

Por sus siglas en inglés, Scalable Video Code es un tipo de codificación de video.

RESUMEN

El sistema educativo de Guatemala, en general no ha sufrido alteraciones en década, y con el auge de la tecnología, se podría mejorar de manera significativa el aprendizaje de los estudiantes, de nivel medio y superior, tomando en cuenta el costo de introducción de la tecnología en los establecimientos públicos y privados, y tomándolo como una limitante.

Lo que se busca cubrir con el desarrollo del prototipo es la falta de aplicaciones orientadas a la educación, que busquen solucionar las limitantes que se tienen actualmente, como es el uso de datos para transferir archivos, el no contar con una herramienta que tome en cuenta las características del dispositivo para poder adaptar cierto contenido, y que esto incurra en gastos extras para el dueño del dispositivo, tomando en cuenta que la mayoría de estudiantes que poseen un teléfono inteligente aun no cuentan con un ingreso propio o fijo.

El prototipo lo que busca es proveer de soporte tanto a los estudiantes como catedráticos, haciendo uno de las características básicas de un teléfono inteligente, sin importar las características y que tanto estudiantes como catedráticos puedan apoyarse en una aplicación móvil para la transferencia de archivos relacionados a los cursos, como el tener una herramienta de comunicación dedicada a la educación.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de *e-learning* son herramientas que aplican tecnología electrónica como apoyo para el aprendizaje. El término *e-learning* ha ido evolucionando, adaptándose a los avances tecnológicos, y se acuña el término *m-learning* como el uso de dispositivos móviles para realizar actividades de aprendizaje. Los dispositivos más utilizados por los estudiantes son los teléfonos celulares, por lo que es importante tomar en cuenta que la gama de dispositivos es amplia y el contenido debe ajustarse a las diferentes características de estos, incluso tomando en cuenta la disponibilidad de datos en los teléfonos celulares.

Tomando en cuenta los puntos antes mencionados, el presente trabajo realizará un prototipo de herramienta *m-learning* para almacenar y compartir archivos relacionados con los cursos, para apoyar a los catedráticos.

Se iniciará con el estudio de los antecedentes del desarrollo de aplicaciones móviles, cómo han ido evolucionando estas durante los recientes años. Como primera parte se presentan los antecedentes de la tecnología actual dentro de Guatemala, y cómo la capacidad de disco en un dispositivo móvil puede llegar a ser una limitante al momento de utilizar alguno de estos.

Luego se estudiarán las diferentes opciones que se tienen al querer optimizar el espacio en disco, como la compresión de los archivos dentro de los dispositivos, adaptar este contenido al tipo de dispositivo para que no se desperdicie, tanto el espacio en disco como la memoria y el procesador, al tener un archivo demasiado grande.

1. ANTECEDENTES

Los dispositivos móviles son utilizados para interactuar por medio de redes sociales, navegar por Internet, intercambiar información por medio de correos electrónicos, ver videos, etc. Todas estas también son actividades que se pueden hacer en el ámbito educativo, por eso es importante el uso de estos dispositivos en la educación, esto se conoce como m-learning.

El uso de dispositivos móviles en la educación es una buena herramienta que no ha sido explotado del todo. Se han realizado estudios que analizan cómo se pueden integrar los dispositivos móviles con la enseñanza y el aprendizaje, y se reveló que se pueden dividir en 2 tipos de acuerdo a los dispositivos en los que se enfocan los mismos: (1) enfocados en cómo se utilizan las laptops en las escuelas; (2) aquellos enfocados en las aplicaciones de dispositivos móviles en la educación. (Sung, Chang, & Liu, 2016). Este último tipo de estudios se basa en un estudio realizado que demuestra que el uso de las laptops en la educación tiene un impacto positivo, pero también se hizo notar que el uso de estas no demostraba un incremento en la forma de pensamiento de los estudiantes. También se hizo una comparación con el uso de dispositivos móviles, y se notó que muchos de estos estudios enfocaban el uso de los dispositivos móviles en tareas sin retos o en tareas demasiado fáciles que no requerían demasiadas habilidades. Lo que el estudio demuestra es que al usar aplicaciones mejor diseñadas estas son más efectivas que el uso de computadoras.

El uso de las TIC es algo que se da de manera más frecuente en todos los países, siempre existen nuevas tecnologías día con día que informan de acontecimientos alrededor del mundo, transmitiendo información sin importar la

distancia. Pero se debe considerar que el dispositivo debe contar con características de memoria y procesamiento para ser capaz de almacenar y desplegar imágenes, videos o aplicaciones, lo que refleja la importancia del manejo del contenido en los dispositivos móviles.

El manejo del contenido dentro de un dispositivo móvil se puede dar de muchas maneras, puesto que en algunos dispositivos móviles existen optimizadores para aumentar la rapidez de procesamiento y memoria, eliminando datos innecesarios o restringiendo aplicaciones. Otra forma de optimización común es la eliminación de caché de las aplicaciones para aumentar la velocidad de procesamiento, según Raghavan, Salomaki y Lencevicius. El funcionamiento depende tanto del hardware como del software, pero es el software el que genera carga al hardware. Este acercamiento se enfoca más a la optimización del contenido por medio del software para que se adapte mejor a las características del dispositivo en el que se encuentra.

Una forma de mejorar el rendimiento de un dispositivo es por medio de liberar espacio en disco, para esto se pueden eliminar archivos innecesarios, pero esto muchas veces representa que el usuario lo haga de una manera manual, lo cual puede ser tedioso. Otra manera es comprimir archivos viejos dentro del sistema. Una de las formas más básicas de compresión se encuentra en el uso de algoritmos de compresión para obtener archivos de menor tamaño, ya sea para almacenar o transferir. Los algoritmos más comunes están pensados para optimizar texto (Suzuki, Hasegawa, Hamamoto, & Aizawa, 2011), aunque existen algoritmos específicos para imágenes (Chiranjeevi y Jena ,2016) y video (López, Callicó, López y Sarmiento, 2016).

En el artículo Document recommendation using data compression, Suzuki, Hasegawa, Hamamoto y Aizawa (2011) utilizan el algoritmo LZ28, que es uno de

los más utilizados para la compresión de documentos, pues básicamente busca patrones dentro de los archivos para hacer la optimización de estos. Para los archivos de texto se utiliza una forma de compresión llamada PRDC, por sus siglas en inglés, que significa Patter Representation scheme using Data Compression (Suzuki, Hasegawa, Hamamoto, & Aizawa, 2011). Esta utiliza patrones para ir optimizando el documento. También en el artículo se ve una forma optimizada del PRDC llamada PRDCUD, que utiliza un documento auxiliar como un diccionario empleado para clasificar y filtrar cierto tipo de datos. La compresión de texto es la aplicación más sencilla de un algoritmo de compresión que se pueda dar, y dado que se da por medio de patrones, el nivel de compresión tiende a ser más alto y esto liberaría mayor espacio en un dispositivo que lo necesite.

Dentro de la compresión de imágenes existen diferentes algoritmos de compresión de las imágenes que afectan la calidad y el tamaño que ocupan. Una de las técnicas de compresión más comunes es el conocido JPEG, que fue introducido por el grupo Joint Photographic Expert Group (JPEG) (Chiranjeevi y Jena, 2016). La compresión de imágenes busca transmitir imágenes con menos bits. Dentro de la compresión de imágenes se encuentran dos tipos: cuantización escalar y cuantización vectorial.

La cuantización vectorial es una técnica de compresión que no usa transformación, es una herramienta poderosa y eficiente para la compresión de imágenes con pérdidas. El objetivo principal de la cuantización vectorial era diseñar un libro de codificación eficiente que contuviera palabras de código en el cual se asigna una imagen vector basándose en la distancia euclidiana mínima (la distancia más cercana entre dos puntos). (Chiranjeevi y Jena, 2016). El conocer la diferencia entre la compresión sin pérdidas y con pérdidas permitirá

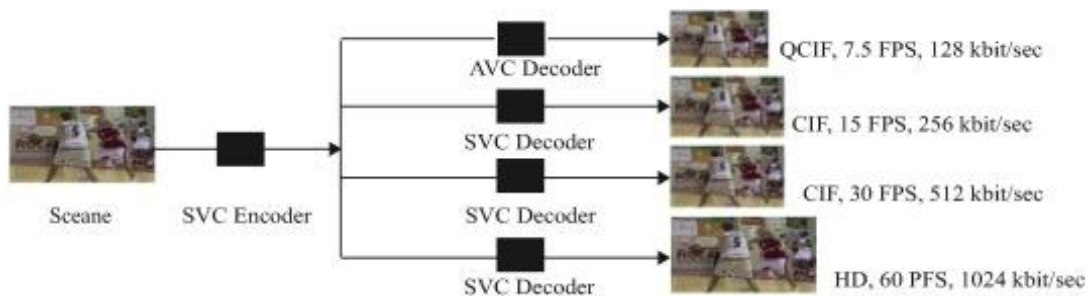
saber qué tanta calidad es posible sacrificar al momento de adaptar la resolución de la imagen con la resolución de cada dispositivo.

Los archivos que ocupan más espacio en un dispositivo son los videos, estos pueden ser en ocasiones difíciles de reproducir dependiendo de la calidad y de la codificación que tengan, o que no sean compatibles con los muchos dispositivos. En el artículo Adaptive and ubiquitous video streaming over wireless mesh networks, Mubashir, Hassan y Farooq (2015) plantean el problema del streaming de video en redes wireless, y para solucionar problemas de streaming en la pérdida de paquetes debido al tamaño de los videos y el tipo de dispositivo que los está reproduciendo se propone el esquema interactivo de streaming llamado Scalable Video Coding (SVC) (Hassan y Farooq, 2015).

Scalable Video Coding es una extensión de H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding (AVC), es un tecnología de codificación de video bajo un estándar de alta resolución que permite que el video generado se pueda adaptar para ofrecer una variedad de video de más baja resolución, manteniendo una calidad aceptable sin degradar la calidad del video, que es la idea básica del SVC: ofrecer videos de diferentes resoluciones que se adapten a las necesidades del usuario que lo está reproduciendo, como se puede apreciar en la figura 1, con lo cual se obtiene un video original y, al aplicarle el codificador SVC, se pueden tener diferentes resoluciones en las que el usuario puede elegir una de ellas; esto sería muy útil si el dispositivo es un teléfono celular de gama baja o media.

Si bien SVC está pensado para que el usuario seleccione la calidad de video que más se ajuste a sus capacidades computacionales, esto quiere decir que no fue pensado para usarse en dispositivos móviles como teléfonos o tablets, pero es una buena herramienta para tomar en cuenta al momento de satisfacer la necesidad del usuario en cuanto al uso de multimedia en sus dispositivos.

Figura 1. Scalable Video Coding (SVC)



Fuente: SVC. (2018). Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/>.

La compresión de video será un poco más difícil por aplicar, pero tendrá un gran uso si lo que se necesitara es compartir un video de alguna cátedra o un tutorial, lo cual ahora es muy común en video, dada la existencia de Youtube y otras plataformas. Esta sería una gran aplicación para que el estudiante enfoque la herramienta como una aplicación de m-learning.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

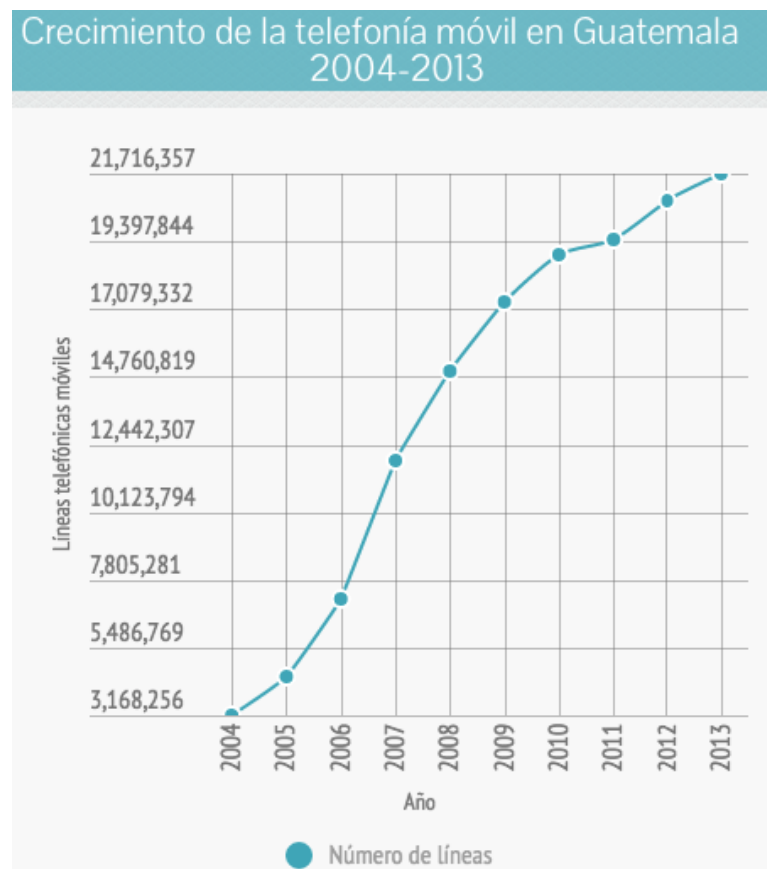
Alrededor del mundo se observa un auge en las telecomunicaciones y las personas cuentan con acceso a un dispositivo electrónico, ya sea un teléfono, PDA, tablet, laptop o PC. Estos elementos son claves para la comunicación entre las personas y aún más importante para el *electronic learning* (e-learning).

El *e-learning* ha ido evolucionando con el transcurso del tiempo y de este se destaca lo que se conoce como *Mobile Learning* o *m-learning*, que es el uso de dispositivos móviles para actividades de aprendizaje, esto debido a la creciente omnipresencia de los dispositivos móviles y su adopción en temas académicos. El Consorcio de Nuevos Medios identifica en el 2011 que las tecnologías emergentes tendrán un impacto significativo en la enseñanza, el aprendizaje y la expresión creativa en la educación en todo el mundo (Johnson E., 2011). Si bien el uso de móviles está más relacionado a la idea de redes sociales o juegos, también son herramientas útiles para el apoyo en las actividades educativas, como se reconoce en el artículo *A research about mobile learning perspectives of university students who have accounting lessons*. El *mobile learning* se describe como “un arreglo de formas de cómo la gente aprende o permanece conectada con sus ambientes de aprendizaje mientras están en el celular”.

Hay muy pocas herramientas educativas de que la Facultad de Ingeniería puede hacer uso como una herramienta de *m-learning*, esto se puede dar debido a diversos factores, como los ser recursos económicos, desconocimiento o, en ocasiones, porque no existe algo que se ajuste a las necesidades de los estudiantes o catedráticos. Si bien para algunos estudiantes el uso de un *smartphone* como apoyo para cursos y tareas no es algo habitual, se puede partir

de la idea de que la gran mayoría de estudiantes tienen acceso a un teléfono móvil inteligente o *smartphone*. Según las estadísticas en la figura 2, en Guatemala existen más teléfonos móviles que habitantes:

Figura 2. Crecimiento de la telefonía en Guatemala



Fuente: Batres, (2014). *Crecimiento telefónico en Guatemala*.

Ahora bien, existen diferentes tipos de *smartphone*, categorizados en gama baja, media o alta, y cada dispositivo muestra la información de manera diferente dependiendo de la característica del teléfono, lo que representa un obstáculo, ¿Cómo mostrar de la misma manera el contenido para diferentes dispositivos, y que esto no sea un obstáculo para llevar la información a todos de la misma manera? Aquí es donde se debe tener en cuenta la adaptación del contenido.

La adaptación del contenido para los dispositivos móviles se realiza con base en la configuración del dispositivo, tomando en cuenta la resolución de la pantalla, memoria, procesador del dispositivo, puesto que se busca que se haga de manera óptima y que llegue de la misma manera a todos los usuarios. Este es un punto importante a considerar para cualquier herramienta de *m-learning*.

Otro punto a tomar en cuenta es compartir archivos o información dentro de una herramienta de *m-learning*, debido a que puede darse el caso de que no todos los establecimientos cuenten con una red Wi-Fi, o si cuentan, de que no esté abierta a todos, por lo que muchas veces enviar archivos puede ser una tarea tediosa más si estos son de gran tamaño, por lo que se deben considerar alternativas como *Bluetooth* o NFC (Near-Field Communication, tecnología para la transferencia de datos sin la necesidad de conectarse a alguna red o *Bluetooth*). Se necesita tener un emisor y un receptor con el NFC habilitado para poder realizar una transferencia, el contenido a transferir lo determinará la aplicación que se encuentre en primer plano. Actualmente se emplea para realizar pago a establecimiento por medio de aplicaciones de pago como Google Wallet o Apple Pay. Lo anterior plantea la siguiente pregunta:

- ¿Cómo optimizar la adaptación del contenido en una herramienta de *m-learning*?

Con base en la pregunta principal se formulan las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Qué métodos existen para adaptar el contenido a los dispositivos móviles?
- ¿Qué métodos existen para realizar transferencias de archivos entre dispositivos?

- ¿Cómo implementar un protocolo para mejorar la administración y transferencia del contenido y minimizar el uso de espacio en disco del dispositivo móvil?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Crear un prototipo de aplicación móvil que optimice la adaptación del contenido en una herramienta de *m-learning*.

3.2. Objetivos específicos

- Implementar un método de adaptación del contenido para archivos dentro de un dispositivo móvil.
- Implementar un método para mejorar la administración de contenido y transferencia de archivos para minimizar el uso de espacio en disco del dispositivo móvil.
- Implementar un método de transferencia de archivos entre dispositivos móviles.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de graduación se desarrolla en la línea de la investigación de sistemas para impulsar el desarrollo de aplicaciones móviles. El enfoque está en la implementación de aplicaciones móviles en el entorno de aprendizaje como una herramienta complementaria.

Según la revista digital Estrategia y Negocios (Revista Estrategia y Negocios, 2016), en Guatemala, al auge de la tecnología ha alcanzado un gran nivel, viendo avances en la tecnología, ciencia, medicina, entre otros, haciendo crecer al país y haciéndolo más competitivo a nivel internacional. Y para muchos profesionales el Internet es parte del día a día en su trabajo, por lo que es una herramienta esencial para todo profesional. En el ámbito educacional se observa la misma metodología al momento de impartir una clase, se hace de manera presencial, con el uso de un pizarrón o una cañonera para proyectar cierta información, siguiendo una misma metodología para impartir todos los cursos.

Los dispositivos móviles en un salón de clases resultan ser una herramienta muy útil, uno de los beneficios que permiten es el envío de material, como documentos, videos, tutoriales, entre otros. Ahora bien, se debe tomar en cuenta que no todos los dispositivos móviles tienen las mismas características en cuanto a tamaño de pantalla, memoria, procesador, entre otros, y estas características influyen grandemente en el contenido que se muestra.

El contenido no se visualizará de la misma manera en una *tablet* que en un teléfono celular, debido a que estos cuentan con diferentes resoluciones de pantalla, y a una mayor resolución se necesita un mayor procesador. Por esto es

importante contar con una herramienta que pueda adaptar el contenido con base en las características del dispositivo en las que se encuentra, de esta manera el contenido no ocupará mayor espacio del necesario y, todavía más importante, no necesitará más recursos que los que posee el dispositivo, haciendo que el contenido compartido pueda ser visto por todas las personas que lo reciban.

Entonces se pretende desarrollar un prototipo de aplicación que optimice el contenido basándose en las características del dispositivo, de esta manera se eliminan los límites que muchas veces los dispositivos móviles tienen en cuanto a recursos para recibir, mostrar y transferir archivos.

5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

- Necesidades a cubrir

Dentro de las necesidades que se quieren cubrir con el presente trabajo están desarrollar una aplicación móvil que adapte el contenido dentro de la aplicación, para que se vea de la manera más óptima en el dispositivo móvil que la recibe. Los dispositivos móviles están presentes en los colegios y universidades, pero no cumplen con alguna función dentro de estos establecimientos, porque no se ve la necesidad de implementar y apoyarse en la tecnología para mejorar la manera en la que son impartidos algunos cursos dentro de estos ámbitos.

Si el buen uso de dispositivos móviles para hacer *m-learning* depende de muchos factores, se debe tomar en cuenta que cada dispositivo es diferente, tienen características diferentes y, por ende, su desempeño varía en gran manera. Es por esto que se ve la necesidad de poder adaptar el contenido para todos los dispositivos móviles y, más aún, que el uso de una de estas aplicaciones no comprometa el desempeño de los dispositivos que tienen menor capacidad de procesamiento o disponibilidad en el almacenamiento.

- Esquema de solución

Para satisfacer las necesidades antes mencionadas se trabajará en los siguientes aspectos:

- Aplicación de *m-learning*

La primera etapa involucra el desarrollo de una aplicación móvil que hará la función de un repositorio de archivos, en donde se podrá compartir documentación, imágenes y videos relacionados con cursos. En este punto se desarrollará la funcionalidad básica de la aplicación, cuyo objetivo es poder dar apoyo a los cursos y ser un canal de comunicación entre los catedráticos y los estudiantes. Las características básicas de la aplicación son:

- Categorización por usuarios
- Manejo de carpetas de contenido
- Visualización de contenido
- Transferencia de archivos

- Adaptación del contenido

En la adaptación al contenido lo que se busca es optimizar el uso de los recursos del dispositivo móvil. Al tener una aplicación base que maneje las funciones básicas y que permita elegir qué archivos se desean optimizar, si el dispositivo es de una resolución básica en cuanto a la pantalla, reproducir un video en HD o un audio en HQ, representa un consumo alto de recursos, por lo que convertir estos archivos para que se adapten al dispositivo es una buena solución.

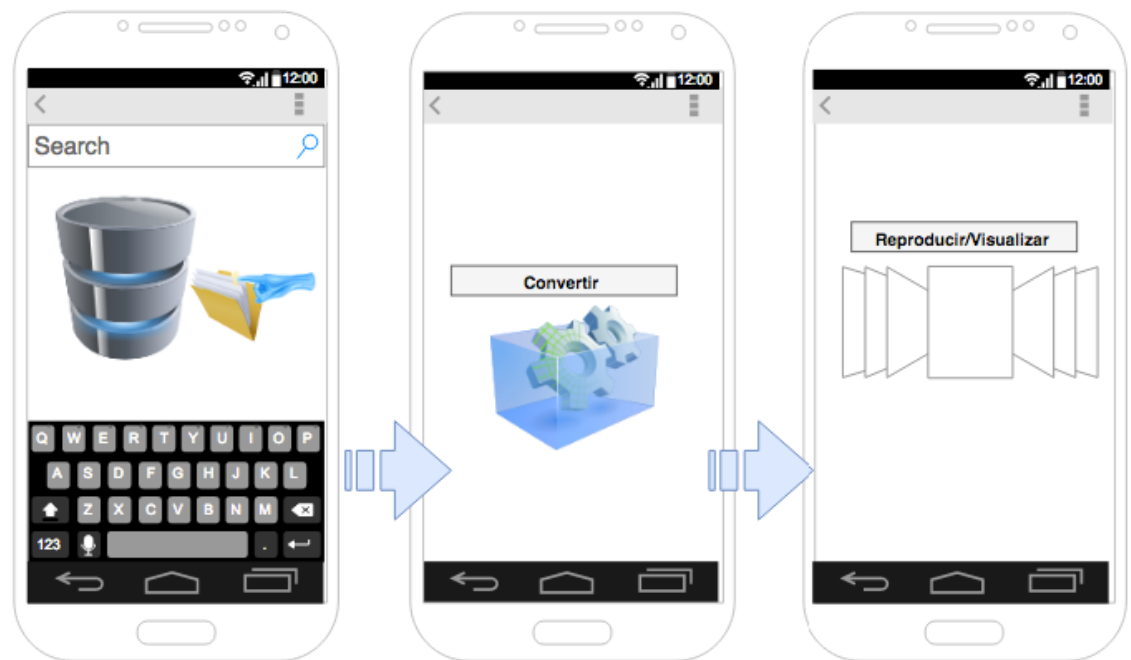
Por esto en el punto medio de la solución se encuentra la capa de manejo de contenido que dará solución a:

- Adaptación del contenido: esto se refiere a cómo el contenido es mostrado en el dispositivo, para eso se estudiarán los algoritmos de

optimización y compresión de información, ya que existen diferentes algoritmos dependiendo si es un archivo de texto, audio, imagen o video.

- Optimización de la ocupación en disco: eso se realizará dando la opción al usuario de borrar archivos que ya no desee, mostrando estadísticas de ocupación de los archivos dentro del dispositivo.
- Gestor de contenido: esta es la opción que gestionará la funcionalidad de las 2 opciones anteriores en las que el usuario podrá navegar entre sus archivos y elegir qué archivos desea convertir para adaptarlos a sus dispositivos, o si desea verlos o borrarlos.

Figura 3. **Adaptación al contenido**



Fuente: elaboración propia.

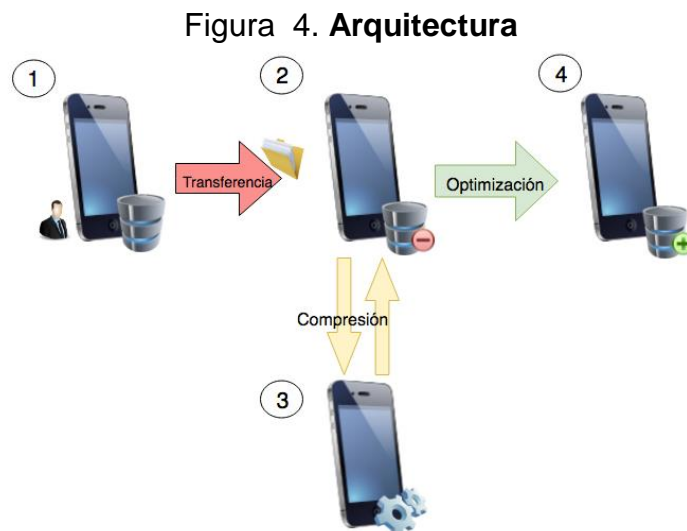
En el proceso de adaptación del contenido se deberá obtener las características del dispositivo para mostrarlo de manera óptima. Este proceso puede tomar 2 formas: (a) abrir un archivo para optimizarlo debido a que no se

ajusta a las características del dispositivo; (b) abrir un archivo que ya ha sido optimizado que únicamente necesita ser visto o reproducido. Si el archivo no puede ser optimizado de manera adecuada o toma demasiado tiempo se debe notificar al usuario para decidir si es conveniente la adaptación, esto cuando el dispositivo no cuenta con las características necesarias para soportar el proceso de adaptación.

- Almacenamiento y transferencia

En este punto se optimizará el almacenamiento de los archivos dentro de la aplicación y se implementará una nueva forma de transferir archivos, tomando en cuenta que no siempre los usuarios cuentan con red de datos en el dispositivo o no se encuentran cerca de una conexión Wi-Fi. Se pretende implementar la transferencia por medio de las siguientes tecnologías:

- NFC: la tecnología NFC se utiliza para transferir archivos a una tasa más grande, el único inconveniente es que no se encuentra presente en todos los dispositivos.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 4 se presenta a grandes rasgos el flujo de la información dentro de los dispositivos móviles, haciendo énfasis en la parte de la compresión (3) de los datos, que es el punto principal de la aplicación, ya que implementa diferentes algoritmos de compresión de texto, imágenes y videos para que la reproducción y almacenaje de estos sea óptimo para el dispositivo. En la compresión de datos se cubre la adaptación del contenido al dispositivo para que la información que se está transfiriendo se ajuste a las capacidades del dispositivo, esto permitirá que el sistema operativo no se sature mostrando archivos que no es capaz de optimizar de alguna otra manera.

Dentro del dispositivo, al momento de recibir un archivo, este se almacenará en disco y se le aplicará un algoritmo de compresión para que este ocupe menos espacio en disco. Al momento de que el usuario quiera visualizar o usar un archivo se descomprimirá y se aplicará un protocolo de adaptación para que se muestre de manera óptima, sin afectar al archivo original.

6. ALCANCES

6.1. Perspectiva investigativa

A continuación, discutiremos los alcances del proyecto, de una manera descriptiva, técnica y de resultados.

6.1.1 Alcance descriptivo

- Investigar los mejores *Framework* de desarrollo para aplicaciones móviles, tomando en cuenta la variedad de S.O. en los que se puede publicar, así como la facilidad del lenguaje de programación.
- Investigar sobre los algoritmos de compresión, la funcionalidad de los mismos y cómo estos pueden ser aplicados a los diferentes tipos de archivos que se manejarán dentro de la aplicación.
- Investigar sobre el protocolo de transferencia NFC y sus características y cómo este mejoraría la forma de transferir archivos.

6.2. Perspectiva técnica

- Se implementará un algoritmo de compresión sobre los archivos almacenados dentro de la aplicación.
- Se implementará un protocolo de gestión del contenido para optimizar el manejo de archivos dentro de un dispositivo móvil.

- Se implementará los protocolos de transferencias de archivos NFC y *Bluetooth*, para ajustarse a los tipos de protocolos que sean soportados por los dispositivos.

6.3. Perspectiva de resultados

Al final del desarrollo del proyecto se espera tener los siguientes resultados:

- Implementar un algoritmo de compresión para transferir el contenido eficientemente.
- Protocolo para mejorar la administración y transferencia del contenido y minimizar el uso de espacio en disco del dispositivo móvil.
- Implementar transferencia de archivos por medio del Protocolo NFC.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. M-Learning

Para enfocar el tema en lo que respecta al aprendizaje, debe hacerse la pregunta: ¿qué es *mobile learning* y por qué aún no se escucha mucho en la educación guatemalteca? El término *mobile learning* se refiere al uso de cualquier forma de aprendizaje mediante el uso de un dispositivo móvil (Spiegel A. y Rodríguez, 2016).

Un dispositivo móvil puede ser un teléfono celular, una *tablet*, PDA, *laptop* o cualquier medio dispositivo que sea portátil y que ayude a cualquier forma de interacción o comunicación entre las personas. En la educación media ya hay ciertos establecimientos que permiten el uso de un celular, pero con el único fin de comunicación, mas no para aprovecharlos como soporte en algún curso. También es pertinente mencionar que en la educación pública existe una gran brecha en el poder de adquisición de este tipo de dispositivos y no está al alcance de muchos. Ya en el nivel universitario el panorama es diferente, la mayoría de estudiantes hacen uso de un *smartphone* o *tablet* para uso personal.

Si un estudiante utiliza el teléfono celular como apoyo para cursos, como consultar tareas, enviar correos de entregas de tareas, es posible pensar que este está haciendo *m-learning*, pero para concluir esto se deben analizar los diferentes escenarios que el *m-learning* abarca. Si bien el aprendizaje es algo intrínseco al ser humano, y es con base en experiencias y situaciones que el ser humano va aprendiendo, el *mobile learning* se basa en una forma de aprendizaje más profunda, en donde la persona tiene que estar involucrada en todo momento.

7.2. Protocolos de transferencia de archivos

A continuación, detallamos los diferentes protocolos de transferencia de archivos que se desean implementar en el proyecto.

7.2.1 Bluetooth

La tecnología *Bluetooth* se utiliza para conectar dispositivos móviles y realizar transferencias de archivos, audio o video. Es un protocolo de comunicación utilizado mayormente en las telecomunicaciones y básicamente permite que dos o más dispositivos establezcan un canal de comunicación para que estos puedan transmitir información.

Según J. Alcántara, (2016), en su artículo *Bluetooth*, se denomina así al protocolo de comunicación que está especialmente diseñado para dispositivos de bajo consumo que poseen corto alcance de emisión. Esta tecnología se puede clasificar en 3 clases y cada una tiene diferente potencia de transmisión de datos.

Figura 5. **Tabla de clases de potencia de *Bluetooth***

Clase	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dBm)	Alcance (aproximado)
Clase 1	100 mW	20 dBm	~100 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	~5-10 metros
Clase 3	1 mW	0 dBm	~1 metro

Fuente: *Bluetooth*.(2016) Recuperado de:
<https://iutirlatelecomunicaciones.wikispaces.com/Bluetooth>

7.2.2 NFC

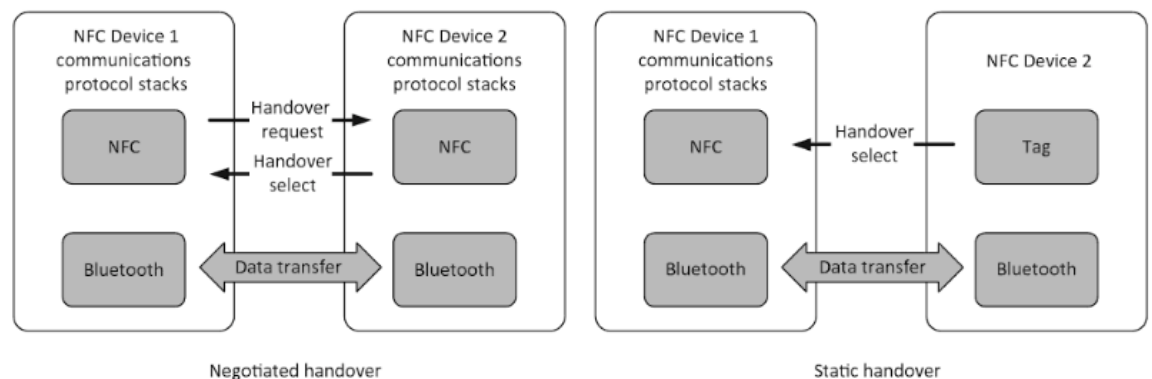
En el libro *Near Field Communication technology and applications*, Hendry define NFC así: es una tecnología de comunicación móvil empleada para la transferencia de datos, pero además tiene un uso más popular que son los pagos digitales. Si bien la tecnología NFC necesita que los 2 dispositivos estén a un rango de pocos centímetros, la tasa de transferencias es alta. (Hendry, 2015).

Los dispositivos NFC pueden operar en 3 modos diferentes, los cuales son:

- Lector/Escritor
- *Peer to peer*
- Card Emulation Modes (modo emulado de tarjeta)

A continuación, se presenta una comparación entre *Bluetooth* y NFC:

Figura 6 . Comparación entre *Bluetooth* y NFC



Fuente: Hendry, (2017). Recuperado de: *Near Field Communications technology and applications*. Cambridge University Press.

Una de las diferencias entre NFC y *Bluetooth* es que el NFC no necesita *handshake* para establecer una comunicación entre los 2 dispositivos. En *Bluetooth* se tiene que permitir la comunicación entre los 2 dispositivos mediante una clave, si el que recibe la petición no accede entonces no se completa el *handshake*.

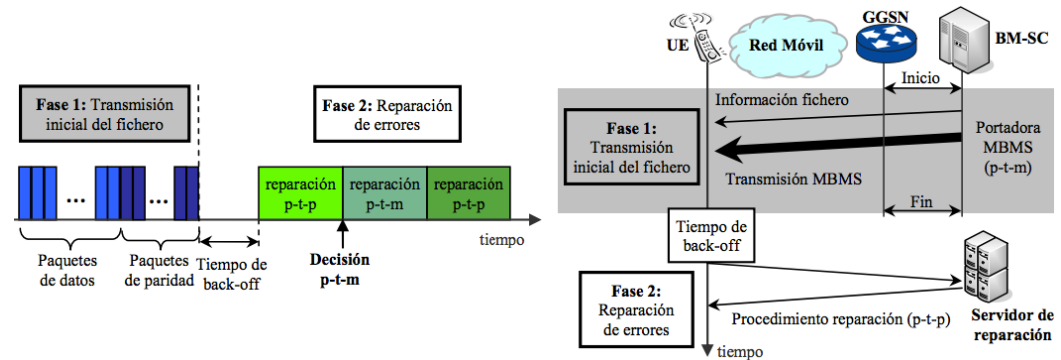
7.2.3 Arquitectura de transferencia para redes móviles

La arquitectura de transferencia es la manera en la que se pretende enviar información a través de los dispositivos. Uno de los propósitos de optimizar la transferencia de información es reducir el costo de memoria y procesamiento que al final se traduce en costo de energía al momento de transmitir información. Para la transferencia de archivos por medio de dispositivos móviles existe la tecnología MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Services), que es una tecnología que permite transmitir contenido multimedia a través de las redes 3G por medio de conexiones punto a punto (p-t-p), así como punto a multipunto (p-t-m).

Dentro de los servicios de las MBMS se encuentran los llamados Códigos Raptor, que son códigos fuente que están optimizados computacionalmente. Estos pueden ser implementados por medio de software sin la necesidad de tener un hardware en específico, esto es muy útil puesto que la funcionalidad no depende del hardware que en muchas ocasiones es una limitante. Dentro de la transmisión de información se ve que existen 3 fases para las redes 3G (Barquero, Aguilera y Marcet, 2016), las cuales son:

- Fase de anuncio del servicio
- Transmisión inicial del fichero con MBMS
- Fase de corrección de errores

Figura 7. Esquema temporal y flujo de mensajes durante un servicio de descarga de archivos en MBMS



Fuente: *Transmisión multicast de servicios de descarga de archivos en redes móviles 3G con MBMS*. (2016) Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/266866117_Transmision_Multicast_de_Servicios_de_Descarga_de_Archivos_en_Red_Moviles_3G_con_MBMS

La arquitectura antes mencionada provee de una visión al momento de querer implementar una tecnología de transmisión, ya sea por medio de una red 3G o por algún otro protocolo de transferencia de datos.

7.3. Arquitectura móvil

Arquitectura móvil se refiere a los componentes que conforman toda la estructura de una aplicación móvil. Primero se trata de entender la naturaleza del uso de un dispositivo móvil y cómo este puede orientarse a generar ganancias o beneficios tanto a los consumidores como a los que programan o producen dicha información. Dentro de los componentes de la arquitectura móvil se describen las opciones que se tienen dentro del mercado y por qué cada una es la mejor opción para crear una aplicación de *m-learning*.

7.3.1 Framework

El *Framework* es muy importante al momento de querer crear una aplicación móvil, debido a que este limitará el tipo de lenguaje utilizado para programar la aplicación, tales como: JavaScript, HTML5 o XML. Dentro de las opciones se encuentran PhoneGap, Titanium Appcelerator, etc., que proveen un *Framework* para desarrollar aplicaciones y son multiplataforma, esto quiere decir que, al publicar el código, generan aplicaciones para IOS, Android o Windows Mobile. (Gómez, 2016).

7.3.2 Lenguaje de programación

En el lenguaje de programación existen diferentes tipos y algunos de estos están orientados al *Framework* que se elegirá, pero otros no dependen de un *Framework*, un claro ejemplo es programar una aplicación para IOS por medio de las herramientas nativas XCode, o que cuando es para Android se deben descargar las librerías que compilarán el código para Android. (Gómez, 2016)

También existe otro lenguaje, el HTML5, que es muy funcional y muchos lenguajes lo utilizan porque es Web Based Oriented, mucho más sencillo de aprender puesto que se pueden utilizar las herramientas web que complementan al HTML5, tales como CSS y JavaScript. (Gómez, 2016)

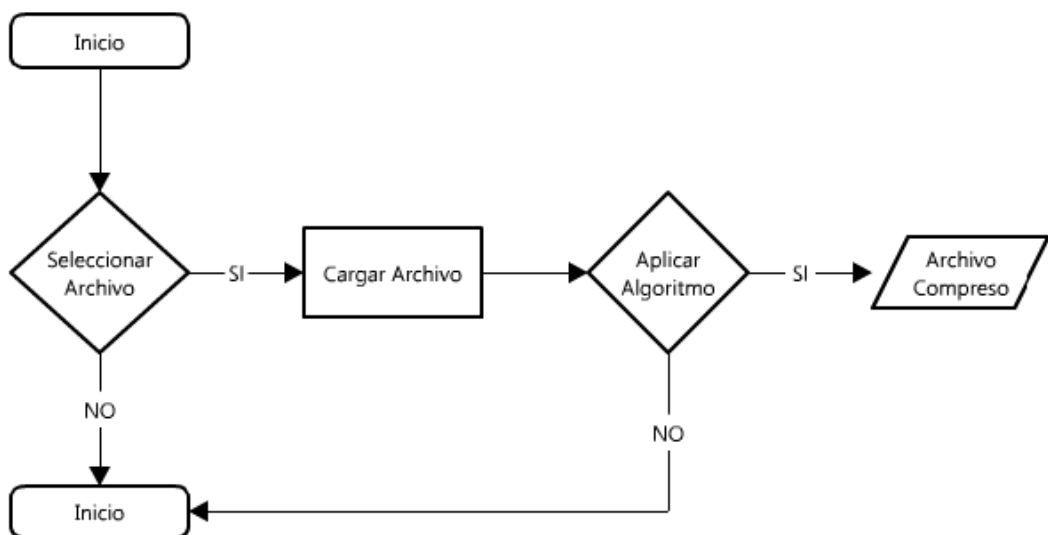
El punto crítico es encontrar una herramienta que cree un balance entre la calidad de la aplicación y la dificultad al momento de crear dicha aplicación.

7.3.3 Compresión de datos

Uno de los puntos importantes a tomar en cuenta es el tamaño que poseen los archivos, ya sea solo texto, documentos, imágenes, audio o video. Cada uno trabaja de manera diferente la manera en la que estos son comprimidos o codificados. El punto crítico en este aspecto es que los videos son los que poseen mayor tamaño y la transferencia de los mismos impone un reto para hacerlo de manera rápida y eficiente por medio de algún sistema inalámbrico.

Una manera de poder aplacar este problema podría ser el aplicar un decodificador para adaptar el video a una resolución más apta para cada uno de los diferentes dispositivos en los que se requiera transmitir y reproducir. Para esto existe la arquitectura del decodificador (Lince & Vélez, 2009). Esta arquitectura se orienta al momento en que se inserta el archivo dentro del dispositivo móvil, debido a que se ha detectado que el codificar y decodificar video presenta un alto consumo energético y de procesamientos.

Figura 8. Flujo de compresión



Fuente: elaboración propia.

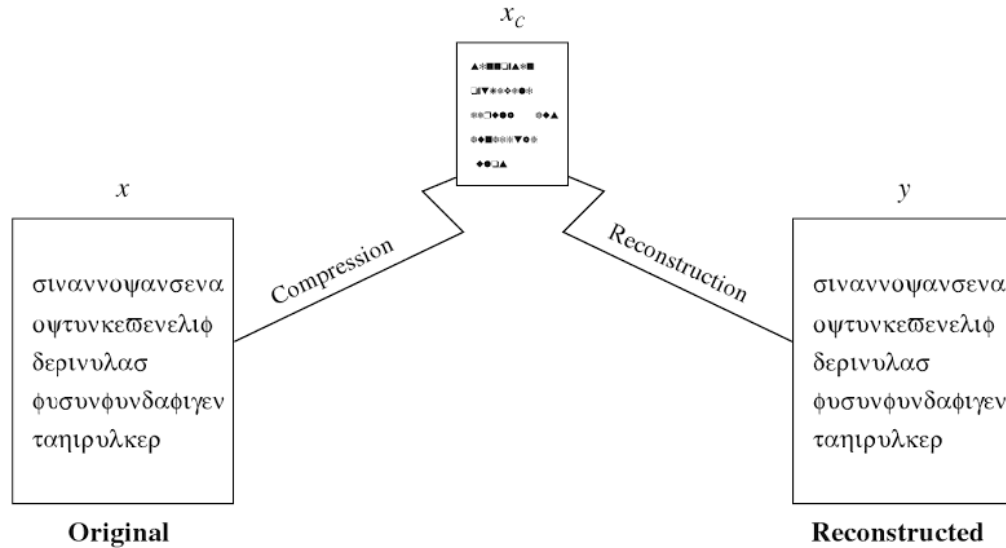
7.4. Algoritmos de compresión

En la era tecnológica se afirma que el intercambio de información es algo esencial día con día. Los datos a transmitir pueden ser de todo tipo, como documentos o multimedia, estos pueden ser personales o de uso laboral. Muchas veces, al enviar o transmitir estos archivos puede tenerse ciertas limitaciones debido al tamaño de estos archivos. Para los archivos multimedia pueden emplearse algoritmos de compresión o codificación para reducir el tamaño y, a su vez, mejorar la rapidez de transferencia hacia otros dispositivos, lo que se traduce en optimizar el uso de recursos.

La compresión de datos no es algo nuevo y tampoco es algo propio de la era tecnológica. Por ejemplo, una de las formas más antiguas de compresión es el clave morse, en donde se codificaban mensajes con puntos y rayas (Sayood, 2012). Para poder lograr entender la compresión de datos es necesario comprender la fuente de los datos y sus limitantes (Ziv & Lempel, 1977).

La compresión de datos es el arte o ciencia de representar la información de una forma más compacta (Sayood, 2012). Los algoritmos de compresión son los encargados de comprimir la información, dentro del dispositivo móvil la aplicación de un algoritmo de compresión para ahorrar espacio en disco puede ser de mucha utilidad, puesto que la mayoría del tiempo se tienen imágenes, documentos, audios o videos, que no son usados frecuentemente, por ejemplo, en la figura 8 se ve una representación básica de los componentes de un algoritmo de compresión. Pero también se ve que los archivos multimedia ya cuentan con una forma de compresión, tanto las imágenes como los audios y videos tienen un tipo de compresión que a su vez les da formato.

Figura 9. Esquema de compresión y descompresión de datos



Fuente: University of Bahrain.(2017) *The data compression book*. Recuperado de:
http://staff.uob.edu.bh/files/781231507_files/The-Data-Compression-Book-2nd-edition.pdf.

Como se ve, para poder comprimir información también es necesario tener su contraparte, el constructor, cuya función es reconstruir la información a su estado original. Para lograr entender los beneficios de aplicar un algoritmo de compresión se tiene que entender el funcionamiento del mismo. A continuación se detallan los algoritmos que presentan mayor funcionalidad para el presente proyecto.

7.4.1 Categorías

A continuación, presentamos las diferentes categorías relacionadas a los algoritmos de compresión.

7.4.1.1 Algoritmo de compresión sin pérdidas

Como su nombre lo indica, este tipo de algoritmo no presenta pérdida de información al momento de hacer el proceso de compresión. Este tipo de algoritmo es usado por una aplicación que necesita que la inicial sea exactamente igual que la información que fue reconstruida por el algoritmo.

7.4.1.2 Algoritmo de compresión con pérdidas

Este algoritmo está orientado a la compresión de imágenes. La compresión con pérdidas o *lossy compression* es una técnica que ofrece una mayor tasa de compresión comparada con la compresión sin pérdidas. Con esta técnica la imagen original no es exactamente igual a la resultante, pero se aproxima grandemente. Cada uno de los anteriores algoritmos tiene algo en común y es que ambos emplean el principio básico de compresión de datos, el modelado y el codificado.

7.4.2 Compresión multimedia

- Compresión de video

Al observar los diferentes archivos de video como AVI, MPEG, MPEG-4, se nota que cada uno de estos tipos ya posee cierto tipo de compresión, el cual afecta su resolución. Para la compresión de video se puede adaptar el algoritmo H.264, que es comúnmente utilizado como un códec de video. Este algoritmo es muy versátil al momento de convertir video, debido a que permite ajustar la calidad de video con la que se quiere transformar y obtener el resultado. (Lince & Vélez, 2009).

- Compresión de imágenes

La compresión de imágenes es más sencilla, usa un algoritmo de compresión con pérdidas, esto porque en un dispositivo móvil la resolución no debe ser perfecta, se puede permitir alguna pérdida en la calidad de la imagen. El algoritmo que se puede utilizar es el algoritmo de Huffman, altamente utilizado en la conversión de tipos de imágenes debido a que es dinámico al momento de comprimir las cadenas originales de una imagen comparada con su resultante.

7.4.3 Compresión en dispositivos móviles

La transmisión de archivos multimedia por medio de dispositivo móviles es una actividad realizada de manera cotidiana para todas las personas. Pero el transmitir representa enviar un gran volumen de información por medio de una red inalámbrica (López, Callicó, López y Sarmiento, 2016), lo cual presenta las siguientes características:

- Muy bajo ancho de banda
- Alta tasa de errores de bit
- Naturaleza móvil de los dispositivos

Por ejemplo, si se requiere transmitir un video en HD, las 2 primeras características son puntos críticos en las transferencias de datos. Si bien los archivos multimedia ya vienen compresos según algunas técnicas de compresión, como lo es el formato JPEG para las imágenes o MPEG-4, o H.264 para los videos, estos siguen presentando un reto al momento de ser transmitidos.

En el artículo *Compresión de video mediante técnicas de post-procesamiento*, López, Callicó, López y Sarmiento (2016) realizan un estudio de la forma en la que el procesamiento de las imágenes reduce la tasa de procesamiento requerido por parte del hardware, lo que lo hace una manera eficiente de transferir videos. Esta etapa de post-procesamiento se caracteriza por su bajo coste computacional, además de por ser capaz de obtener resultados satisfactorios independientemente de la secuencia de video a comprimir.

El objetivo principal de esto es mejorar la tasa de compresión y algo más importante es que esta llegue de manera correcta, puesto que los archivos multimedia son más propensos a tener pérdidas de bits, lo que prácticamente representaría una transmisión fallida de la información.

Figura 10. **Efectos de los errores en la transmisión de imágenes comprimidas**



Fuente: Vector Plus(2017) . *Compresión de video mediante técnicas de post-procesamiento*. Recuperado de:
http://repositorio.ulpgc.es/bitstream/10553/6980/1/0231633_00025_0001.pdf.

8 PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS

MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Métodos de adaptación del contenido

1.2. Métodos de transferencias de datos

1.3. Lenguajes de programación móvil

1.4. Frameworks para desarrollo móvil

1.5. Manejo de archivos en dispositivos móviles

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

2. Aplicaciones Crossplatform

2.1. Frameworks para desarrollo móvil

2.1.1. Frameworks más conocidos

2.1.2. La mejor opción

2.2. Algoritmos de compresión

3. Análisis y diseño de la aplicación

3.1. Diseño de la interfaz de usuarios

3.1.1. Usabilidad

3.1.2. Esquema de la funcionalidad

- 3.2. Diseño de la funcionalidad básica
 - 3.2.1. Requerimientos del sistema
 - 3.2.2. Adaptación del contenido
- 3.3. Diagrama de componentes
- 3.4. Diseño de la arquitectura
- 4. Desarrollo de la aplicación
 - 4.1. Tecnología a utilizar
 - 4.1.1. Framework de desarrollo
 - 4.1.2. Funcionalidad de compresión
 - 4.1.3. Funciones de transferencia de datos
 - 4.1.4. Protocolo de gestión de contenido
 - 4.2. Implementación
 - 4.2.1. Implementación de algoritmo de compresión
 - 4.2.2. Implementación de función de transferencia de datos
 - 4.3. Resultados y estadísticas
 - 4.4. Análisis de resultados

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9 METODOLOGÍA

- Tipo de estudio: cuantitativo

El tipo de análisis es cuantitativo debido a que se medirá cuantitativamente la velocidad en la transferencia, el tamaño de ahorro en el disco con los archivos comprimidos y la adaptación del contenido a mostrar.

- Diseño: experimental

El diseño experimental permitirá evaluar las diferentes variables que se desean medir en cuanto al almacenamiento dentro de dispositivos móviles y cómo este se optimiza aplicando las diferentes técnicas de adaptación de contenido, responsividad del contenido y velocidad de transferencia, comparando el archivo original versus el archivo optimizado.

- Alcance: correlacional

El alcance del trabajo será correlacional porque permitirá saber cómo se comporta la aplicación en comparación al método actual de la administración y adaptación del contenido en la aplicación, y cómo esta mejora o no cambiando valores en las variables a evaluar.

Como se muestra en la tabla 1, es posible ver cuáles son las variables que se van a tomar en cuenta y cómo se va a medir que el sistema cumple con lo requerido, lo cual se hace por medio de algunos indicadores:

Tabla I. **Variables e indicadores**

Variables	Definición	Subvariables	Indicadores
1. Tamaño en disco	1. Esta variable pretende evaluar la funcionalidad del algoritmo en un entorno <i>m-learning</i> en diferentes dispositivos y distinto tipo de contenido (texto, imagen, video).	1. Sistema Operativo 2. Dispositivo 3. Contenido 4. Transferencia	1. Tiempo de despliegue del contenido del S.O. 2. Características compatibles con la funcionalidad de la aplicación 3. Porcentaje de compresión comparado con el modelo actual del manejo de contenido 4. Velocidad de transferencia de la información
2. Formato	2. El tipo de archivo que se va a optimizar	5. Imagen, video, texto	5. Debe poder visualizarse dentro del dispositivo 6. Debe verse mejora en resolución versus tamaño

Fuente: elaboración propia.

9.4 Técnicas de recolección de información:

Las técnicas para la recolección de la información se harán con base en el análisis de la información o estadísticas de desempeño del dispositivo móvil , tomando como punto inicial las variables en estado normal frente a un escenario con variaciones, permitiendo evaluar la optimización de la funcionalidad. Por otro lado, también serán analizados los indicadores de desempeño en cada una de las fases del sistema propuesto.

Para la recolección de datos se hará experimentos iniciales comparando el archivo inicial versus el archivo optimizado. También se realizarán encuestas entre los usuarios de la aplicación para recibir información de la facilidad de uso de la aplicación y para analizar qué tan funcional le resulta al usuario el uso de esta.

9.5 Fases del estudio

Estas son las actividades a realizar y la estimación en semanas de la duración de cada fase:

- Desarrollo del sistema base – 10 semanas
 - Aplicación móvil de almacenamiento de contenido: se desarrollará el CORE de la App móvil, la cual tendrá la funcionalidad de almacenar los archivos y listarlos.
- Desarrollo e implementación del algoritmo de compresión – 8 semanas

- Desarrollo del algoritmo: investigar los modos de compresión de archivos dentro de un dispositivo móvil. Adaptar e implementar el algoritmo para aumentar la eficiencia en el almacenamiento
 - Pruebas: es la etapa de prueba del algoritmo para medir la eficiencia del mismo y tener un punto de comparación.
 - Optimización de la funcionalidad: esta es la etapa de optimización del algoritmo para mejorar el manejo de los archivos.
-
- Implementación del protocolo para el manejo del contenido – 6 semanas
 - Protocolo que hace el manejo óptimo del contenido dependiendo del tipo: es la etapa para implementar el manejo de los archivos de manera óptima dentro de la aplicación móvil. Se plantea la opción de poder ver los archivos, moverlos o eliminarlos.
-
- Implementación de la funcionalidad para la transferencia del contenido – 8 semanas
 - Transferencia *Bluetooth*: se implementará la funcionalidad de transferencia de archivos por medio del *Bluetooth* de los dispositivos móviles.
 - Transferencia NFC: se implementará la funcionalidad de transferencia de archivos por medio del NFC y se mostrará solo a los dispositivos que posean esta funcionalidad.

10 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

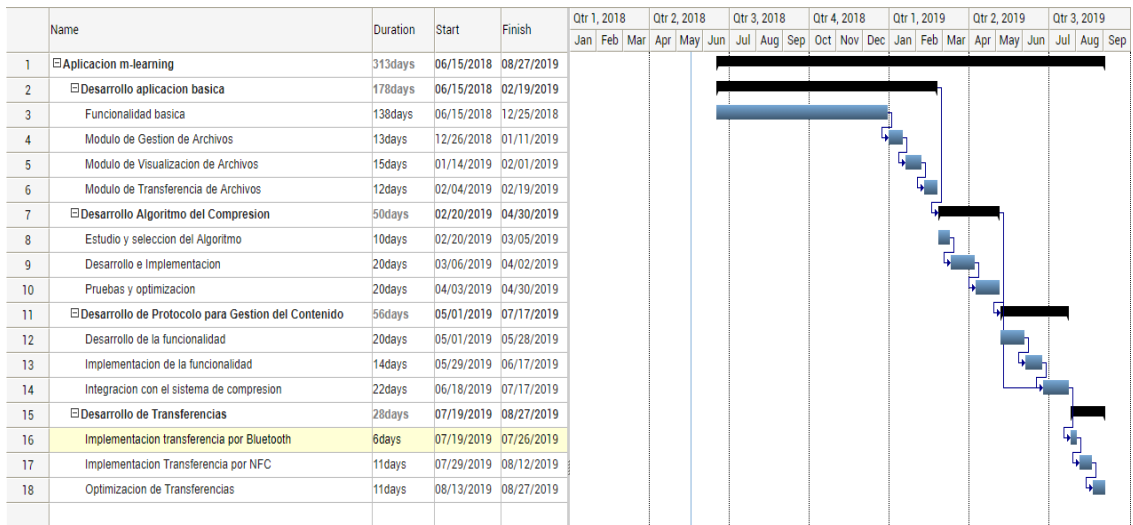
10.4 Estadística descriptiva

Por medio de estadística descriptiva se recopilará información que permitirá evaluar el uso y comportamiento del usuario dentro de la aplicación, para luego comparar estos aspectos con la integración de un protocolo de manejo de archivos y el algoritmo de compresión para el contenido, permitiendo hacer un análisis descriptivo de las diferencias entre las 2 versiones. El análisis de cada variable será de acuerdo a los siguientes criterios:

- Se medirá el tiempo de despliegue del contenido antes y después de aplicado el algoritmo y protocolo de manejo de archivos.
- Se medirá el porcentaje de ahorro de espacio luego de implementar el algoritmo de compresión en los dispositivos, con base en que el contenido se adapte más a las características de cada uno de los dispositivos.
- Se hará un estudio de los diferentes tipos de transferencias de archivos para medir cuáles son las más utilizadas, cuál tiene mejor tasa de transferencias y cuáles son las más importantes dentro de toda la gama de dispositivos.
- Se hará un estudio y recomendación basados en las características de los dispositivos y en cómo estas afectan a las tecnologías implementadas en la aplicación final.

11 CRONOGRAMA

Figura 11. Cronograma



Fuente: elaboración propia.

12 FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

12.4 Factibilidad operativa

Dentro de la factibilidad operativa los recursos necesarios son:

- Recurso humano

El recurso humano está compuesto por el autor del documento, el asesor que orientará durante todo el desarrollo del mismo, coordinadores y catedráticos de MATIC.

- Desarrollo de aplicación

El autor será a su vez el desarrollador e implementador del prototipo de la aplicación móvil y las tecnologías que forman parte de esta, y el asesor formará parte de la orientación de la funcionalidad.

- Análisis de resultados

Dentro del análisis de resultados el recurso necesario está conformado por los *testers* de la aplicación, quienes harán uso de esta para realizar las pruebas del comportamiento y uso de la aplicación. El autor de este trabajo será el desarrollador de la aplicación final y el encargado de coordinar las pruebas y tomar estadísticas de uso y desempeño de la aplicación, para realizar un análisis comparativo de la solución con su versión básica.

La realización de este proyecto es factible debido a que el recurso humano es reducido. Al momento de realizar el desarrollo y el requerimiento tecnológico está disponible para realizar el desarrollo y el análisis de los resultados.

12.5 Factibilidad técnica

Los recursos técnicos para realizar este proyecto son:

A nivel de software se necesita un *Framework* para el desarrollo del código fuente de la aplicación e implementación del prototipo de gestión y algoritmo de compresión.

Las herramientas a utilizar son:

- *Framework* de desarrollo: dentro de los *Frameworks* de desarrollo hay 2 opciones principales: Appcelerator y PhoneGap, estos son elegidos principalmente por el soporte al momento de consultar el código fuente, así como la disponibilidad de publicación multiplataforma.
- Librerías: dentro de las librerías a utilizar se implementarán librerías para la visualización de archivos.
- API: se tomará como base para el desarrollo porque el más popular es el API de Android.
- Conclusión:

El desarrollo de la herramienta final no depende de licencias o gastos innecesarios, puesto que ya existen herramientas Open Source disponibles en el mercado que hacen el desarrollo de una aplicación algo sencillo de aprender debido a la cantidad de documentación.

12.6 Factibilidad económica

Los recursos económicos serán suministrados por el autor de este trabajo. Como se puede ver en la tabla 2, existen rubros tangibles e intangibles que son necesarios para la culminación de este proyecto.

Tabla II. **Costos de operación**

Gasto	Descripción	Valor
Computadora	Hardware que se utilizará para el desarrollo.	Q. 7,500.00
Software	Licencias de publicación y de herramientas de desarrollo.	Q. 1,500.00
Asesoramiento	Pago para el asesor del proyecto.	Q. 2,500.00
Desarrollo	Pago por el tiempo de desarrollador en horas hombre. 1 hora = 90, y se trabajan 3 horas al día.	Q. 51,030.00
Gastos varios	Internet, electricidad.	Q. 2,850.00
	Total	Q. 65,380.00

Fuente: elaboración propia.

El costo económico del proyecto es factible debido a que ya se encuentra planificado el mismo, está dividido el gasto mensualmente y las cuotas son alcanzables por parte del desarrollador del proyecto.

CONCLUSIONES

1. Los dispositivos móviles Android cuenta con características que se adecuan de una mejor manera a la solución, puesto que nos permiten crear aplicaciones móviles de manera más rápida y económica, comparada con el desarrollo de aplicaciones para dispositivos Apple. Tomando en cuenta que, en el mercado de teléfonos de gama media y alta, los dispositivos con sistema operativo Android abarcan un gran segmento en el mercado.
2. La tecnología para la transferencia que archivos, que más se adecua es la de *bluetooth*, puesto que se encuentra presente en todos los dispositivos Android, y no cuenta con ninguna restricción como en los dispositivos Apple. La tecnología NFC solo se encuentra presente en ciertos dispositivos, y en su mayoría son de gama alta.
3. La compresión de los archivos al momento de la transferencia, significaría un ahorro de tiempo cuando un dispositivo comparte información con otro, y ahorro de espacio, cuando el dispositivo recibe la información y no cuenta con mucho espacio disponible.

RECOMENDACIONES

1. Para hacer un uso correcto del prototipo, los dispositivos deben de ser de gama media y alta, puesto que los dispositivos de gama baja, cuentan con muchas limitantes en cuanto a rendimiento tanto físico como en procesamiento.
2. La compresión de archivos, debes ser aplicada de manera manual a ciertos archivos, que cumplan con los requerimientos necesarios por parte del algoritmo de compresión, y evitar que los archivos transferidos se corrompan.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcántara, J. (2016). *Telecomunicaciones 5DA - Bluetooth*. Recuperado de iutirlatelecomunicaciones.wikispaces.com.
<https://iutirlatelecomunicaciones.wikispaces.com/Bluetooth>.
2. Algahtani, M.; Atkins, A. (2016). *Mobile maturity models for mobile transformation*. Recuperado de http://ac.els-cdn.com/S1877050916302587/1-s2.0-S1877050916302587-main.pdf?_tid=6e97bcd0-7979-11e6-8269-00000aab0f6c&acdnat=1473747493_072d634baeccc5118649827362cb59f.
3. Barquero, D.; Aguilera, A.; Marcet, N. (2016). *Transmisión multicast de servicios de descarga de archivos en redes móviles 3G con MBMS*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/266866117_Transmision_Multicast_de_Servicios_de_Descarga_de_Archivos_en_Redес_Moviles_3G_con_MBMS.
4. Batres, A. (2014). *Guatemala, un país con más celulares que habitantes*. Recuperado de <http://www.soy502.com/articulo/guatemala-un-pais-con-mas-celulares-que-habitantes>.
5. Chiranjeevi, K.; Jena, U. (2016). *Image compression based on vector quantization using cuckoo search optimization technique*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209044791630140X>.

6. Gómez, M. (2016). *Top 5 de plataformas de desarrollo iOS y Android - CICE*. Recuperado de <https://www.cice.es/noticia/top-5-plataformas-desarrollo-ios-android/>.
7. Hendry, M. (2015). *Near Field Communications technology and applications*. UK Cambridge University Press, Dec 18, 2015.
8. İdris Goksu, Bünyamin Atici. (2013). *Need for mobile learning: technologies and opportunities*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813038330>.
9. Kutluk, Filiz Angay; GULMEZ, Mustafa. (2014). *A research about mobile learning perspectives of university students who have accounting lessons*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814002110>.
10. Lince, A.; Vélez, F. (2009). *Arquitectura de decodificador de video orientada al bajo consumo para acompañantes móviles digitales*. Scientia Et Technica, 2 (42). Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/2641/1445>.
11. López, S.; Callicó, G.; et al. (2016). *Compresión de video mediante técnicas de post-procesamiento*. Vector Plus. Recuperado de http://repositorio.ulpgc.es/bitstream/10553/6980/1/0231633_00025_0001.pdf.

12. Mubashir Hassan, B. M.; Farooq, U. (2015). *Adaptive and ubiquitous video streaming over Wireless Mesh Networks*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157816300179>.
13. Nelson, M.; Gailly, J. (1995). *The data compression book*. University of Bahrain. Recuperado de http://staff.uob.edu.bh/files/781231507_files/The-Data-Compression-Book-2nd-edition.pdf.
14. Paulins, N.; Balina, S.; Arhipova, I. (2015). *Learning content development methodology for mobile devices*. *Procedia Computer Science*, 43, 147-153. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050914015889>.
15. Raghavan, Gopal; Ari, Salomaki; Raimondas, Lencevicius. (2014). *Model based estimation and verification of mobile device performance*. Italy: The ACM Digital Library. N. p., 2017
16. Revista Estrategia & Negocios. (2016). *Tecnología hace crecer a Guatemala en competitividad*. Recuperado de <http://www.estrategiaynegocios.net/inicio/916777-330/tecnolog%C3%ADa-hace-crecer-a-guatemala-en-competitividad>.
17. Sayood, K. (2006). *Introduction to data compression*. Amsterdam: Elsevier.

18. Spiegel, A.; Rodríguez, G. (2016). *Students at university have mobile technologies. Do they do m-learning?* Procedia - Social And Behavioral Sciences, 217, 846-850. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816000318>.
19. Sung, Y.; Chang, K.; Liu, T. (2016). *The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515300804>.
20. Suzuki, T.; Hasegawa, S.; et al. (2011). *Document recommendation using data compression*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 27, 150-159. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281102420>.
21. Ziv, J.; Lempel, A. (1977). *A universal algorithm for sequential data compression*. Primera edición. Recuperado de <http://lanethames.com/dataStore/ECE/InfoTheory/0337ziv.pdf>

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN UNA APLICACIÓN MÓVIL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha febrero de 2019.

Wender Wilfredo Alvarado Maldonado

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wender Wilfredo Alvarado Maldonado', with a large, stylized flourish at the end.

AATT-MTIPP-001-2018

Guatemala, 14 de junio de 2018.

Director
Marlon Antonio Pérez Türk
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Wender Wilfredo Alvarado Maldonado** con carné número **200011627**, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Artes en Tecnologías de la Información y la Comunicación**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

Alicia Eugenia Ruano Aguilar
INGENIERA EN CIENCIAS Y SISTEMAS
COLEGIADO No. 11692

Alicia Eugenia Ruano Aguilar
MSc. Inga. Alicia Eugenia Ruano Aguilar
Asesor (a)

"Id y Enseñad a Todos"

MARLON ANTONIO PEREZ TURK
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS
COLEGIADO No. 4492

Marlon Antonio Pérez Türk
MSc. Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
Coordinador de Área
Transferencia Tecnológica

Murphy Olympo Paiz Recinos
MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc archivo/LZLA.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.

SISTEMAS
Y
CIENCIAS
EN
INGENIERÍA
DE
ESCUELA


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24188000 Ext. 1534

El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación, “DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN UNA APLICACIÓN MÓVIL” realizado por el estudiante, WENDER WILFREDO ALVARADO MALDONADO, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSc. Ing. Carlos Gustavo Alonzo
Director
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas



Guatemala, 26 de noviembre de 2019



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PROTOTIPO DE USO DE ALGORITMOS DE COMPRESIÓN PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS EN UNA APLICACIÓN MÓVIL**, presentado por el estudiante universitario: **Wender Wilfredo Alvarado Maldonado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2019

/cc