

Volumen V, Número 1, Enero - Abril 2018 - ISSN: 2395-9061



# TECNOLOGÍA EDUCATIVA

# REVISTA CONAIC



## CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, Volumen V, Número 1, Enero – Abril 2018, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720, Tel. 01 (55) 5615-7489, <http://www.conaic.net/publicaciones.html>, [editorial@conaic.net](mailto:editorial@conaic.net). Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Tecnología Educativa Revista CONAIC, M.P. Francisco Javier Colunga Gallegos, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participan investigadores y académicos latinoamericanos. Enfatiza la publicación de artículos de investigaciones inéditas y arbitrados, así como el de reportes de proyectos en el área del conocimiento de la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción parcial de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

## EDITORES

Dra. Alma Rosa García Gaona

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez

### Asistente Editorial

M. en P. Francisco Javier Colunga Gallegos

## Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC

## INDEXACIÓN

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal - LATINDEX

## PORTADA

Diseño: Yamil Alberto Muñoz Maldonado.  
Propiedad de CONAIC.

## CONSEJO EDITORIAL

### COLOMBIA

Dr. Cesar Alberto Collazos Ordóñez  
*Universidad del Cauca*

### MÉXICO

Dra. Ana Lidia Franzoni Velázquez  
*Instituto Tecnológico Autónomo  
Metropolitano*

Dr. Jaime Muñoz Arteaga  
*Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Dr. Raúl Antonio Aguilar Vera  
*Universidad Autónoma de Yucatán*

Dr. Genaro Rebolledo Méndez  
*Universidad Veracruzana*

### VENEZUELA

Dr. Antonio Silva Sprock  
*Universidad Central de Venezuela*

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez  
*Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Mtro. Marco Antonio Chávez Arcega  
Mtro. Oscar Gabriel Vizcaino Monroy  
Mtro. Gabriel Zepeda Martínez  
*Universidad Autónoma de Nayarit*

Mtro. José Apolinar Loyola  
*Universidad Autónoma de Nuevo León*

Mtro. Josue Figueroa González  
*Universidad Autónoma Metropolitana*

Mtro. José Adán Hernández Nolasco  
Dr. Miguel Wister Ovando  
*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*

Dr. Ricardo Acosta Díaz  
Mtra. María Eugenia Cabello Espinosa  
Dr. Juan José Contreras Castillo  
Mtra. Sara Sandoval Carrillo  
*Universidad de Colima*

Dr. David Israel Flores Granados  
*Universidad del Caribe*

Dra. María de Lourdes Margain Fuentes  
*Universidad Politécnica de Aguascalientes*

*Universidad Nacional Autónoma de México*  
Mtra. Esther Labrada Martínez  
Mtro. José Luis Villarreal Benítez

Mtro. Martha Elizabet Domínguez Bárcenas  
Dr. Octavio Ocharán Hernández  
Mtro. Carlos Alberto Ochoa Rivera  
Dra. Gabriela Sánchez  
*Universidad Veracruzana*

## COMITÉ EDITORIAL

### MÉXICO

Mtra. Beatríz Beltrán Martínez  
Mtra. Meliza Contreras González  
Dr. Ivo Humberto Pineda Torres  
Dr. Mario Rossainnz López  
*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

Mtro. Ángel González Santillán  
*Instituto Tecnológico de Tuxtepec*

## CONTENIDO

Editorial.....5

## ARTÍCULOS

Análisis de Cobertura del nuevo Plan de Estudios para la Licenciatura en Ingeniería de Software de la UADY desde la óptica de la ACM-IEEE CS. / Coverage Analysis of the new Curriculum for the Bachelor in Software Engineering of the UADY from the perspective of the ACM-IEEE CS..... 6 - 13  
Julio C. Díaz Mendoza, Raúl A. Aguilar Vera, Juan P. Ucán Pech.

Aplicación Móvil en Android para la Gestión de la Planeación y Evaluación Escolar. / Mobile app on Android for the management of planning and school evaluation.....14 - 19  
Macías Brambila, H.R., Zamora Ramos, V.M., Castillo Serrano, C.M., Becerra Velázquez, V.R. y Osorio Angel, S.

Análisis y diseño de aplicaciones colaborativas reguladas. / Analysis and design of regulated collaborative applications.....20 - 26  
Argüelles Cortes Tania, Mezura-Godoy Carmen y Benitez-Guerrero Edgard.

Proceso de Pruebas de Usabilidad de Software. / Software Usability Testing Process.....27 - 32  
Sánchez Morales G., Mezura-Godoy C. y Benítez-Guerrero E.

Propuesta de Creación de Contenidos Educativos mediante la Integración de Códigos QR. / Proposal of the Creation of Educational Content through the Integration of QR Codes.....33 - 39  
Jiménez Castellano I. y Vidal Turrubiates L. B.

Selección de factores para una webapp de co-evaluación. / Selection of factors for a co-assessment webapp.....40 - 44  
Erika A. Martínez-Mirón, Oscar E. González-Ramos, Adriana Hernández-Beristain, Mariano Gómez-Larios y Guillermina Sánchez-Román.

Interfaz computacional móvil con Realidad Aumentada como asistente para personas con Discapacidad Visual. / Mobile computing interface with Augmented Reality as an assistant for blind people.....45 - 50  
Sánchez Orea Alfonso, Navarro Guerrero María de los Ángeles, Lagunes Barradas Virginia, Sánchez Orea Jesús y Ochoa Rivera Carlos Alberto.

An approach of smart traffic lights system using computer vision algorithms at an isolated intersection to optimize traffic flow. / Un enfoque de semáforo inteligente utilizando algoritmos de visión computacional en una intersección aislada, para optimizar el flujo vehicular.....51 - 58  
Guillermo Francisco García Acosta y Homero Vladimir Rios-Figueroa.

Análisis y diseño de comunicación punto a punto para enlace de datos. / Analysis and design of point-to-point communication for data link.....59 - 64  
Torres Vásquez, M. y Pérez Uc, D.A.

AES como Estándar Internacional de Cifrado.....65 - 70  
Reyna García Belmont, Gabriela Lotzin Rendón, Luis Cabrera Hernández, Ma. del Consuelo Puente Pérez y Ofelia Verónica Méndez Lemus.

Implementación de un algoritmo para la colorización de video a partir de una imagen muestra. / Implementation of an algorithm for the colorization of video from a sample image.....71 - 76  
Canché Chan, Y.A., Capetillo Loeza, A., Sandoval Ramírez, N.A., Moreno Sabido, M.R. y Hernández López, F.J.

## EDITORIAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC en el presente número presenta investigaciones enfocadas a la tecnología móvil, la realidad aumentada para la contribución la capacidad diferenciada visual, el desarrollo de algoritmos para mejorar el flujo vehicular, análisis y cifrado de datos, el impacto de los video para el algoritmos, el desarrollo de aplicaciones para evaluación, aplicaciones colaborativas y procesos de usabilidad de software todo en miras de un adecuado desarrollo de la computación y la informática.

El quehacer de Tecnología Educativa Revista CONAIC es seguir teniendo un espacio científico – académico que permita la contribución de investigaciones originales que ayuden a contar con diversas perspectivas acordes a las líneas de investigación que fortalezca el quehacer de la informática y la computación desde la academia hasta la puesta en práctica de los conocimientos descubiertos en torno a la tecnología educativa. En este sentido nos encontramos en un momento de cambios que permitan tener mejoras que fortalezca la labor de investigación de los académicos que hace de este espacio un lugar de inclusión de aportaciones tanto nacionales como internacionales en beneficio de la comunidad científica.

**LOS EDITORES**

# Análisis de Cobertura del nuevo Plan de Estudios para la Licenciatura en Ingeniería de Software de la UADY desde la óptica de la ACM-IEEE CS

## Coverage Analysis of the new Curriculum for the Bachelor in Software Engineering of the UADY from the perspective of the ACM-IEEE CS

Julio C. Díaz Mendoza, Raúl A. Aguilar Vera, Juan P. Ucan Pech  
Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas,  
Cuerpo Académico de Tecnologías para la Formación en Ingeniería de Software.  
Anillo Periférico Norte, Tablaje Cat. 13615, Colonia Chuburná Hidalgo Inn, C.P. 97000, Mérida, México.  
{julio.diaz, avera, juan.ucan}@correo.uady.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** En este artículo se presenta un análisis para la cobertura del nuevo Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería de Software de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), respecto de la guía curricular propuesta por la Association of Computing Machinery (ACM) y la IEEE Computer Society (IEEE-CS). Del análisis se pudo identificar que el plan de estudios cubre satisfactoriamente, con excepción del área de Análisis y Modelado de software, los contenidos considerados en las diez áreas identificadas en la guía propuesta.

**Palabras Clave:** ACM-IEEE, Cobertura Curricular, Diseño Curricular, Ingeniería de Software.

**Summary.** This article presents an analysis for the coverage of the new Curriculum Models of the Bachelor in Software Engineering of the Autonomous University of Yucatan (UADY), regarding to the Curriculum Guidelines proposed by the Association of Computing Machinery (ACM) and the IEEE Computer Society (IEEE-CS). From the analysis it was possible to identify that the curriculum satisfactorily covers, with the exception of the Software Analysis and Modeling area, the contents considered in the ten areas identified in the proposed guide.

**Keywords:** Curricular Coverage, ACM-IEEE-CS Curriculum Guidelines, Curricular Design, Software Engineering.

## 1 Antecedentes

El programa educativo de la Licenciatura en Ingeniería de Software (LIS) comenzó a operar en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) en septiembre de 2004; su primer plan de estudios [1] estuvo integrado por 40 asignaturas —34 Obligatorias y 6 Optativas— y dos talleres de apoyo, los cuales se distribuyeron en ocho períodos semestrales; con dicho plan, el estudiante debía inscribirse a un semestre determinado, cursar, y en su caso aprobar, todas las asignaturas definidas en el mapa curricular para dicho semestre; de no aprobar todas, el estudiante adquiriría el estatus de alumno irregular y comenzaba a depender de un par de reglas de permanencia para avanzar en su trayectoria escolar: (1) un alumno irregular podía inscribirse a un semestre determinado, si y solo si aprobó el 50% de las asignaturas cursadas en el semestre inmediato anterior, (2) a partir de la del segundo semestre, un alumno no podía inscribirse al semestre siguiente si adeudaba asignaturas del semestre inmediato anterior al que estaba concluyendo (p.e. al terminar el segundo semestre, el alumno no podía inscribirse al tercero debiendo alguna asignatura de primero). Con el propósito brindar mayor flexibilización del régimen académico-administrativo con el que operaban los programas educativos de la Facultad de Matemáticas, en 2009 se realizó una modificación al plan de estudios en la que se eliminaron un conjunto de restricciones administrativas vinculadas con la inscripción y avance de los alumnos [2]; bajo el nuevo esquema, los alumnos se podrían inscribir a asignaturas en lugar de semestres. Siete años más tarde, en 2016, derivado de la adopción del Modelo Educativo para la Formación Integral (MEFI) por parte de la UADY [3], así como de las recomendaciones de los organismos evaluadores, la Facultad de Matemáticas realizó una segunda modificación al plan de estudios [4], una modificación integral en la que se reestructuraron varios de los elementos del plan de estudios, adecuándolos a los seis ejes establecidos en el MEFI.

Uno de los ejes del MEFI, es la Educación Basada en Competencias, en el caso de UADY, el concepto de competencia es concebida como la integración dinámica de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que desarrollan los seres humanos. En el MEFI se identifican cuatro tipos de competencias: (1) de egreso, (2) genéricas, (3) disciplinares y (4) específicas. En los Planes de Estudio, las competencias de egreso son las que definen el perfil de egreso, y por ello, conviene describir su concepción desde la perspectiva del modelo; las competencias de egreso son definidas como la Integración dinámica de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que les permitan a la egresada o egresado desempeñarse como ciudadana o ciudadano autónomo y flexible en una función, actividad o tarea profesional o social, a lo largo de la vida.

Si bien, se han propuesto —en particular la IEEE R9— un conjunto de competencias para los Ingenieros de Software en el ámbito latinoamericano [5], para el Plan de Estudios de la UADY se consensuaron cuatro áreas sobre las cuales se definieron las competencias de egreso para el Ingeniero de Software:

- *Desarrollo de Software*: Desarrolla productos de software de calidad de pequeña a gran escala aplicando técnicas, herramientas, métodos y procedimientos, a través de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable.
- *Mantenimiento de Software*: Mantiene productos de software heredados en diferentes dominios de aplicación, optimizando los recursos humanos, materiales, económicos y de tiempo, y atendiendo las necesidades de la organización.
- *Administración de Procesos de Software*: Administra los procesos de desarrollo, mantenimiento, calidad y configuración del software, mediante un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable, optimizando los recursos humanos, materiales, económicos y de tiempo, con apego a la ética profesional.
- *Innovación en Ingeniería de Software*: Elabora propuestas de mejora en el desarrollo, mantenimiento y administración de los procesos de software, mediante fundamentos matemáticos, ingenieriles, de las ciencias computacionales y los propios de la Ingeniería de Software.

## 2 Actividades curriculares en el plan de estudios

La propuesta curricular de 2016 se encuentra organizada en cinco tipos de actividades curriculares: asignaturas Obligatorias, asignaturas Optativas, asignaturas Libres, Servicio Social y Prácticas Profesionales; para dichas actividades, la unidad de medida es el crédito —de acuerdo con lo descrito en la sección previa. La Tabla 1 presenta los créditos de que consta el plan de estudios en su conjunto, así como la manera en la que se encuentran distribuidos entre los cinco tipos de actividades:

**Tabla 1. Actividades medidas en Créditos y Horas del Plan de Estudios de IS.**

Actividades	Créditos	Porcentaje (%)	Horas
Asignaturas Obligatorias	268		4288
Servicio Social	12	80.00	480
Prácticas Profesionales	8		320
Asignaturas Optativas	54	15.00	864
Asignaturas Libres	18	5.00	288
<b>Total</b>	<b>360</b>	<b>100.00</b>	<b>6240</b>

Para cursar el plan de estudios con una dedicación de tiempo completo, se estima que requiere un total de nueve semestres, disponiendo adicionalmente de cuatro períodos intensivos de verano; sin embargo, si el alumno por diferentes situaciones requiere de mayor tiempo, dispone de hasta catorce semestres para concluirlo. El enfoque centrado en el estudiante descrito en el MEFI, también se ve reflejado en la modificación en la manera de calcular los créditos —medir el esfuerzo del estudiante— de las asignaturas, en los planes diseñados de acuerdo con el MEyA, se aplicaban las consideraciones de los acuerdos de Tepic [6] con un esquema de horas teóricas y prácticas (1 hora teórica = 1 crédito; 2 horas prácticas = 1 crédito), sin embargo, en el MEFI, la dosificación de las asignaturas ya no es medible en horas teóricas y prácticas, sino más bien se considera la actividad efectiva del estudiante dentro y fuera del salón de clases, por ello en las planeaciones didácticas de las asignaturas se especifican las horas presenciales y no presenciales, y para ello asume el Acuerdo 279 de la Secretaría de Educación Pública, en la que se establece que 16 horas efectivas de actividades de aprendizaje equivalen a un crédito [7].

### 3 El cuerpo del conocimiento central para la IEEE CS & ACM

La Guía Curricular de la ACM-IEEE CS para programas educativos de licenciatura en Ingeniería de Software [8] describe el conjunto de conocimientos apropiado para considerar en la elaboración de un programa educativo en esta disciplina; dicho documento —integrado en 2004— presenta las áreas que conforman el cuerpo de Conocimiento de la Educación en Ingeniería de Software (*Software Engineering Education Knowledge*, SEEK); en el SEEK, el término Conocimiento se utiliza para describir el contenido completo de una disciplina: información, terminología, artefactos, datos, roles, métodos, modelos, procedimientos, técnicas, procesos y literatura.

La organización del SEEK integra un esquema jerárquico de tres niveles; el nivel más alto de la jerarquía se encuentra el área de conocimiento, el cual se corresponden con la sub-disciplina particular de la Ingeniería de Software que generalmente es reconocida como la parte significativa del conocimiento que un estudiante de licenciatura debe saber. Las áreas de conocimiento son elementos de alto nivel que se usan para organizar, clasificar, y describir el conocimiento de la IS; cada una de las diez áreas —identificadas con una abreviatura— se divide en elementos más pequeños denominados unidades, las cuales representan a los módulos temáticos individuales dentro del área; a su vez, cada unidad es dividida *en* temas, los cuales representan el nivel más bajo de la jerarquía.

La ACM y la IEEE CS definen —en el SEEK— un conjunto de contenidos recomendados para la IS, al que podemos denominar el *CORE* de la ACM-IEEE CS, el cual orienta el desarrollo de programas educativos en esta área, sin embargo, considera deseable que dicho conjunto de conocimientos sea lo más pequeño posible para dar a las instituciones la libertad de elegir los componentes reticulares que satisfagan las necesidades de sus programas educativos. En el SEEK se utilizan, para mantener consistencia con otras guías curriculares, horas frente a grupo para cuantificar el tiempo de instrucción; entendiendo una hora, como el tiempo requerido para presentar el material en una clase frente a grupo en un formato tradicional, en la que no se incluye trabajo adicional asociado con las sesiones de clase, como pudiesen ser el estudio individual, o en su caso el tiempo utilizado para el desarrollo de proyectos.

Las 10 áreas de conocimiento (AC) consideradas en el SEEK, así como las horas y porcentajes que estas representan se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Dosificación del tiempo en horas de instrucción a las áreas del SEEK**

Abrev.	Área de Conocimiento	Horas	%
CMP	Fundamentos de Computación	152	32.55
FND	Fundamentos de Matemáticas e Ingeniería	80	17.13
PRF	Práctica profesional	29	6.21
MAA	Análisis y Modelado de Software	28	6.00
REQ	Análisis de requisitos y especificación	30	6.42
DES	Diseño de software	48	10.28
VAV	Verificación y validación de software	37	7.92
PRO	Proceso de Software	33	7.07
QUA	Calidad del software	10	2.14
SEC	Seguridad	20	4.28
<b>Total</b>		<b>657</b>	<b>100</b>

## 4 Resultados

Con base en las áreas de conocimiento del SEEK, los autores analizaron, clasificaron las asignaturas y finalmente contabilizaron las horas presenciales de clase establecidas para cada asignatura en el Plan de Estudios del programa de Ingeniería de Software; la cobertura del plan se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3. Cobertura del Plan de LIS-2016 a las áreas del SEEK**

Clave	Área de Conocimiento	Horas	%
CMP	Fundamentos de Computación	712	28.34
FND	Fundamentos de Matemáticas e Ingeniería	704	28.03
PRF	Práctica profesional	176	7.01
MAA	Análisis y Modelado de Software	0	0.00
REQ	Análisis de requisitos y especificación	72	2.87
DES	Diseño de software	288	11.46
VAV	Verificación y validación de software	136	5.41
PRO	Proceso de Software	208	8.28
QUA	Calidad del software	72	2.87
SEC	Seguridad	144	5.73
<b>Total</b>		<b>2512</b>	<b>100</b>

El análisis detallado —indicando las asignaturas y horas— del Plan de Estudios para cada una de las diez áreas de conocimiento propuestas por la ACM-IEEE CS, se describe a continuación.

### *Fundamentos de Computación (Computing essentials: CMP)*

En esta AC se incluyen los fundamentos de las ciencias de la computación que apoyan el diseño y construcción del producto de software. También, se incluyen los conocimientos requeridos en la transformación de un diseño a una implementación, así como las técnicas y herramientas utilizadas durante este proceso. La tabla 4 lista las asignaturas clasificadas dentro de esta área de conocimientos. Las asignaturas contribuyen con un total de 712 horas semestrales, que representan el 28.34% del total (ver tabla 4).

**Tabla 4. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-CMP**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Algoritmia	72
02	Arquitectura y Org. de computadoras	72
03	Construcción de software	72
04	Desarrollo de Aplicaciones Web	72
05	Estructura de Datos	72
06	Programación Estructurada	72
07	Programación Orientada a Objetos	72
08	Sistemas Operativos	72
09	Teoría de la Computación	72
10	Teoría de Lenguajes de Programación	64
<b>Total</b>		<b>712</b>

### *Fundamentos de Matemáticas e Ingeniería (Mathematics and engineering fundamentals: FND)*

Los fundamentos de Matemáticas e Ingeniería proveen las bases teóricas y científicas para la construcción de productos de software con los atributos deseados; proveen los aspectos básicos para modelar y facilitar el razonamiento sobre estos productos y sus interrelaciones, así como las bases para un proceso de diseño predecible.

Un tema central es el diseño ingenieril: el proceso de toma de decisiones de naturaleza iterativa, en la que se aplica la computación, matemáticas, y ciencias de la ingeniería, con el propósito de utilizar los recursos disponibles de manera eficiente para satisfacer los objetivos establecidos. Las asignaturas del área de conocimiento de Fundamentos de Matemáticas e Ingeniería se imparten en 704 horas al semestre, que representan el 28.03% del total (ver tabla 5).

**Tabla 5. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-FND**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Algebra Intermedia	64
02	Algebra Lineal	72
03	Algebra Superior	72
04	Cálculo Diferencial	72
05	Cálculo Integral	72
06	Experimentación en Ingeniería de Software	72
07	Geometría Analítica	72
08	Inferencia Estadística	72
09	Matemáticas Discretas	72
10	Probabilidad	72
<b>Total</b>		<b>704</b>

### *Práctica profesional (Professional practice: PRF)*

El AC de Práctica profesional se interesa en el conocimiento, habilidades y actitudes que deben poseer los ingenieros de software para realizar su práctica profesional de manera responsable y ética; se incluyen el estudio de comunicación técnica, dinámicas grupales y psicológicas, y responsabilidad social y profesional. En esta área de conocimiento se tienen tres asignaturas con un total de 176 horas frente a grupo (7.01%); la tabla 6 ilustra las asignaturas y horas correspondientes.

**Tabla 6. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-PRF**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Fundamentos de Ingeniería de Software	64
02	Innovación Tecnológica	64
03	Taller de Emprendedores	48
<b>Total</b>		<b>176</b>

### *Análisis y Modelado de Software (Software modeling and analysis: MAA)*

El AC MAA es considerado muy importante en cualquier disciplina de ingeniería porque son esenciales en la documentación y evaluación de las decisiones de diseño y las alternativas. En esta área de conocimiento no se identificó alguna asignatura particular, sin embargo, algunos temas son cubiertos por asignaturas que en el presente estudio fueron clasificadas en otras áreas.

### *Análisis y Especificación de Requisitos (Requirements analysis and specification: REQ)*

Los requisitos representan las necesidades de los usuarios, clientes, y otros participantes afectados por un sistema. La construcción de los requisitos incluye la obtención y análisis de las necesidades de los participantes, así como la creación de las descripciones apropiadas del desempeño y de la calidad deseados del sistema. En esta área de conocimientos se imparte la asignatura Requisitos de Software con 72 horas presenciales (2.87%), la tabla 7 ilustra la integración de esta área.

**Tabla 7. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-REQ**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Requisitos de Software	72
<b>Total</b>		<b>72</b>

### *Diseño de software (Software design: DES)*

El diseño de software se interesa en los aspectos, técnicas, estrategias, representaciones y patrones utilizados para determinar cómo implementar un componente o un sistema. Las asignaturas de Diseño de software suman 288 horas presenciales durante el período, y representan el 11.46% del total (ver tabla 8).

**Tabla 8. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-DES**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Arquitecturas de Software	72
02	Diseño de bases de datos	72
03	Diseño de Software	72
04	Interacción Humano Computadora	72
<b>Total</b>		<b>288</b>

### *Verificación y validación de software (Software verification and validation: VAV)*

La Verificación y Validación del software utiliza una variedad de técnicas para asegurar que un artefacto o un sistema de software logre satisfacer las expectativas del usuario. En el área de conocimientos VAV se clasificaron dos asignaturas con 136 horas presenciales las cuales representan el 5.41% del total de horas del programa educativo (ver tabla 9).

**Tabla 9. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-VAV**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Métricas de Software	72
02	Verificación y Validación	64
<b>Total</b>		<b>136</b>

### *Proceso de Software (Software process: PRO)*

El proceso de software proporciona las estructuras apropiadas y efectivas para la práctica de la ingeniería de software que se utilizan para desarrollar y mantener los componentes de software y de sistemas, en los niveles

individual, grupal, y organizacional. En esta AC se cubren los modelos de proceso y apoya las experiencias individuales y grupales con uno o más procesos de desarrollo de software, incluyendo planeación, ejecución, seguimiento y administración de la configuración. En el Plan de LIS, se identificaron tres asignaturas (ver tabla 10) del AC PRO, las cuales son impartidas durante 208 horas presenciales, con el 8.28%.

**Tabla 10. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-PRO**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Administración de Proyectos I	72
02	Administración de Proyectos II	64
03	Mantenimiento de Software	72
<b>Total</b>		<b>208</b>

#### *Calidad del software (Software quality: QUA)*

La calidad del software es un aspecto transversal, identificado como una entidad separada para reconocer su importancia y proveer un contexto para lograr y asegurar la calidad en todos los aspectos de la práctica y el proceso de la ingeniería de software. Estos aspectos deben integrarse con el material de otras AC. La asignatura Aseguramiento de la Calidad del Software se clasifica en el área de conocimiento QUA, la cual se imparte en 72 horas frente a grupo y representa el 2.87% del total (ver tabla 11).

**Tabla 11. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-QUA**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Aseguramiento de la calidad del software	72
<b>Total</b>		<b>72</b>

#### *Seguridad (Security: SEC)*

La seguridad en el software tiene dos componentes relacionados: como la de un área de conocimiento por sí misma y la protección de la información, sistemas y redes. Como un aspecto transversal, provee un enfoque hacia como debe incorporarse la seguridad en todas las partes del ciclo de desarrollo de software. Estos aspectos deben integrarse con el material de otras AC. En la Tabla 12 se muestran las asignaturas del área de conocimientos SEC con un total de 144 horas presenciales al período, y representan el 8.28% del total de horas del programa educativo.

**Tabla 12. Cobertura del Plan de LIS-2016 en el AC-SEC**

#	Nombre de Asignatura	HP
01	Redes y Seguridad en computadoras	72
02	Sistemas Distribuidos	72
<b>Total</b>		<b>144</b>

## **5 Conclusiones**

EL MEFI representa un cambio de referente en torno a los procesos de diseño curricular en la Universidad Autónoma de Yucatán, es un modelo que reorienta la filosofía de la actividad académica centrada en el docente, hacia el reconocimiento de la actividad del estudiante, sin embargo, dicho cambio conlleva un conjunto de

implicaciones al momento de realizar el análisis de la cobertura del plan, en el caso de modelos que consideran únicamente la actividad instruccional —horas presenciales— como el utilizado en el presente estudio, permiten analizar la cobertura del Plan de Estudios sin problema alguno, no obstante, existen otros modelos, como el utilizado por los autores en un estudio previo [9] en el que se requieren consideraciones particulares.

Del análisis del nuevo Plan de Estudios de LIS-UADY, respecto del CORE de la ACM-IEEE CS se puede concluir que el Plan de Estudios de LIS, con excepción del área de conocimiento de Análisis y Modelado de Software, tiene una excelente cobertura curricular respecto de los contenidos analizados, no obstante, resultaría interesante analizar el tipo de actividad considerada por la ACM-IEEE CS para las horas e instrucción, pues no deja de ser cuestionable el considerar suficiente un total de 657 horas para la promoción de las competencias de un Ingeniero de Software.

## Referencias

1. Curi, L.; Madera, F.; Mojica, C.: *Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería de Software*. Universidad Autónoma de Yucatán (2004)
2. Aguilar, R.; Chi, M.; Basto, L.; Cambranes, E.; Curi, L.: *Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería de Software*. Universidad Autónoma de Yucatán (2009)
3. Universidad Autónoma de Yucatán: *Modelo Educativo para la Formación Integral*. UADY (2012)
4. Aguilar, R.; Cambranes, E.; Castellanos, E.; Díaz, J. y Ucán, J.: *Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería de Software*. Universidad Autónoma de Yucatán (2016)
5. Ramos, T., Micheloud, O., Painter, R. & Kam, M.: *IEEE Common Nomenclature for Computing related in Latin America*. IEEE R9. (2013)
6. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Enseñanza Superior. *Acuerdos de Tepic. Revista de la Educación Superior*. No. 4, p. 50 (1972)
7. Secretaría de Educación Pública.: *Acuerdo número 279*. Diario Oficial de la Federación: Publicación del 20 de julio (2000).
8. IEEE Computer Society & ACM: *Software Engineering 2014: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering* (2015)
9. Aguilar, R., Díaz, J., Ucán, J. y Aguilera, A.: *Cobertura del nuevo Plan de Estudios para el Ingeniero de Software de la UADY: Un Análisis desde la óptica de la ANIEI*. *Tecnología Educativa*. Vol 4, Num. 3. (2017)

# Aplicación Móvil en Android para la Gestión de la Planeación y Evaluación Escolar Mobile app on Android for the management of planning and school evaluation

Macías Brambila, H.R.<sup>1</sup>, Zamora Ramos, V.M.<sup>2</sup>, Castillo Serrano, C.M.<sup>3</sup>, Becerra Velázquez, V.R.<sup>4</sup>, Osorio Angel, S.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Div. de Electrónica y Computación, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
Blvd. Marcelino García Barragán, 1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>2</sup> Div. de Electrónica y Computación, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
Blvd. Marcelino García Barragán, 1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>3</sup> Div. de Electrónica y Computación, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
Blvd. Marcelino García Barragán, 1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>4</sup> Div. de Electrónica y Computación, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
Blvd. Marcelino García Barragán, 1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>5</sup> Div. de Electrónica y Computación, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
Blvd. Marcelino García Barragán, 1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>1</sup>hassem.macias@academico.udg.mx, <sup>2</sup>victor.zamora@academico.udg.mx, <sup>3</sup>hmacias@utj.edu.mx,  
<sup>4</sup>violeta.becerra@academicos.udg.mx, <sup>5</sup>sonia.oangel@academicos.udg.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** El presente artículo describe el proceso de desarrollo tecnológico a través de una metodología de Ingeniería de Software para la creación de una aplicación móvil enfocada para la plataforma Android implementada en la Universidad de Guadalajara como una herramienta de apoyo para los docentes de la institución en el control y gestión de planeación escolar y evaluación. Esta aplicación tiene como objetivo fungir como un sistema integral de gestión de planeación de cursos, brindando a los docentes de la institución las herramientas necesarias para el perfeccionamiento y automatización de los procesos relacionados con el control administrativo de cursos, asimismo brindar una serie de herramientas para facilitar la evaluación del alumnado.

**Palabras Clave:** Desarrollo de software, Sistema integral de información, desarrollo de aplicaciones móviles.

**Summary.** This article describes the process of technological development through a software engineering methodology for the creation of a mobile application focused on the Android platform implemented at the Universidad de Guadalajara as a support tool for teachers in the institution in the control and management of school planning and evaluation. This application aims to serve as an integral management system for course planning, providing teachers of the institution with the necessary tools for the improvement and automation of processes related to the administrative control of courses, as well as providing a series of tools for facilitate the evaluation of students.

**Keywords:** Software development, Integral information system, mobile application development.

## 1 Introducción

El desarrollo actual de las tecnologías ha influido en gran medida en la modernización de aspectos cotidianos de la vida de las personas, especialmente en ámbitos de entretenimiento, comunicación y educación.

El auge de la sociedad de la información y el conocimiento, así como la creciente adopción de dispositivos móviles como smartphones y tablets, convierten a las aplicaciones móviles en elementos que pueden ayudar de manera importante a los usuarios y las organizaciones a mejorar y modernizar los procesos relacionados a los mismos.

Actualmente las principales plataformas del segmento móvil son el sistema iOS del fabricante Apple, y el sistema Android que es respaldado por Google. Ambos cubren en conjunto más del 90 por ciento de los dispositivos actuales del mercado a nivel mundial.

La Universidad de Guadalajara (UdeG) ha tenido un gran crecimiento en los últimos años, aumentando de manera significativa la cantidad de alumnos gestionados por la institución, su constante expansión, origina la necesidad de los docentes de aplicar medidas para controlar y perfeccionar la calidad de la planeación de los cursos y a su vez en mejorar la eficiencia en las actividades administrativas y productivas, para satisfacer los estándares educativos de más alta calidad, por lo que actualmente se encuentra en un proceso de implementar soluciones de modernización de software especializado para este fin, mediante el desarrollo de aplicaciones móviles enfocadas en la plataforma Android, la cual es la principal plataforma utilizada por el alumnado y los docentes de la institución.

El uso de una aplicación móvil que facilite la gestión y evaluación de cursos brindando una administración precisa y eficaz de las necesidades de los docentes, satisface los requerimientos que tiene la UdeG para la Gestión de Calidad de la educación.

El desarrollo de la aplicación requirió de la ejecución de tareas determinadas y cuantificables, las cuales fueron administradas de forma eficiente a través de instrumentos y estándares como elementos que permiten asegurar la calidad en el desarrollo de software, como el estándar 830 del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) en su revisión 1998. De igual forma, se utilizaron herramientas para el modelado arquitectónico del software y el modelado semántico de los datos a través de diagramas del Lenguaje Unificado de Modelado (UML) y el modelo relacional.

El desarrollo de la aplicación contempla el uso de Entornos de Desarrollo Integrados tales como Visual Studio mediante la herramienta Xamarin para el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma y mediante la utilización del lenguaje de programación C#, el cual fue utilizado como lenguaje principal para la completitud de la aplicación. Así mismo, la aplicación está sustentada y evidenciada en una gran cantidad de documentos realizados para plasmar de manera precisa la estructura total de la misma, las pruebas y mantenimiento del software están acompañados de la documentación del proceso de pruebas y manuales de usuario.

## **2 Estado del arte**

La Universidad de Guadalajara está enfocada en la mejora de los procesos de gestión y evaluación de la educación a nivel nacional, permitiendo que ésta sea más eficiente y con los más altos estándares de calidad. Actualmente esta institución busca modernizar su sistema educativo incorporando al proceso de crecimiento de los estudiantes las herramientas más avanzadas de tecnologías para complementar integralmente su crecimiento académico y asimismo apoyar a los docentes con las actividades administrativas que requieren sus labores en la institución.

Es dentro de la fase de implementación en donde se origina el desarrollo adquisición de sistemas informáticos que apoyan a la colaboración de los procesos con su documentación.

Actualmente, existen herramientas educativas que permiten la planeación y evaluación de cursos, los cuales tienen establecidos procedimientos y dinámicas rígidas, lo que obliga a las instituciones educativas que las adquieren a modificar sus procesos de administración, seguimiento, evaluación y consulta de acuerdo con las características de la aplicación. El aseguramiento de la calidad de los procesos en la creación de software contemplan el uso y aplicación de buenas prácticas en el desarrollo, pruebas y mantenimiento, así como la implementación de estándares, lo cuales aseguran que los procesos realizados son los adecuados. Es por eso que dentro de la etapa de ingeniería de requerimientos, especialmente para la elaboración del documento de especificación de requerimientos de software (ERS), existen estándares como el IEEE 830 revisión 1998, el cual provee un marco de desarrollo para el ERS y además, de acuerdo con la IEEE (2016) establece los requerimientos funcionales del modelo de negocio, provee un marco contextual: procedimientos, mecanismos y colaboración entre todos los actores involucrados y proporciona las directrices para el cumplimiento del estándar IEEE/IEA 12207 revisión 1997. Asimismo también se contempló el estándar ISO/IEC 15504.

La implementación de estos estándares es contemplado como solo una fase de la ingeniería de software, misma que es definida como la aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y construcción de programas de computadora y a la documentación asociada requerida para desarrollar, operar y mantenerlos.

Este producto de software durante el proceso de desarrollo requiere de la implementación de herramientas, que asistirán a los analistas, diseñadores, programadores e ingenieros de prueba en sus actividades. Estas herramientas son denominadas CASE (Computer Aided Software Engineering, Ingeniería de Software Asistida por Computadora), tales como, Microsoft Visio y Dia para el modelado arquitectónico del software y el semántico de los datos, así como Visual Studio aplicado a Xamarin para el desarrollo de la aplicación y SQLlite como gestor de la base de datos.

### **3 Metodología**

En esta sección se describe el método de desarrollo para la aplicación de gestión y evaluación de cursos, en el cual se implementó una metodología de desarrollo incremental, este proyecto contempla cuatro fases: ingeniería de requerimientos, diseño arquitectónico del software y diseño semántico de datos, desarrollo e implementación y pruebas y mantenimiento.

#### **3.1 Recolección de datos: entrevista, encuestas y elaboración de minutas de trabajo**

De acuerdo al modelo de proceso de software incremental, se inició con entrevistas para recolectar en términos generales y abstractos las necesidades de los docentes, los cuales expresaron sus necesidades e inquietudes, y esto se plasmó en un documento de recolección de datos, una lista no ordenada de necesidades que fue organizada e interpretada por el analista. Las acciones y resultados de cada revisión también se registraron en esbozos de trabajo. Éstas evidencian el tiempo que se invirtió para cada sesión y los participantes involucrados. Además, se define la fecha de la próxima visita y los compromisos acordados para cada una de las partes involucradas del proyecto.

Asimismo para complementar el trabajo de entrevistas se realizaron 50 encuestas de recolección masiva realizada al alumnado y profesores del CUCEI, de las cuales se obtuvieron datos que posteriormente fue cuantificada e interpretada por el analista. La herramienta utilizada para la realización de las encuestas es e-encuesta (<http://www.e-encuesta.com>), una plataforma web la cual permite la realización de encuestas personalizadas con una gran cantidad de elementos de recolección de información.

Esta herramienta brinda un análisis estadístico de los resultados expresadas en una serie de gráficas de barras para la visualización intuitiva de los resultados. Este tipo de herramientas presentan una ventaja significativa con la realización de encuestas tradicionales físicas, ya que esta se puede realizar básicamente en cualquier dispositivo con acceso a internet de manera rápida y sencilla, asimismo los resultados de la recolección son consultables en tiempo real y además brinda la posibilidad de realizar reportes parciales de los resultados. Cabe destacar que la realización de este tipo de encuestas proporcionó una baja del costo del proyecto, debido a la reducción de personal y recursos físicos destinados para su creación y distribución de las mismas, en comparación a los medios tradicionales físicos en papel.

#### **3.2 Especificación de requerimientos**

Estas actividades permitieron hacer el llenado de la plantilla que ofrece el estándar IEEE 830 revisión 1998, con la información obtenida de las actividades de recolección de datos. La especificación de requerimientos permite establecer los requerimientos funcionales imprescindibles de la aplicación y los del modelo de negocio, así como todos aquellos aspectos de seguridad, mantenimiento, compatibilidad, portabilidad y confianza. En los requerimientos funcionales a grandes rasgos se definieron las mecánicas y funcionamientos interactivos directos relacionados con el usuario, es decir, toda función ejecutable y visible ante el usuario, algunos de estos como la capacidad de realizar reportes, la funcionalidad de importación de lista de alumnos, etcétera; para los requerimientos no funcionales se especificaron todas las funcionalidades abstractas del sistema, así como características de seguridad, confiabilidad, disponibilidad, etcétera. Algunos de estos como el gestor de bases de datos a utilizar, el método de cifrado para el almacenamiento de los datos, la tasa de disponibilidad de las características principales de la aplicación.

#### **3.3 Diseño arquitectónico del software**

Se desarrollaron diagramas y esquemas que resultarán intuitivos para el cliente, dichos organizadores gráficos fueron elaborados en el software Visio, de uso propietario de la empresa Microsoft y asimismo con apoyo complementario de la herramienta CASE Dia, de uso gratuito, mediante los estándares de la versión 2.0 de UML.

Para el diseño arquitectónico del software se realizaron diversos diagramas y esquemáticos para la especificación exhaustiva de los componentes relacionados, los diagramas realizados cumplen integralmente con las especificaciones más altas de calidad de Ingeniería de Software presentes en el estándar ISO/IEC 15504.

El diagrama de casos de uso especifica las acciones y actividades factibles a realizar por el súper usuario de la aplicación (Docente). El software envuelve una serie de funcionalidades relacionadas con el control de semestres, cursos y secciones en orden jerárquico, asimismo incluye actividades de calificaciones de los evaluados, registro de asistencia, generación de reportes, control de planeación y actividades, entre otras

funciones. Cabe destacar que para la aplicación generada solamente existe un súper usuario el cual es tomado por el docente manejador del software. Mediante el diseño de los diagramas de actividades, se planteó el flujo de actividades que debe seguir la aplicación, además de las restricciones inherentes del proceso de negocio implicado en el modelado e implementación de la aplicación de acuerdo a las limitaciones recolectadas en la etapa de recolección de datos.

En ésta etapa también se definen y delimitan las características físicas y abstractas de los equipos móviles involucrados para la ejecución de la aplicación, asimismo de las características del sistema operativo móvil para el manejo de la información y de los datos de forma local, ya que la universidad cuenta con un gran número de docentes dispersos en una cantidad importante de instituciones los cuales desafortunadamente no cuentan con las características propicias para estar conectados a una red unificadora de datos, por lo tanto el sistema se distribuirá de manera local en cada uno de los dispositivos móviles de los educadores. A continuación se muestra el diagrama de bloques de la aplicación:

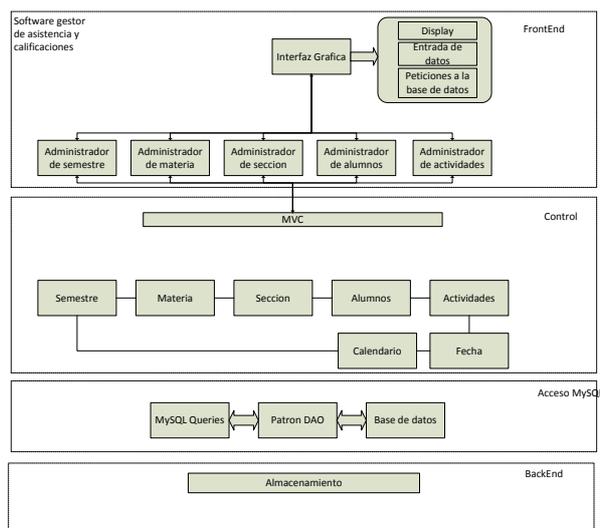


Fig. 1. Diagrama de Bloques

### 3.4 Diseño semántico de datos

Fundamentado en la realización de los diagramas de modelo de modelo Entidad-Relación (E-R) y el modelo relacional estos como apoyos y cimientos para la concepción de los scripts requeridos en la creación de la base de datos SQLite. En conceptualización de la base de datos se implican el establecimiento de las restricciones necesarias para asegurar la mayor integridad posible de la base de datos, generando un modelo relacional que cumple con las características de normalización necesarias para llevarla a tercera forma normal, la cual es un punto idóneo para asegurar el óptimo funcionamiento del diseño de datos. En el diseño de la base de datos además se implican restricciones necesarias, como las llaves primarias para las secciones de las materias, los estados requeridos en los que pueden estar las fechas de un semestre (generalmente como “activos”, “inhábil”, “vacacional”). Asimismo también se establecen relaciones de referenciación entre diferentes tablas (llaves foráneas), que brindan además de una relación lógica entre los elementos de la base de datos, seguridad e integridad de la información, evitando las violaciones de información que puedan comprometer el funcionamiento del esquema. Los scripts fueron generados de manera manual tanto para la creación de la base de datos como de las tablas y relaciones implicadas en el mismo, este hecho implicó un reto para asegurar que todos los elementos trabajaran de manera correctamente conjunta. Cabe destacar que no se utilizaron herramientas de generación automática de esquemas, debido a las limitaciones inherentes presentes en el Sistema Gestor de Base de Datos SQLite.

La creación de un diccionario de datos permitió conocer los tipos de datos de los campos, estructura y restricciones, generando eficazmente consultas específicas para cada caso de uso en la aplicación.

### 3.5 Diseño de Interfaces

Para la elaboración de las interfaces visuales de la aplicación se usó el software Adobe Illustrator CS6 y asimismo Adobe Photoshop CS6, ambas software propietario de la empresa Adobe. Estas dos aplicaciones son enfocadas al diseño y modificación eficaz de ilustraciones gráficas, las cuales brindan la posibilidad del manejo de gráficos en diversos formatos de manera nativa con compatibilidad asegurada y con posibilidad de alteraciones rápidas para la resolución y características de las imágenes, lo que las hace herramientas apropiadas para la gestión de aplicaciones móviles en la plataforma Android, donde generalmente las características heterogéneas propias de las pantallas de dispositivos “similares” exige la variación de un mismo elemento gráfico para el ensamble adecuado para determinado dispositivo.

Los elementos generados en esta etapa se relacionan con: pantalla de carga (Main Splash), ventana de información de la empresa, diseñadas siguiendo principios de usabilidad y con elementos presentes en la identidad de la empresa, como los colores, tipografía y logotipo. A continuación se muestran la interfaces que permiten administrar e importar la información de los estudiantes en cada grupo:



Fig. 2. Módulo de administración de estudiantes

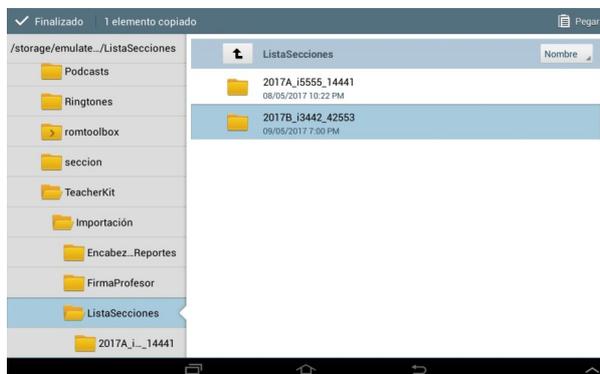


Fig. 3. Módulo de importación de datos

### 3.6 Pruebas y mantenimiento del software

Para asegurar que los estándares de calidad establecidos al principio de desarrollo de la aplicación fueron cumplidos de manera exitosa se procedió a realizar una serie de pruebas exhaustivas a los módulos principales del programa con el fin de asegurar que las funcionalidades expresadas fueron cabalmente cumplidas en concordancia en lo establecido en los documentos de levantamiento de requerimientos. Para la realización de la inspección de software se implementaron diversas pruebas para comprobar los principales puntos críticos de la aplicación, como son pruebas de GUI, pruebas de humo, pruebas de estrés y de carga, entre otras.

## 4 Resultados

Las pruebas del sistema demostraron que las funcionalidades solicitadas fueron cumplidas en un 100%, así mismo se evidenció que la generación de reportes es superior a la gestión obtenida por métodos tradicionales, generando una gran cantidad de reportes con basta información en pocos segundos, lo cual por la metodología tradicional tardarían horas en realizarse.

Se realizaron pruebas de usuario desde dispositivos con diferentes versiones del sistema operativo Android, estas pruebas fueron realizadas desde la versión objetivo Android JellyBean 4.2 hasta las versiones posteriores Android 5.2 Lilipop, asimismo se comprobó que la compatibilidad con sistemas posteriores era factible. No obstante no se realizaron las pruebas en versiones anteriores a la 4.2 por lo tanto existe la posibilidad de un funcionamiento anormal (incompatibilidad parcial) de algunas características del software. Se generaron dos manuales para la aplicación: el manual técnico, que proporciona instrucciones para instalación y mantenimiento del sistema, y manuales de usuario para los usuarios finales del sistema. A continuación se muestran los resultados del caso de prueba de GUI para la funcionalidad de la toma de asistencia:

Toma de asistencia.						
Posición selector de _____						
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
		Posición selector de fechas	Interacción selector de fechas	Lista de fechas válidas		
■ Pruebas exitosas		10	10	10		
■ Errores		0	0	0		

Fig. 4. Resultados pruebas de GUI funcionalidad toma de asistencia

La vinculación del equipo de desarrollo y la Universidad de Guadalajara permitió el desarrollo de este proyecto el cual abonó a la consolidación de competencias en la creación de software para 4 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Computación e Ingeniería en Informática. También, la implementación de las tecnologías de la información y comunicación enfocadas al desarrollo de aplicaciones móviles permitió aumentar la eficiencia de los procesos administrativos y operativos de los docentes, ya que anteriormente el proceso era llevado de manera manual con apoyo de herramientas computacionales, las cuales requerían una interacción total con el usuario y su intervención constante.

## 5 Conclusiones

La implementación de la tecnología en las actividades inherentes de la docencia permite que los procesos de gestión de los cursos sean exactos y se disminuye el tiempo que el profesor invierte en dichos procesos, así mismo que crea un puente que acerca al profesor a la tecnología, esto derivado de la brecha digital que en algunos casos específicos es mayor entre el docente y la tecnología, que entre los estudiantes y la misma. El desarrollo de esta aplicación permite además estandarizar los reportes de avance programático, asistencia, evaluación continua, etc. que el docente entrega como evidencia del trabajo de programación y planeación académica, lo cual abona a los lineamientos que los organismos acreditadores de los programas educativos observan.

## Referencias

1. Kendall Kenneth and Kendall Julie. Análisis y Diseño de Sistemas. Pearson Education, 2005.
2. Institute of Electrical and Electronics Engineers. Estandar IEEE 830 revisión 1998. <https://standards.ieee.org/findstds/standard/830-1998.html>. Recuperado 03 Marzo 2017.
3. Pressman, R. Ingeniería del Software, un enfoque práctico. McGraw-Hill, 2002.
4. Sommerville, Ian. Ingeniería de Software. Pearson Education. Novena Edición, 2014.
5. Universidad de Guadalajara. Recuperado 10 de mayo de 2017. <http://www.cgti.udg.mx/noticias/apps-moviles-en-la-udeg>

# Análisis y diseño de aplicaciones colaborativas reguladas

## Analysis and design of regulated collaborative applications

Argüelles Cortes Tania<sup>1</sup>, Mezura-Godoy Carmen,<sup>2</sup> Benitez-Guerrero Edgard<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Maestría en sistemas interactivos centrados en el usuario, Universidad Veracruzana  
Avenida Xalapa, s/n. Xalapa Veracruz. México.

<sup>2</sup> Maestría en sistemas interactivos centrados en el usuario, Universidad Veracruzana  
Avenida Xalapa, s/n. Xalapa Veracruz. México.

<sup>3</sup> Maestría en sistemas interactivos centrados en el usuario, Universidad Veracruzana  
Avenida Xalapa, s/n. Xalapa Veracruz. México.

<sup>1</sup>tan.arguelles@gmail.com, <sup>2</sup>cmezura@uv.mx, <sup>3</sup>edbenitez@uv.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2017

**Resumen.** Existen propuestas de metodologías y guías para el desarrollo de aplicaciones colaborativas que consideran la comunicación, la cooperación y la colaboración, pero dejan de lado la regulación y el diseño centrado en el usuario. Esto puede provocar en ocasiones una mala experiencia a los usuarios a la hora de interactuar con la aplicación colaborativa. En este trabajo se plantea realizar el análisis y diseño de aplicaciones colaborativas bajo un enfoque de regulación y centrado en usuario, en donde el desarrollador comprenderá la naturaleza de la aplicación, la funcionalidad y el comportamiento propio de la aplicación colaborativa regulada.

**Palabras Clave:** Análisis y Diseño, Aplicaciones Colaborativas, Regulación.

**Summary.** For the development of collaborative applications there are proposals for methodologies and guidelines that consider communication, cooperation and collaboration, but leave aside user-centered regulation and design. Sometimes this can cause a bad experience for users in the interaction with the collaborative application. In this article, the analysis and design of collaborative applications is proposed under a regulation and user approach, where the developer will understand the nature of the application, the functionality and the behavior of the regulated collaborative application.

**Keywords:** Analysis and Design, Collaborative Applications, Regulated.

## 1 Introducción

El análisis de una aplicación consiste en el proceso de reunión de requisitos, dentro de este proceso de análisis es fundamental que, a través de los requerimientos funcionales y no funcionales, el desarrollador comprenda la naturaleza de la aplicación, la función requerida, comportamiento y rendimiento [1]. Por otro lado, el diseño comprende el proceso de aplicar ciertas técnicas y principios con el propósito de definir un dispositivo, un proceso o un Sistema, con suficientes detalles como para permitir su interpretación y realización física. La etapa de diseño comprende 4 etapas: 1) diseño de datos, el cual transforma el modelo de dominio de la información, creado durante el análisis, en las estructuras de datos necesarios para implementar el Software, 2) diseño arquitectónico, describe la estructura modular del sistema, 3) diseño de interfaz, describe las interacciones del usuario con el sistema, 4) diseño procedimental, describe procedimentalmente los componentes del software [1].

El diseño debe implementar los requisitos contenidos en el modelo de análisis, además de proveer una visión completa del software, de sus datos a manipular, las funciones propias de la aplicación, así como el comportamiento que este tendrá durante su ejecución.

Las AC o groupware<sup>1</sup>, constituyen un software que provee a los usuarios los medios para alcanzar una meta en común. Estos medios pueden ser de: comunicación, coordinación, colaboración y regulación [2]. Este tipo de software surge de los trabajos multidisciplinarios en el área de la computación denominada Trabajo colaborativo asistido por computadora<sup>2</sup> que estudia cómo la gente trabaja en grupo y la tecnología que lo afecta [3]. El groupware se puede clasificar de acuerdo tiempo y espacio: i. Mismo lugar, mismo tiempo (los usuarios que están interactuando trabajan en el mismo tiempo), ii. Diferente lugar, mismo tiempo (los usuarios están en diferentes lugares, pero interactúan en el mismo tiempo), 3) Mismo lugar, diferente tiempo (los usuarios trabajan en conjunto y lo hacen en diferentes instantes de tiempo) y 4) Diferente lugar, diferente tiempo (los usuarios se encuentran en diferente ubicación y no trabajan en mismo momento) [4].

Particularmente, nos interesamos en el análisis y diseño de aplicaciones colaborativas reguladas. La regulación permite que las personas creen, negocien y apliquen reglas que controlan su actividad colaborativa. Además, comprende la definición del espacio de trabajo donde se realizará la actividad, quiénes van a participar, qué interacciones pueden llevar a cabo y cómo las pueden realizar, qué roles asumirán, qué objetos manipularán [5]. Para la construcción de aplicaciones colaborativas con un enfoque de regulación se han propuestos modelos

<sup>1</sup> Término en inglés para denominar a las aplicaciones o software colaborativo.

<sup>2</sup> Término en inglés Computer Support Collaborative Work (CSCW)

de actividad como MARS que permite representar actividades reguladas en una herramienta de groupware y considera la interacción como el componente básico de una actividad [5] y CAMCOS, enfocado en la representación de una actividad por espacios individual y grupal [7].

Existen diversas metodologías y guías para el desarrollo de aplicaciones colaborativas que contemplan la comunicación, coordinación y la colaboración, así como elementos que se necesitan para construir la interfaz. Las guías y metodologías que existen actualmente aun cuando contemplan aspectos sociales, como roles, división del trabajo, etc. no contemplan como tal la regulación, en la relación entre la aplicación y las interacciones de los usuarios y de igual manera el usuario en el desarrollo de la aplicación colaborativa no está presente en todas las fases, además de que sólo contemplan en el diseño de aplicaciones, el espacio grupal de la actividad, más no el espacio personal de cada usuario.

Por ello, en este trabajo se hace una propuesta de análisis y diseño de aplicaciones colaborativas reguladas, tomando aspectos como la comunicación, coordinación, colaboración y regulación en espacios grupales e individuales.

La estructura del artículo es la siguiente: en la sección 2, se presentan los modelos, metodologías y guías para la construcción de aplicaciones colaborativas, en la sección 3, se presenta la propuesta de análisis y diseño de una aplicación colaborativa regulada, en la sección 4, se muestra el caso de estudio de la aplicación aplicando la propuesta, finalmente en la sección 5, se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

## 2 Modelos, metodologías y guías de desarrollo para aplicaciones colaborativas

Existen diversos trabajos que proponen modelos, metodologías y guías para el desarrollo de aplicaciones colaborativas e interfaces de este tipo de aplicaciones, las cuales analizamos y se presentan a continuación.

### 2.1 Modelos de actividad

Existen diversos modelos de actividad para el diseño de aplicaciones colaborativas con un enfoque de regulación como MARS [5], Social Theatres [6] y CAMCOS [7].

MARS [5] permite regular una actividad en grupo en una aplicación colaborativa, la cual se desarrolla dentro de un espacio denominado arena, en ella participan actores realizando interacciones, las cuales se regulan en un modelo de interacción. Dentro de MARS existen actores que manipulan y producen objetos a través de escenarios los cuales son guiones que describen como se realizan las interacciones. Social Theatres [6] está basado en la metáfora de una obra de teatro a situaciones cotidianas dentro de entornos virtuales interactivos. La actividad se realiza en un espacio social en el cual hay actores, roles, flujo de interacción y reglas. Un actor desempeña roles, el flujo de interacciones es el conjunto de acciones que definen las tareas a realizar y las reglas son los mecanismos definidos para regular el flujo o para definir la coordinación.

Por otra parte, CAMCOS es una extensión de MARS, el cual se basa en espacios de trabajo, denominados individual y grupal [7]. En un espacio individual, constituye el espacio de cada usuario, aquí el usuario podrá ejecutar sus actividades propias a su actividad individual. En el espacio grupal, los usuarios realizan la actividad o tarea común y para ella interactúa con otros usuarios. En ambos espacios a los usuarios se les denomina actores, estos manipulan objetos y realizan interacciones, mientras realizan interacciones asumen roles propios a la interacción (escribir-escriptor). Las interacciones se definen mediante guiones. En la Tabla 1 se pueden observar los elementos.

**Tabla 1.** Elementos CAMCOS [7].

Elementos	Descripción
Espacio	Donde se realiza la actividad (individual o grupal)
Actor	Persona, software o un grupo que ejecuta la actividad
Objeto	Objeto manipulado durante la actividad
Familia	Grupo de actores u objetos
Rol	Asociado al actor u objeto durante la ejecución de la actividad
Interacción	Actividad en ejecución
Guiones	Descripción de cómo una actividad puede ser ejecutada

## 2.2 Metodologías

CIAM [8] es una metodología que pretende resolver los aspectos de cooperación y colaboración, donde el desarrollador puede representar las especificaciones de mayor nivel hasta llegar a la interfaz de esta misma. Además de lo anterior, toma en cuenta los aspectos de comunicación, coordinación y colaboración. De esta metodología destacan la propuesta de cinco etapas: 1) Desarrollo social: se identifican los roles, actores o agentes, 2) Modelo de inter-acción: se define el trabajo en grupo, 3) Modelo de responsabilidades: a cada rol se le asigna una responsabilidad, 4) Modelo de tareas: se identifican el tipo de tareas cooperativo o colaborativo y 5) Modelo de interacción: se identifican las interacciones del usuario.

De Farias et al. [9] propone una metodología a base de componentes, representándola en diferentes niveles. En cada nivel se utilizan diferentes puntos de vista para captar los aspectos estructurales, conductuales y de interacción de la aplicación en desarrollo. Donde los niveles son: El nivel empresarial capta el vocabulario y otra información de conocimiento del dominio del sistema que se está desarrollando. El modelo cooperativo se basa en cuatro conceptos clave: la actividad, el actor, la información y el servicio, y sobre un conjunto de relaciones entre ellos. El nivel del sistema define el límite entre el sistema y su entorno capturando los requerimientos del sistema y los servicios externos que apoyan el sistema también se identifican en este nivel.

Amenities [10] es una metodología que permite describir un sistema colaborativo mediante cuatro vistas que permite detectar los aspectos relevantes de este tipo de sistemas. La primera vista es la del grupo que permite identificar aspectos relacionados con la propia del grupo. La segunda vista es la cognitiva representa el conocimiento que posee o adquiere cada miembro del grupo en el escenario colaborativo. La tercera vista es de interacción y consiste en analizar los procesos que implica un dialogo entre los participantes. Y por último la vista de información que es recoger la información que es compartida en el escenario.

La metodología del diseño centrado en el usuario (DCU) [14] sitúa al usuario en el núcleo del proceso de diseño de la interfaz. Atiende especialmente a los aspectos cognitivos que intervienen en la interacción entre personas y cosas, de manera que permite optimizar la usabilidad de cualquier objeto con el que las personas interactúen cotidianamente. La DCU involucra al usuario desde los primeros pasos del proceso de desarrollo de una aplicación interactiva, y se desarrolla a lo largo de varias etapas, algunas de las cuales son iterativas: i) Análisis en donde se reúne la información como los objetivos, características y requisitos del sistema, ii) Diseño que responde a las características ya definidas en el análisis, iii) prototipo se desarrolla parte del sistema y iv) evaluación se aplican varios métodos de pruebas de usabilidad.

## 2.3 Guías

Guerrero et al. [11] proponen una guía basada en patrones para el desarrollo de aplicaciones colaborativas. El sistema de patrones que proponen toma en cuenta la comunicación, la coordinación y la colaboración. Se definen los patrones y los problemas que se presentan en cada uno, que a continuación se describen: i) Memoria en grupo: realizar un repositorio para cada vista, el usuario puede elegir la vista que desea ver, ii) Colaboradores: se le asigna a cada usuario un rol y sus permisos, iii) Control de espacio: asignar elementos a los usuarios, iv) Sesiones colaborativas: a los usuarios se les asigna sesiones de trabajo. En esta guía destaca que una aplicación colaborativa que cada usuario debe tener su espacio de trabajo y sus propias vistas. Particularmente también se debe conocer los elementos que se necesita para la construcción de una buena interfaz y es necesario incluirla en el análisis.

Diaper, D., & Sanger, C. [12] proponen una guía para el desarrollo de interfaces donde los pasos a seguir son los siguientes: i) Las aplicaciones efectivas son consistentes entre sí, ii) proveer el feedback inmediatamente, iii) usar un modelo de usuario, iv) el usuario debe controlar todas las acciones y controles, v) usar metáforas. Grundin [13] menciona los problemas que tienen las interfaces colaborativas y porque fracasan y menciona que es necesario para poder abordarlos como, por ejemplo: tener la parte social en la aplicación, por ejemplo, quien es el que trabaja, quienes están en la actividad, muchas de las aplicaciones colaborativas omiten este aspecto y es cuando el usuario muchas veces se llega a confundir.

Los modelos de actividad como MARS y Social Theatres contemplan elementos para definir una actividad en un espacio definido (p.ej. arena) en estos espacios se describen tareas, actores, objetos y reglas de trabajo. Particularmente, CAMCOS aborda estos elementos, pero incluye además del espacio de grupo, el espacio de cada usuario en el cual cada participante describe la actividad en términos de sus propias reglas de trabajo y de objetos a manipular. Por otro lado, las metodologías y guías proponen el diseño de aplicaciones colaborativas en términos de definir la actividad de grupo considerando por ende un solo espacio de trabajo. Sin embargo, se ha observado que los usuarios en una actividad de grupo disponen de manera natural de su espacio individual, ambos espacios (individual y grupal) no se consideran en las guías o metodologías de desarrollo.

### 3 Propuesta de análisis y diseño de aplicaciones colaborativas

Las aplicaciones colaborativas apoyan a los grupos de personas en: la comunicación, la coordinación, la colaboración y la regulación [5]. Se ha observado que las propuestas de diseño (metodologías o guías) parten del principio de definir la actividad de grupo y todos sus elementos, es decir definen un espacio de trabajo común. Sin embargo, en la actividad de grupo participan usuarios que además de utilizar el espacio compartido trabajan en su espacio individual, en el cual realizan tareas, producen o manipulan objetos, que pueden ser llevados al espacio grupal y viceversa. Por ello, proponemos analizar y diseñar herramientas colaborativas bajo el enfoque de regulación en espacios grupales e individuales, tomando como base el modelo CAMCOS.

#### 3.1 Fase de análisis: usuario, grupo y actividad

En esta fase de análisis de usuario, grupo y actividad se identifican diferentes aspectos del usuario para conocer sus preferencias, gustos, habilidades, competencias e incluso la edad para construir una aplicación colaborativa y de igual modo conocer cómo se trabaja en grupo y como se realiza la actividad.

*i) Análisis de la actividad:* en esta fase se identifica el tipo de actividad y la clasificación de esta, así como las interacciones, objetos, la comunicación entre los miembros del grupo y se define qué es lo que realizarán los usuarios en la aplicación colaborativa y en qué clasificación se encuentra.

¿En qué clasificación se encuentra la aplicación colaborativa que se va a realizar? Mismo tiempo, mismo espacio, Mismo tiempo, diferente espacio, Diferente tiempo, mismo espacio, Diferente tiempo, diferente espacio, ¿Qué esperan los usuarios de la aplicación?, ¿Qué objetos utilizan?, ¿Qué interacciones realizan?

*ii) Análisis de grupo:* en esta fase se identifica las necesidades que tiene el grupo o los usuarios trabajando colaborativamente y conocer los elementos de comunicación y coordinación. Esto lo conocemos preguntando lo siguiente: ¿De qué manera se comunican los miembros del grupo?, ¿Cómo se coordinan los miembros del grupo?, ¿Existe un líder en el grupo? Estas preguntas se responden observando a los usuarios realizando la actividad colaborativa de manera cotidiana, por ejemplo, reuniendo a los usuarios que utilizarán la aplicación colaborativa y poniendo un problema a resolver, de esta manera se observa como los usuarios trabajan en equipo, identificando roles, objetos, interacciones y la comunicación que existen entre ellos. Es importante tener en cuenta que se debe observar al grupo y al usuario en su entorno individual.

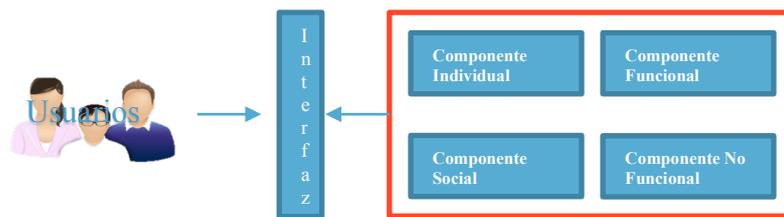
*iii) Análisis de usuario:* En esta fase se identifica el perfil de los usuarios (edad, género, estatus, cargo, etc.), sus gustos, preferencias, habilidades y competencias las preguntas a responder pueden ser: ¿A quién va dirigida la aplicación colaborativa, niños, jóvenes, adultos o personas con alguna discapacidad?, ¿los usuarios son expertos o novatos?

#### 3.2 Fase de diseño

El objetivo de esta fase de diseño es producir un modelo o representación de una entidad que se va a construir posteriormente [1]. De esta fase depende el buen funcionamiento de la aplicación colaborativa regulada. Este diseño está basado en el modelo CAMCOS del cual se obtienen los elementos necesarios para regular la actividad y los datos del funcionamiento de la aplicación.

- Diseño de los datos: A partir de los elementos de MARS se definen los espacios individual y grupal que definirán la actividad colaborativa, considerando que en el espacio grupal los actores interactúan en la realización de una actividad que los lleve a alcanzar un fin común (p.ej. redacción de un artículo). En este espacio se definen las interacciones que pueden realizar los actores y los guiones que definen cómo realizarlas, los objetos a manipular y/o producir y en el Espacio individual se definen las acciones que el actor realizará y que podrá llevar al espacio grupal (p.ej. “redactar la introducción”).

- Diseño de la arquitectura: En esta fase se definen las relaciones entre los principales elementos estructurales de la aplicación colaborativa. La Fig. 1 es la arquitectura genérica de una aplicación colaborativa. La arquitectura de este tipo de sistemas comprende cinco componentes: 1) funcional (funcionalidades propias de la aplicación), 2) social (reglas de colaboración, interacciones sociales, roles, objetos a manipular, etc.), 3) individual (características, habilidades, preferencias, etc.), 4) no funcional (seguridad, conectividad, manejo de versiones, etc.) y 5) de interfaz de usuario y de grupo.



**Figura 1.** Arquitectura genérica de una aplicación colaborativa

- Diseño de la interfaz: Particularmente, la interfaz en este tipo de sistemas es muy importante, ya que tiene que dar cabida a aspectos particulares del usuario (gustos, preferencias, habilidades, etc.), así como aspectos del trabajo en grupo (¿quién está haciendo qué?, ¿cómo lo está haciendo?, ¿qué objetos manipula?, ¿cuándo los usuarios lo hicieron?), entre otros. Por ello, en el diseño de la interfaz el desarrollador debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Identificar los elementos del espacio individual y grupal.
- Aplicar metáforas en la aplicación colaborativa: los usuarios deben sentir el sistema parte de ellos, por eso es importante poner botones o imágenes que se asemejen al mundo real.
- Distribución de los objetos que manipulara el usuario: por ejemplo, si la aplicación colaborativa es de tipo mismo tiempo- mismo espacio, se debe contemplar qué tipo de dispositivo es ya que, si los usuarios compartirán el mismo espacio, los usuarios no deben estorbarse o si un cañón proyecta lo ideal es que las herramientas se muestren a un costado del espacio de trabajo para que los usuarios puedan moverse libremente. O si es un monitor touch que los botones sean de un tamaño adecuado y que las herramientas u objetos que manipulara el usuario se encuentren al alcance de todos.
- Distribución de la parte social: es importante mostrarles a los usuarios quienes son los que estarán participando en la actividad, quienes están manipulando en la actividad, si la aplicación colaborativa está en otro tipo que no es mismo espacio, mismo tiempo, es importante mostrar a los usuarios como comunicarse por ejemplo un chat.

- Diseño de procedimiento: En esta fase se transforman los elementos estructurales de la arquitectura genérica de una aplicación colaborativa en una descripción procedural de los componentes de la aplicación colaborativa. En este diseño se obtiene los pasos a seguir de los procesos y funciones que conforman la aplicación.

#### 4 Uso de la propuesta en una aplicación colaborativa para diagramar clases y objetos

Se desarrolló una aplicación colaborativa que apoya a los usuarios en la realización colaborativa de diagramas de clases y objetos.

- Análisis del usuario, grupo y actividad:* En esta fase se realizó un experimento tipo exploratorio con estudiantes entre 18 a 20 años de la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana, con el objetivo observar y analizar las diferentes interacciones entre los usuarios al realizar la actividad colaborativa. En la actividad se observan las interacciones principales que son: diseñar (diagrama, clase), definir atributos y relaciones, conversar y discutir, corregir, hacer anotaciones, así como los objetos y familias de actores. Entre los miembros del grupo se comunican de manera verbal y directa y a través del espacio. Se observa que cada usuario tiene un espacio de trabajo individual y grupal. Los usuarios por ejemplo realizan una parte del diagrama en su espacio individual (una hoja en papel) y luego la llevan al espacio de grupo (el pizarrón).
- Fase de diseño:* en esta fase se identifican de acuerdo a la fase de análisis los elementos del modelo CAMCOS, tanto del espacio grupal como individual. El espacio grupal se puede observar en la Tabla 2. la cual contiene las interacciones a realizar definidas por un modelo de interacción, los actores y objetos a manipular, sus respectivas familias, y los escenarios. Como en el espacio individual es posible realizar las mismas tareas de la tabla 2, sólo el actor estará definido por uno sólo.

**Tabla 2. Espacio grupal en CAMCOS.**

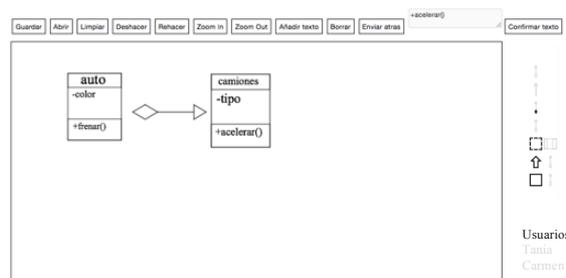
Modelo de interacción	DiseñarClase, DiseñarAtributos, DiseñarMetodos, Borrar, RealizarAnotaciones, RevisarDiagrama
Actor	Tania, Carmen, Edgard
Rol	DiseñadorClase, DiseñadorAtributo, DiseñadorMétodos, Borrador, Anotador, Revisor, Revisor
Familia de actores	Estudiantes
Objeto	Diagrama, clases, relaciones, borrador, notas
Escenarios	EscenarioCrearClase, EscenarioDefinirMetodos, EscenarioDefinirAtributos, EscenarioRelacionarClase, EscenarioRevisar

Con respecto a las funcionalidades del sistema éstas se identifican y se relacionan a las interacciones sociales. La tabla 3 muestra las interacciones en la primera columna y las funciones del sistema en la segunda columna.

**Tabla 3. Funcional de la aplicación colaborativa.**

Interacción	Función
DiseñarClase	fabric.loadSVGFromURL('/images/diagrama.svg', function(objects, options).
DiseñarMetodo y Atributo	canvas.add(texto)
DefinirRelacion	fabric.loadSVGFromURL('/images/relacion.svg', function(objects, options).
Revisar	btnSave.addEventListener('click', function()).
Borrar	btnClear.addEventListener('click', function()
Abrir	btnLoad.addEventListener('click', function()).

- iii) *Diseño de la Interfaz:* Se desarrolló una interfaz sencilla, pero tomando en cuenta los criterios del análisis y diseño de la aplicación colaborativa. Como la aplicación es el mismo lugar y mismo espacio, se consideró que la barra de herramientas debería ir a un costado para facilitar a los usuarios. Esto se pudo observar al realizar el experimento con los usuarios, de qué manera se acomodaban los usuarios para interactuar en la actividad colaborativa. Todas las herramientas son las figuras que comúnmente se utilizan al realizar un diagrama de clases, el espacio social se visualiza en la aplicación a un costado para que este a la vista de todos los usuarios. En este caso de estudio la interfaz es la misma para el espacio individual ya que es una herramienta mismo tiempo, mismo espacio.



**Figura 2. Interfaz de usuario.**

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se propone en análisis y diseño de sistemas colaborativos con un enfoque de regulación y considerando para el desarrollo de la actividad de grupo, tanto el espacio grupal como el individual. Esta propuesta de análisis y diseño de la aplicación colaborativa, se han considerado al usuario y grupo como punto de partida para analizar y comprender los aspectos más relevantes del trabajo de grupo, como son, la comunicación, colaboración, coordinación y regulación de grupos de personas. El análisis y diseño presentado puede ser fácilmente ajustable a diferentes condiciones. Se probó la propuesta en el análisis y diseño de una herramienta colaborativa para el diseño de diagramas de clases y objetos, a partir de un estudio exploratorio en donde se observó cómo grupos de trabajo colaboran diseñando un diagrama en un pizarrón. En donde se identificaron claramente los dos espacios de trabajo el individual (hoja de papel) y grupal (pizarrón). Actualmente, se trabaja la elaboración del prototipo de la aplicación colaborativa que implemente los espacios de trabajo. Se plantea que una vez terminado el prototipo se evalúe en términos de usabilidad con usuarios estudiantes de la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana.

## Referencias

1. Rogers, P.: *Ingeniería de Software un Enfoque Práctico*. McGraw-Hill, Madrid (2005)
2. Mezura-Godoy C.; Montané-Jiménez L.: Modelling Regulated Social Spaces for Groupware Applications. *Research in Computing Science. Advances in Computer Science and Artificial Intelligence*. Vol 39, pp. 47-60. ISSN: 1870-4069 (2008)
3. A. J. Dix. *Computer-supported cooperative work - a framework*. In *Design Issues in CSCW* D. Rosenburg and C. Hutchison. Springer Verlag, pp 23-37 (1994)
4. Chaffey, D.: *Groupware, workflow, and intranets: reengineering the enterprise with collaborative software*. Gulf Professional Publishing (1998)
5. Mezura-Godoy, C.; Riveill, M.; & Talbot, S.: Mars: Modelling arenas to regulate collaborative spaces. In *International Conference on Collaboration and Technology* pp. 10-25. Springer Berlin Heidelberg (2003)
6. Paredes, H.; Martins, F. M: Social interaction regulation in virtual web environments using the Social Theatres model. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(1), 3-19 (2012)
7. Benítez-Guerrero, E.; Mezura-Godoy, C.; Montané-Jiménez, L. G.: Context-aware mobile collaborative systems: Conceptual modeling and case study. *Sensors*, 12(10), 13491-13507 (2012)
8. Molina, A. I.; Redondo, M. A.; Ortega, M.; Hoppe, U. CIAM: A methodology for the development of groupware user interfaces. *J. UCS*, 14(9), 1435-1446 (2008)
9. de Farias, C. R. G.; Pires, L. F.; van Sinderen, M.: A component-based groupware development methodology. In *Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2000. EDOC 2000. Proceedings. Fourth International* pp. 204-213, IEEE (2000)
10. Gea, M., Gutiérrez, F.; Garrido, J.; Cañas, J.: AMENITIES: Metodología de modelado de sistemas cooperativos. In *Workshop de Investigación sobre nuevos paradigmas de interacción en entornos colaborativos aplicados a la gestión y difusión del Patrimonio cultural* (2002)
11. Guerrero, L. A.; Fuller, D. A.: A pattern system for the development of collaborative applications. *Information and Software Technology*, 43(7), 457-467 (2001)
12. Diaper, D.; Sanger, C.: *CSCW in practice: An introduction and case studies*. Springer Science & Business Media (2012).
13. Grudin, J.: Why CSCW applications fail: problems in the design and evaluation of organizational interfaces. In *Proceedings of the 1988 ACM conference on Computer-supported cooperative work* (pp. 85-93). ACM. (1998)
14. Granollers Saltiveri, T.; Lorés Vidal, J.; Cañas Delgado, J. J.: Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario (2012).

## Proceso de Pruebas de Usabilidad de Software Software Usability Testing Process

Sánchez Morales G.<sup>1</sup>, Mezura-Godoy C.<sup>2</sup>, Benítez-Guerrero E.<sup>3</sup>  
Facultad de Estadística e Informática, CONACYT-Universidad Veracruzana,  
Av. Xalapa, S/N, 91020, Xalapa, Veracruz. México.  
<sup>1</sup>Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana,  
Av. Xalapa, S/N, 91020, Xalapa, Veracruz. México.  
<sup>2</sup>Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana,  
Av. Xalapa, S/N, 91020, Xalapa, Veracruz. México  
<sup>3</sup>gsanchezmo@conacyt.mx, <sup>2</sup>cmezura@uv.mx, <sup>1</sup>edbenitez@uv.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** Existen diversos trabajos que orientan las pruebas de usabilidad los cuales son muy generales o demasiados específicos, ocasionando que las personas que empiezan a incursionar en el ámbito de las pruebas de usabilidad se sientan desorientados por el exceso de información. En consecuencia, en este trabajo se propone un proceso de pruebas de usabilidad de software, mostrando los elementos necesarios, incluyendo algunas sugerencias y recomendaciones que permitan incursionar a las pruebas de usabilidad de manera fácil.

**Palabras Clave:** Pruebas de Usabilidad, Proceso, Software.

**Summary.** There are several works that guide usability testing that are generally or too much specific; causing people who are beginners at usability testing feel confused by the excess information. Consequently, this paper presents a Software Usability Testing Process, this process shows the necessary elements, including some suggestions and recommendations that make it easy to enter usability testing.

**Keywords:** Usability testing, Process, Software.

## 1 Introducción

Una forma de definir si una aplicación de software es usable, es evaluando si cumple con características de usabilidad. La usabilidad se define como el alcance de un producto o servicio usado por usuarios específicos, para lograr un objetivo con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico. La efectividad se valora en términos de la precisión y completitud con la que el usuario alcanza sus objetivos, así como los errores cometidos, mientras que la eficiencia se refiere al tiempo y esfuerzo para alcanzar los objetivos. La satisfacción se considera en términos de la ausencia de incomodidad y una actitud positiva hacia el uso de la aplicación. En cuanto al contexto, se refiere a los diferentes aspectos tales como: usuarios, tareas, equipo requerido por el software, hardware y materiales, así como el entorno físico y social en el cual un producto es usado [1].

Una manera de evaluar la usabilidad es mediante pruebas de usabilidad, las cuales involucran medir la ejecución de usuarios sobre la realización de ciertas tareas en un ambiente controlado, como lo es un laboratorio de usabilidad [2].

Las pruebas de usabilidad comprenden tres técnicas que en conjunto permiten medir la efectividad, eficiencia y satisfacción. La primera técnica se llama *pruebas con usuarios*, ésta prueba permite que cierto tipo de usuarios realicen tareas específicas para que a partir de sus ejecuciones se evalúe la usabilidad y se identifique errores. La segunda técnica es la *observación* que tiene como objetivo percibir las actividades de los usuarios mediante la grabación de sus ejecuciones (interacción con el sistema, registro de actividades), sus movimientos, gestos faciales y corporales; también se puede hacer dichas observaciones por una persona dedicada a esa actividad. Mediante la observación se pueden identificar tareas exitosas, es decir, aquellas completadas en el tiempo deseado o con tiempo extra, también se puede considerar las tareas exitosas con o sin ayuda; sin olvidarse de contabilizar las tareas sin éxito. De igual manera, se considera los errores cometidos por los usuarios de manera general, en determinado tiempo o clasificándolos de alguna manera. Incluso contabilizar la frecuencia en usar la ayuda. Debido a los datos que se pueden obtener a partir de la observación se pueden medir la efectividad y la eficiencia. La tercera técnica consiste en *preguntar a los usuarios* mediante el uso de cuestionarios y entrevistas sobre la opinión y satisfacción en el uso de la herramienta. Actualmente, existen diversos cuestionarios predefinidos que permiten conocer dicha satisfacción; por ejemplo, el cuestionario CSUQ (Computer System Usability Questionnaire) [3].

Es importante señalar que para llevar a cabo las pruebas de usabilidad se debe seguir un proceso que determine las pautas necesarias. De cierta manera, algunos trabajos como [2, 4] proveen un proceso para hacer dichas pruebas siguiendo principalmente los siguientes puntos: i) establecer un objetivo; ii) realizar actividades relacionadas a los usuarios, a la aplicación a evaluar; iii) llevar a cabo la observación y las entrevistas; finalmente iv) analizar resultados. Otro trabajo engloba los procesos anteriores en las siguientes categorías: planeación, preparación, conducción, análisis y reporte [5].

En una u otra medida, cada uno de estos trabajos proporcionan detalles que orientan a los novatos en pruebas de usabilidad, pero se ha observado en la práctica que aún cuando existen estos procesos al momento de llevar a cabo dichas pruebas las personas novatas suelen confundirse con dicha información por ser muy extensa o

demasiada breve. Por ello nos interesamos en las propuestas de evaluación de la usabilidad existentes, con el fin de proponer un proceso de pruebas de usabilidad para novatos o personas que se inician en el proceso de evaluación de software, que incluya formatos a usar, sugerencias y recomendaciones.

La distribución de este artículo es la siguiente: en la sección 2 se presenta algunos procesos para llevar a cabo la pruebas de usabilidad; en la sección 3 se muestra nuestra propuesta para hacer dichas pruebas, este proceso considera la planeación, la ejecución, el análisis y el reporte; en la sección 4 se muestra el resultado de poner a la práctica el proceso propuesto, mientras en la sección 5 se presentan las conclusiones y el trabajo a futuro.

## 2 Estado del arte

Preece [2] propone un proceso para hacer las pruebas de usabilidad considerando el marco DECIDE; que incluye 5 puntos. El primero es establecer el objetivo y explorar las preguntas que ayudaran a responder el objetivo; el segundo paso es determinar el paradigma y las técnicas, el paradigma corresponde a las pruebas con usuarios, mientras que las técnicas comprenden registrar datos mediante video y log de la interacción de los usuarios, cuestionarios de satisfacción y entrevista. El tercer paso es la identificación de puntos prácticos, que incluye: a) selección de las tareas para los usuarios, b) selección de usuarios, c) preparación del lugar para las prueba y d) planeación de la ejecución de las pruebas. En el inciso 'a)' se recomienda que cada tarea (entre 5 y 20 min) debe probar un problema. Para el inciso 'b)', la selección de usuarios, se debe considerar la edad o la experiencia; se recomienda considerar las características de los usuarios finales sin hacer sesgos y equilibrar la participación de hombre y mujeres a menos que la aplicación a probar este orientada a cierto género. En el caso del inciso 'c)' se considera utilizar un laboratorio de usabilidad o preparar un espacio; incluso arreglar el área de la prueba con cierto parecido al lugar en donde se planea operar la aplicación. En el inciso 'd)' se consideran 4 diferentes scripts (saludo a los participantes, explicación de la prueba, explicación del comportamiento de los usuarios y una introducción a la tarea exploratoria) que ayude a conducir la prueba; también se recomienda hacer una prueba piloto para asegurar que todo está bien, incluso se debe considerar tener un plan de qué hacer cuando no se logre la tarea en el tiempo estimado. El punto cuarto concierne a la ética, lo que implica crear una hoja de consentimiento, indicar el uso de cámaras de grabación y si existe otro tipo de observación. El quinto punto se refiere a la evaluación, al análisis y a la presentación de los datos recabados; en esta parte se recomienda recabar la información a partir de la observación, usar estadística descriptiva como máximos, mínimos, promedio del grupo y desviación estándar para presentar la información.

Otro trabajo, [4], se identifican 7 elementos básicos a considerar en las pruebas de usabilidad: 1) desarrollar las preguntas de investigación o los objetivos de la prueba, 2) empleo de una muestra representativa de usuarios que pueden o no ser elegidos al azar, 3) representación del entorno actual de trabajo, 4) observación del usuario al usar o revisar el producto a evaluar, 5) entrevistas y pruebas de los usuarios, 6) colección de ejecuciones cualitativas, cuantitativas y mediciones de preferencias y 7) recomendaciones de mejoras para el producto.

En la fuente [5] recomienda hacer en 5 etapas las pruebas de usabilidad. La primera etapa, planeación, se establece el objetivo, aspectos que afectan las pruebas. En la etapa dos, preparación de la prueba; se proveen opciones para reclutar los usuarios, asignar roles y responsabilidades (y hacer un *checklist* para cada rol que considera antes, durante y después de la prueba), hacer diversos formatos (de consentimiento para grabación y menores de edad, acerca confidencialidad, notas de los observadores), crear cuestionarios (antes de la prueba para recabar información del usuario, después de cada tarea y al finalizar la prueba para conocer la experiencia) o buscar cuestionarios que sean usados al finalizar la prueba. La etapa tres, conducir la prueba, considera preparar el lugar, pensar en las preguntas antes de la prueba, sugerencias de cómo hacer las pruebas solo o acompañado con dos o más participantes; provee sugerencias de qué hacer al presentarse algunos problemas, así como de conducir a los observadores y visitantes. En la etapa cuatro, análisis de lo encontrado, permite analizar la información de los observadores, los videos, los registros de interacción y los gestos. Mencionan la ventaja y desventajas de usar un conjunto de heurísticas; de manera similar provee la opción de agrupar las observaciones sin seguir una heurística. Se recomienda identificar los datos cualitativos (tiempo al completar una tarea, errores cometidos, tareas sin concluir, asistencias) y cuantitativos (usando la media, moda y promedio) y finalmente priorizar el orden de problemas. La etapa cinco, preparar un reporte, considera si los resultados serán por escrito (reporte o presentación) u oral, en la parte reporte involucra el reporte formal e informal. Dentro del reporte formal considera puntos que van desde una portada, versión de la aplicación evaluada, lugar usado, el perfil de los participantes usuarios, los objetivos, resultados después de cada tarea y al finalizar la prueba, recomendaciones, trabajo a futuro y apéndices.

Dado el análisis anterior, se observa que algunos trabajos pueden llegar a confundir a los evaluadores novatos debido a que estos trabajos son muy detallados o muy generales; por lo anterior, en este trabajo se muestran los elementos necesarios, incluyendo algunas sugerencias y recomendaciones que permitan incursionar a las pruebas de usabilidad de manera fácil.

## 3 Proceso de pruebas de usabilidad

Como se observa en la Figura 1 se propone 3 etapas para el proceso de pruebas de usabilidad que incluye: i) planeación, es decir, desde la definición de los objetivos hasta la realización de formatos y cuestionarios, ii)

ejecución, en donde se proveen consejos de cómo llevar a acabo la prueba, y finalmente iii) analizar y reportar sobre los datos recopilados de las prueba de usabilidad.



**Figura 1.** Proceso de las pruebas de usabilidad.

### 3.1 Planeación

En la planeación de las pruebas de usabilidad se consideran 4 componentes: 1) objetivos y preguntas de apoyo, 2) tareas, 3) recursos y 4) plan de ejecución. Es recomendable realizar formatos desde el punto 2 con la finalidad de tener una mejor organización (ver Figura 2).



**Figura 2.** Componentes de la planeación.

1) *Objetivos y preguntas de apoyo.* Definir los objetivos de la evaluación, los cuales frecuentemente responden a qué tan usable es la aplicación; mientras que las preguntas de apoyo ayudan a resolver dichos objetivos; por ejemplo, ¿podrán los usuarios registrarse en 2 minutos? o ¿podrán los usuarios realizar la compra de un producto sin problemas?.

2) *Tareas.* Consiste en i) establecer las tareas que realizarán los usuarios para evaluar la aplicación y ii) establecer el tiempo de cada tarea. Para el punto i se considera que las tareas se relacionan con las preguntas de apoyo o con las funcionalidades representativas de la aplicación; por ejemplo, comprar un objeto que ofrece la aplicación o registrarse dentro del sistema. El punto ii se puede lograr considerando experiencias previas o solicitando a alguien, que no pertenezca al equipo de desarrollo, en la realización de dichas tareas tomando en cuenta su experiencia en el uso de dichas aplicaciones. En este último punto sirve para: 1) poner tiempo límite para realizar las tareas, ya que al llevar a acabo estas, el usuario puede encontrar dificultades e invertir mucho tiempo en resolverla, generando estrés y 2) reportar las tareas que fueron realizadas en el tiempo estimado.

Sugerencia y/o recomendación: Realizar formato que enliste las tareas a realizar por los usuarios; se sugiere agregar un escenario, preguntas relacionadas con la satisfacción o sugerencias, como se ve en la Figura 3. Este formato puede ser entregado a los usuarios o ser leído por el moderador al inicio de cada tarea. Otro formato puede ser para los observadores, usando las tareas seleccionadas; en este se sugiere solicitar que los observadores agreguen el tiempo empleado por cada tarea desempeñada por el usuario, errores cometidos, las diferentes emociones, las distracciones, etc.

**Listado de tareas**

Evaluación de la aplicación "ComprAndo"

Instrucciones: realice cada tarea considerando el escenario, posteriormente responda la pregunta seleccionando la opción que considere mejor.

*Tarea 1. Registrarse en la aplicación.*  
 Imagine que desea comprar en la aplicación ComprAndo, así que debe registrarse como cliente llenando la información solicitada.

En general, ¿está tarea fue?

Muy fácil	Fácil	Neutro	Difícil	Muy difícil
-----------	-------	--------	---------	-------------

Nombre del formato

Escenario

Pregunta relacionada con la satisfacción

**Figura 3.** Formato de tareas solicitadas a los usuarios.

3) *Recursos*. Involucra i) recursos humanos (RH), ii) recursos físicos y iii) recursos de evaluación. i) Los RH incluye los usuarios y el equipo de pruebas. En el caso de los usuarios se requiere conocer la cantidad de ellos (de 3 a 5 usuarios [6]) para la pruebas, además que cubran el perfil requerido. El perfil considera el nivel de experiencia, rango de edades, género, preferencias, habilidades o capacidades diferentes, etc., es decir, aspectos relevantes para la aplicación.

Recomendación y sugerencias: los usuarios no deben ser parte del equipo de desarrollo y se debe equilibrar la cantidad de hombres y mujeres, incluso se debe considera cómo se reclutará a los usuarios, si se les pagará o se les ofrecerá algo de comer o beber. Se recomienda hacer un formato de consentimiento en el caso de usuarios menores de edad o cuando se grabe al usuario.

Respecto al recurso de evaluación o equipo de las pruebas se refiere a los roles requeridos que pueden ser cubiertos por una sola persona o por varias dependiendo de la disponibilidad de personas; por tal razón se hará mención respecto a los roles (Moderador, Observador y Técnico). El *Moderador* es quien conducirá la prueba, dará la bienvenida a los participantes, leerá y entregará los formatos generados, entre otras cosas. El *Observador* observa las ejecuciones de las tareas por parte de los participantes, aspectos como el tiempo empleado en cada tarea, las dificultades encontradas y el estado de ánimo. El *Técnico* verificará las instalaciones requeridas en la prueba, la colocación de cámaras, la instalación de la aplicación, la conexión a internet, así como otras necesidades técnicas.

ii) Los recursos físicos considera el hardware, el software y el lugar para realizar las pruebas. El hardware considera el o los dispositivos en donde se ejecutará la aplicación a evaluar, las cámaras de video en caso de hacer grabaciones, etc.; mientras que el software se refiere a la aplicación a evaluar y/o las herramientas de grabación (interacciones y el rostro del usuario). El lugar para realizar las pruebas es en laboratorios de usabilidad.

Sugerencia y/o recomendación: Se sugiere hacer un formato tipo *checklist* para asegurarse que el día de la prueba se ha realizado todo lo necesario respecto a los recursos físico. Si no cuentas con laboratorio de usabilidad acondiciona un cuarto considerando lo siguiente: un lugar fresco, iluminación adecuada, espacioso para el usuario y el equipo de evaluación, con conexiones a la toma corriente, acceso a internet, poco ruidoso e instalación de cámara si es necesario.

iii) Recursos de evaluación se refiere a seleccionar la herramienta de evaluación que ayudará a evaluar la satisfacción o de manera general la usabilidad. Existen cuestionarios par evaluar la satisfacción, por ejemplo: CSUQ versión en español [7], QUIS (The Questionnaire for User Interaction Satisfaction) [8] y SUMMI (Software Usability Measurement Inventory) [9]. Para medir la usabilidad de manera general esta el cuestionario SUS [10] y SIRIUS. Recomendación: determinar si el cuestionario será contestado en papel o en computadora.

4) *Planeación de ejecución*. Se considera la realización 2 actividades:

- i) Redactar un guión de ejecución con los siguientes puntos: agradecimiento, explicación de la aplicación a evaluar, objetivo de la evaluación, actividades a realizar, explicación si serán observados, y
- ii) Realizar el programa de actividades de acuerdo al guión.

Sugerencia y/o recomendación:

1. Hacer un formato para el guión y establecer el tiempo por cada actividad del guión; si las realización de las tareas duran más de 25 minutos se debe tener un descanso.
2. Hacer un formato tipo *checklist* que considere actividades a realizar antes, durante y después de la prueba, como se observa en la Tabla 1.

Recomendación: Aclarar a los usuarios que se está probando la aplicación no sus conocimientos.

**Tabla 1.** Formatos sugeridos para el plan de ejecución.

Nombre del formato	Destinatario	Descripción
<i>Checklist</i> antes de la prueba	Cualquier miembro del equipo	Verificar que el lugar para la prueba este listo con lo necesario, que incluye desde la instalación del software hasta la recepción de los usuarios.
<i>Checklist</i> durante las pruebas	Moderador	Incluye el orden para realizar las actividades mostradas en el guión; el último punto del guión será remplazado por agradecer la participación.
<i>Checklist</i> después de la prueba	Todos los miembros	Al concluir la prueba se realizan varias actividades que van desde platicar con los observadores para obtener sus opiniones, hasta recoger el material usado.

## 3.2 Ejecución de la prueba

El día de la prueba, se debe tener a la mano todos los formatos en el orden que serán usados, llegar con anticipación al lugar de la evaluación para preparar lo necesario. Durante la prueba se debe seguir el guion o el *checklist* correspondiente. Al finalizar cada sesión o todas las pruebas platica con los observadores para recopilar sus observaciones, detectar problemas graves sobre la aplicación.

Sugerencias y/o recomendaciones:

1. Guiarse de los *Checklist* de la tabla 1.

2. El moderador debe emplear tiempo antes de la prueba para platicar con el usuario con la finalidad de relajarlos y hacerlos sentir en confianza.
3. Evitar horarios usuales de comida, ya que los usuarios no estarán concentrados en la actividad; dependiendo del horario y del tiempo de la prueba se puede ofrecer dulces, agua, etc.
4. El equipo de evaluación debe ser amable con los usuarios, no sorprenderse o emitir sonidos cuando cometan errores los usuarios, evitar distracciones (teléfonos, visitas personales, platicar, usar zapatos que al pisar sean ruidosos, etc.).
5. Al finalizar las pruebas invierte tiempo con los usuarios, puesto que ellos en ocasiones proveen más información.
6. Reúnete con tu equipo de evaluación para hablar de mejoras en las pruebas.

### 3.3 Análisis y reporte

Al finalizar las pruebas se debe hacer un reporte, incluyendo lo siguiente: explicar brevemente la aplicación a evaluar, describir la planeación siguiendo el punto 3.1, describir el proceso que se llevó en la ejecución de la prueba, finalizar con el análisis del resultado.

El análisis de los resultados obtenidos incluye el total de los usuarios, cuántos son novatos, intermedios y expertos. Los resultados relacionados con la efectividad, eficiencia y satisfacción se representa usando tablas, gráficos, los valores mínimos y máximos, porcentaje o el número de éxitos del total de usuarios. La efectividad se resume al decir cuántos usuarios completaron cada tarea, mientras que la eficiencia se reporta cuántos usuarios lograron terminar cada una de las tareas en el tiempo esperado o fuera de tiempo, por ejemplo en la Tabla 2. Por otro lado, las herramientas para conocer la satisfacción proveen un resultado al finalizar la evaluación; en ese caso se puede poner los resultados de cada usuario y el total.

Recomendación y/o sugerencia:

1. referenciar a los usuarios por el número de participante no por el nombre.
2. Incluir los parámetros aceptables para la herramienta que mide la satisfacción, para que los lectores vean los valores de referencia usando dicha herramienta.
3. Usar los valores máximos y mínimos cuando el promedio no provea suficiente información.
4. La desviación estándar se sugiere cuando se tienen más de 10 usuarios.

**Tabla 2.** Ejemplo de resumir la eficiencia

Actividad	Usuarios que terminaron la actividad		Problemas encontrados
	Dentro de tiempo	Fuera de tiempo	
1.Registrarse en la aplicación	5	0	-Ninguno
2.Comprar un par de jeans	3	2	-Para un usuario no fue evidente el botón de compras -La aplicación marco error con el usuario 3, quien no completo en tiempo

## 4 Proceso de pruebas

Se probó el proceso al evaluar las siguientes 4 aplicaciones Web con diferentes equipos de evaluación que estaban formados por dos personas cada uno. El equipo 1 evaluó un punto de venta para un auto-lavado; el equipo 2 valoró una aplicación para que alumnos de carreras afines a la programación apliquen filtros sobre imágenes y accedan a ver el código aplicado. El equipo 3 evaluó una aplicación orientada a empresas que reclutan recursos humanos, y el equipo 4 evaluó una aplicación que permite ofrecer y solicitar servicios de reparación o limpieza para casas.

En general las evaluaciones ocurrieron sin problemas mayores, gracias a que siguieron las etapas mostradas en la Figura 1. Algunos de los problemas ocurridos y sus causas:

- El equipo 1 citó a sus 6 usuarios a la misma hora para evitar que llegaran tarde estos. Su plan era evaluar de dos en dos usuarios a la vez. El problema fue que tenían a todos los usuarios en el mismo cuarto, aun cuando este era espacioso; los usuarios sin actividad platicaban y distraían a quienes estaban concentrados evaluando la aplicación. Este equipo consideró que ellos dos eran suficiente personal para hacer la prueba, pero ellos se dieron cuenta de que no podían atender a los usuarios que esperaban ni a los que estaban haciendo la prueba a la vez.
- Tanto el equipo 2 como el 3 decidieron unirse para formar un equipo de evaluación de 4 integrantes, con la finalidad de evaluar a la vez a dos usuarios. En cada evaluación existían dos moderadores y dos observadores. El equipo 2 no tuvo problemas durante su ejecución de las pruebas; mientras el equipo 3 solo

tuvo un problema debido a que los equipos utilizados no podían tener acceso a la red y su aplicación lo requería. Este evento hizo que se atrasaran las pruebas.

- El equipo 4 decidió evaluar un usuario a la vez, durante la ejecución de la prueba tuvieron tres problemas; uno de ellos fue que la cámara a usar no funcionó, la ventaja es que llevaban otra y se convirtió en un problema menor. El segundo problema fue que al momento de hacer la prueba se les ocurrió cambiar de roles, el que era observador cambio a moderador y viceversa; esto originó un poco de descontrol entre ellos. Otro de los problemas fue que no establecieron tiempo por cada tarea, una de ellas era registrarse en la aplicación, pero esta parte no era fácil de hacer y el usuario invirtió más tiempo del requerido, provocando que el usuario estuviera un poco nervioso.

## 5 Conclusiones y trabajo a futuro

Seguir un proceso para la evaluación de software permite tener más control y evitar imprevistos, más si los evaluadores son novatos. A partir de la propuesta, se observa que los evaluadores novatos al contar con un plan definido y los formatos de apoyo propuestos, les permiten actuar con mayor confianza durante todo el proceso. En el caso de que existan problemas técnicos (falla en la energía, en la red, etc.) se les sugiere mantener el control de la situación para que los usuarios en espera o en evaluación no se angustien. Este mismo proceso fue usado para hacer evaluaciones heurísticas, lo cual les permitió tener una mejor planeación. En dichas evaluaciones no se requiere usar observadores, ni registrar la satisfacción, la eficacia y la eficiencia, solo se requiere que los evaluadores expertos den sus opiniones de manera libre o siguiendo herramientas de evaluación.

Como trabajo futuro se planea aplicar la propuesta de evaluación en otros grupos de evaluadores novatos, con la finalidad de proveer más recomendaciones, así como detallar el proceso para evaluaciones heurísticas y considerar otras herramientas de evaluación.

### Agradecimientos.

Este trabajo fue parcialmente apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) mediante el proyecto de Cátedras CONACyT "Infraestructura para Agilizar el Desarrollo de Sistemas Centrados en el Usuario" (Ref 3053).

## Referencias

1. Miki, H.: Reconsidering the Notion of User Experience for Human-Centered Design. *Human Interface and the Management of Information. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 8016, pp. 329-337 (2013).
2. Preece, J.; Rogers Y.; Sharp H.: *Interaction Design beyond HCI*, Jhon Wiley & Sons Inc. (Ed), pp. 389-460 (2002).
3. Lewis, J.: IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use, *International Journal of HCI*, Vol. 7, pp. 57-78 (1995).
4. Rubin, J; Chisnell, D.: *Handbook of usability testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*, Wiley Publishing, Inc. (Ed.), pp. 27-293 (2008).
5. Barnum, C.: *Usability Testing Essentials Ready, Set...Test!*. Elsevier Inc. (Ed), pp. 83-312 (2011).
6. Nielsen J.; Landauer, T.: A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems, *Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference*, pp. 206-213 (1993).
7. Hedlefs, M.; De la Garza, A.; Sanchez, M.; Garza, A.: Adaptación al español del cuestionario de usabilidad de sistemas informáticos CSUQ, *Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, Vol. 4, No. 8, pp. 84-99 (2015).
8. QUIS (The Questionnaire for User Interaction Satisfaction), <http://lap.umd.edu/quis/>, Accedido el 4 de Julio de 2017.
9. SUMI, URL: <http://sumi.uxp.ie/>, Accedido: 4 de Julio de 2017.
10. Brooke, J.: SUS: a "quick and dirty" usability scale, *Usability Evaluation in Industry*, Taylor & Francis (Ed), London, pp. 189-194 (1996).
11. Suárez; M.: PhD. SIRIUS: Sistema de Evaluación de la Usabilidad Web Orientado al Usuario y basado en la Determinación de Tareas Críticas, pp. 139-145 (2010).

# Propuesta de Creación de Contenidos Educativos mediante la Integración de Códigos QR

## Proposal of the Creation of Educational Content through the Integration of QR Codes

Jiménez Castellano I.<sup>1</sup>, Vidal Turrubiates L. B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Informática y Sistemas,  
Km 1 carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez.

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Informática y Sistemas,  
Km 1 carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez.

<sup>1</sup>Isela.j.c.95@gmail.com, <sup>2</sup>Laura.vidal@ujat.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** En la actualidad, el uso de nuevas tecnologías en adolescentes, jóvenes y adultos es más común. Sin embargo, resulta complicado incorporar nuevos métodos de aprendizaje dentro del aula. Esta propuesta analiza la creación de contenidos educativos enlazados a través de códigos QR, cuya idea se basa en el desarrollo de un entorno virtual con temática educativa, implementando códigos QR y la manipulación de dispositivos móviles equipados con cámara y software lector QR. El lector decodifica el código de barras en una URL y dirige el navegador del dispositivo para visualizar un archivo con contenido de interés. Asimismo, se expone una conceptualización de los códigos QR, la implementación en ambientes didácticos y su uso como objeto de investigación, en comparación con otras alternativas tecnológicas. Se espera que la propuesta sea útil en los ambientes áulicos, al permitir la interacción en tiempo real.

**Palabras claves:** Tecnologías, Contenidos Educativos, Códigos QR, Software Lector, Dispositivos Móviles.

**Summary.** Currently, the use of new technologies in adolescents, youth and adults is more common. However, it is difficult to incorporate new learning methods into the classroom. This proposal analyzes the creation of educational content linked through QR codes, whose idea is based on the development of a virtual environment with an educational theme, implementing QR codes and the manipulation of mobile devices equipped with camera and QR reader software. The reader decodes the bar code in a URL and directs the browser of the device to view a file with interesting content. Likewise, a conceptualization of the QR codes is presented, the implementation in didactic environments and its use as an object of investigation, in comparison with other technological alternatives. It is expected that the proposal will be useful in the classroom environments, by allowing interaction in real time.

**Keywords:** Technologies, Educational Contents, QR Codes, Reader Software, Mobile Devices.

## 1 Introducción

Desde comienzos del siglo pasado, se han definido diferentes generaciones que fueron parte de un intervalo de tiempo en la historia, las cuales se enmarcan en los siguientes períodos:

- Los baby boomers (1945-1964).
- Generación X (1965-1981).
- Generación Y (1982-1994) también llamados Millennials.
- Generación Z (1995-actualidad) conocidos como nativos digitales [1].

Los avances tecnológicos y el giro cultural en los últimos 30 años, transformó radicalmente el modelo educativo que se conocía, y ahora la escuela tradicional se enfrenta a un gran desafío que cuestiona los principios básicos de enseñanza y su estructura organizacional. Tal parece que las aulas como las conocemos están por desaparecer para transformarse en un mundo virtual donde cientos de personas pueden conectarse a un servidor para recibir la misma clase en diferentes lugares del mundo [2].

Es evidente que las nuevas tecnologías y la educación han evolucionado drásticamente, convirtiéndose en un factor importante en la vida del ser humano. En el ámbito educativo nacional se establece la necesidad de abordar de forma inter y multidisciplinaria temas curriculares prioritarios para ser trabajados en el aula, así como aprender los múltiples usos de diversos recursos tecnológicos relacionados con los contenidos de la educación y su implementación en los procesos de enseñanza y aprendizaje [3].

La sociedad se encuentra en constantes cambios, los cuales requieren de nuevos escenarios que permitan la adaptación del proceso educativo, implementado por medio de estrategias para procesos enseñanza-aprendizaje, el cual, es ahora aplicado a distintos modelos sociales, culturales, tecnológicos, entre otros. Según [4], la enseñanza no puede entenderse más que en relación al aprendizaje; y esta realidad relaciona no sólo a los procesos vinculados a enseñar, sino también a aquellos vinculados a aprender.

La popularización de los dispositivos móviles entre adolescentes y jóvenes facilitan el uso de distintas alternativas tecnológicas, tal es el caso de los códigos QR, los cuales han ido incrementando en los últimos años. Según [5], los códigos QR se basan en una tecnología que almacena datos de forma gráfica, fueron desarrollados por la empresa japonesa Denso Wave en el año 1994 y cuentan en la actualidad con la certificación ISO.

Como explica [6], para acceder a la información que almacena un código QR es necesario contar con un teléfono móvil que tenga cámara de fotos, tenga instalado un programa lector de códigos QR y una conexión a Internet, pero si el código sólo almacena texto plano no es necesario disponer del acceso a la red de datos móviles.

Las experiencias de los estudiantes en el aula, enfatizan su uso a través de actividades sustentadas en el enfoque de aprendizaje, en el cual, es posible interactuar en tiempo real o trasladarse fuera de los límites de la escuela, conociendo lugares de interés y consultando información relevante, que se codifica en códigos QR y se comparten a través de teléfonos, tabletas o sitios en internet.

[7] Citando a [8] señala que las investigaciones sobre enfoques de aprendizaje, han dado lugar a una nueva área de investigación que mezcla el estudio del contexto educativo, la percepción de los estudiantes y la metodología de la psicología cognitiva, todo ello, desde una perspectiva cualitativa.

Las innovaciones recientes de las tecnologías móviles se han centrado sobre todo en la creación de contenidos digitales, básicamente en forma de libros de texto digitales a los que se accede mediante lectores electrónicos, y el desarrollo de aplicaciones para móviles (apps) y plataformas de software para acceder a recursos educativos a través de dispositivos móviles [9].

## 2 Estado del arte

Los procesos actuales de aprendizaje están atravesando cambios desde el momento en que los medios digitales actúan en su calidad de mediadores para facilitar dicho aprendizaje. La tendencia actual es la de aplicar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a los procesos educacionales, sin contar antes con un proceso previo de investigación e indagación científica sobre los beneficios que estas ofrecen [10].

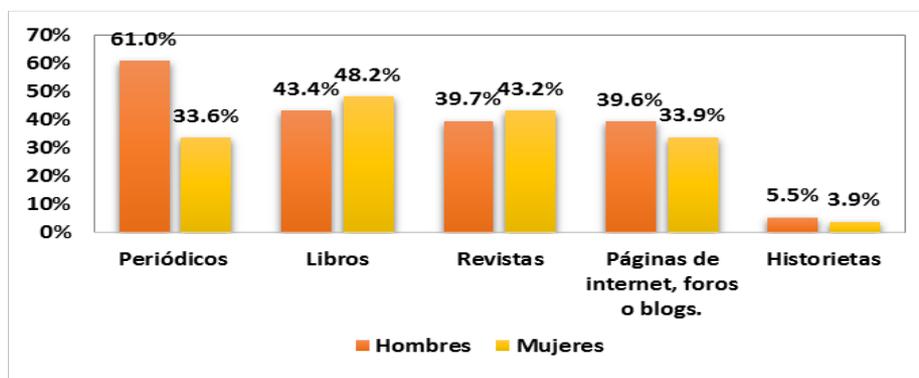
Cada vez existen más herramientas tecnológicas que permiten la interacción entre usuarios, por ello se considera la implementación de los códigos QR como mejora de los procesos educativos, aumentando el interés de los estudiantes y acercando las TIC a la educación, desarrollando entornos más competitivos, facilitando la búsqueda de información.

Los dispositivos móviles con acceso a internet y comunicación en tiempo real se han convertido en accesorios vitales en nuestras vidas. En el ámbito específico de la educación, las tecnologías móviles presentan diferentes ventajas que exigen el replanteamiento de metodologías, modernización de diseños instruccionales y estándares de educación y comunicación con los estudiantes [11].

Como parte de la estrategia a seguir en esta propuesta, se seleccionó el uso de código QR por ser una herramienta lúdica que promueve la interactividad entre los usuarios. [12] Menciona que los códigos QR han comenzado a invadir las aulas, permitiendo a los profesores crear diversos escenarios a través de estrategias didácticas centrados en el juego como una realidad alternativa e innovadora para el proceso enseñanza aprendizaje.

Desde el punto de vista de la educación estos códigos resultan muy interesantes, ya que pueden constituir un canal interactivo de comunicación entre el profesor y el estudiante a través del intercambio de información codificada. Este nuevo recurso tecnológico de los códigos QR, utilizado como recurso de apoyo y de información complementaria, de manera que así se consolide una propuesta pedagógica sólida que centra su atención en el estudiante [13].

La consulta de libros y revistas es común entre los estudiantes de diferentes niveles educativos, según [14], de la población de 18 años y más, 97.2% es alfabeta, de ésta población 80.8% leyó en el último año por lo menos alguno de los materiales considerados por el “Módulo sobre Lectura” (MOLEC): libros, revistas, periódicos, historietas o páginas de Internet, foros o blogs.



**Ilustración 1:** Distribución porcentual de la población de 18 años y más alfabeta.

Sin embargo, la integración de los teléfonos con cámaras digitales y con gran capacidad de almacenamiento, han facilitado la posibilidad de acceder a internet desde cualquier lugar, lo que permite la búsqueda de información de forma rápida y en el momento. [15] Citando a [16], menciona que el proceso de aprendizaje de los individuos cuando se utiliza la mediación de dispositivos portátiles debe ser entendido como una actividad relacionada directamente con el manejo de información y los conocimientos disponibles.

A continuación se definen los siguientes elementos:

## **2.1 Códigos QR**

Según [17], un código QR (Quick Response code, código de respuesta rápida) es un método de representación y almacenamiento de información en una matriz de puntos bidimensional, formado por cuadros negros o blancos llamados módulos, que representan el 0 y el 1 binario respectivamente. Se caracterizan por disponer de 3 cuadrados en las esquinas, que facilitan el proceso de lectura.



**Ilustración 2:** Ejemplo de código QR.

## **2.2 Dispositivos móviles**

Un dispositivo móvil se puede definir como un aparato de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, que ha sido diseñado específicamente para una función, pero que puede llevar a cabo otras funciones más generales [18].

## **2.3 Entornos virtuales**

Un entorno virtual de aprendizaje es un espacio educativo alojado en la web, conformado por un conjunto de herramientas informáticas que permiten la interacción didáctica [19].

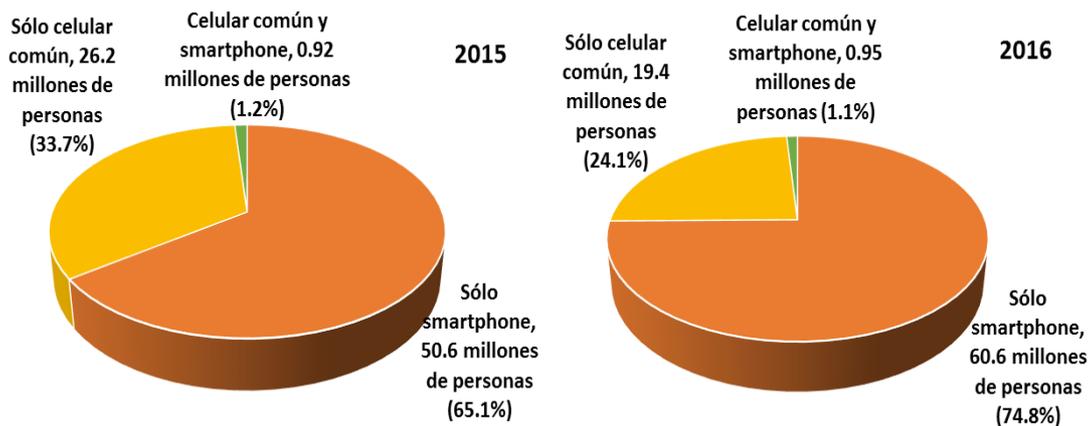
## **3 Metodología utilizada**

En esta sección se describe el enfoque de la investigación, para el correcto desarrollo de la propuesta planteada, de donde se desglosan los siguientes puntos.

### **3.1 Investigación cualitativa**

Esta investigación es de tipo cualitativo y descriptiva. Como punto de partida se tiene la necesidad de generar procesos aplicables al aula de clases, encaminados a desarrollar habilidades en la búsqueda de información para los estudiantes.

Para la realización de esta investigación se tomó como fuente primaria, el levantamiento de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2016, por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), así como fuentes secundarias, sitios web, revistas, entre otros.



**Ilustración 3:** Usuarios de teléfono celular, 2015-2016. Fuente: Resultados INEGI 2017.

Entre 2015 y 2016, el número total de usuarios que sólo utilizan un teléfono inteligente o smartphone creció de 50.6 millones de personas a 60.6 millones. Asimismo, de los usuarios de teléfono inteligente, el 81.0% dispone de conexión móvil, lo que les permite el acceso a Internet desde cualquier lugar [20].

	EU5	Francia	Alemania	Italia	España	Reino Unido
Información sobre productos	71.7%	65.4%	77.9%	69.2%	71.1%	70.1%
Información sobre eventos	31.8%	32.7%	28.9%	36.4%	36.5%	27.0%
Descuentos y promociones	19.4%	20.3%	19.6%	17.6%	22.2%	17.0%
Descarga de aplicaciones	13.4%	17.5%	11.4%	14.8%	13.7%	11.2%
Información sobre ONG's	12.1%	9.5%	10.0%	18.6%	13.4%	10.8%

**Ilustración 4:** Resultados por porcentaje del escaneo de códigos QR desde smartphones. Fuente: ComScore, Inc. (2012).

La agencia ComScore, Inc. (2012), empresa líder en la medición del mundo digital, ha presentado los resultados más recientes hasta la fecha sobre el uso de este tipo de códigos a través del teléfono móvil en los cinco principales mercados europeos (Alemania, España, Francia, Italia y el Reino Unido) [6].

### 3.2 Desarrollo de la propuesta

Sin lugar a dudas, las tecnologías de información que han surgido en los últimos años pueden ser la clave de la transformación en el ámbito educativo, y por ello, tomando en cuenta el número de usuarios con un dispositivo móvil, se considera la implementación de códigos QR en este sector.

El desarrollo de la propuesta, es un espacio virtual donde los estudiantes tengan acceso a diversos contenidos educativos e incluso obtengan más información a través de múltiples enlaces de interés presentados como símbolo QR y que por medio de distintos dispositivos móviles con lector de QR se pueden visualizar. En este espacio virtual se pretende vincular información extensa para los usuarios que lo requieran, con codificación de URL incluidas.

### 3.3 Contenidos

Una adecuada presentación de los contenidos utilizando metodologías y técnicas innovadoras (como el uso de códigos QR) permitirá que los estudiantes extiendan sus horizontes en el ámbito educativo, sin distraerse de sus responsabilidades dentro o fuera del aula de clases.

Usos asignados a la tecnología QR vinculando diversos contenidos educativos en documentos palpables a recursos digitales:

- Accesos a recursos didácticos.

- Información adicional sobre un tema específico.
- Evidencias de experimentos y problemas.
- Listado de materiales para proyectos.
- Mapas y localizaciones.
- Bibliografías.
- Recursos multimedia (vídeos, animaciones y audios).

El primer paso para implantar los códigos QR dentro de las aulas de clases, es el direccionamiento de un entorno virtual, en donde se pueden consultar libros electrónicos, revistas, wikis, entre otros. Esta tecnología permite obtener y agrupar información de manera rápida, al ser de fácil acceso mediante los dispositivos móviles.

#### 4 Resultados

Este trabajo de investigación comprueba el inmenso número de posibilidades que ofrecen los códigos QR, al permitir la integración de distintos materiales tecnológicos y con contenidos educativos en el aula.

Para la descarga de los recursos didácticos se tiene considerado visualizar una interfaz gráfica con contenidos diversos, en el cual el usuario elige la información de su interés y a través de ejercicios aprende conceptos que le aportan conocimientos sobre temas de tecnología, ciencia, entre otros.

### Ejercicio: Conociendo los navegadores más usados.

**Instrucciones:**

Escribe los nombres de los navegadores más usados en México.

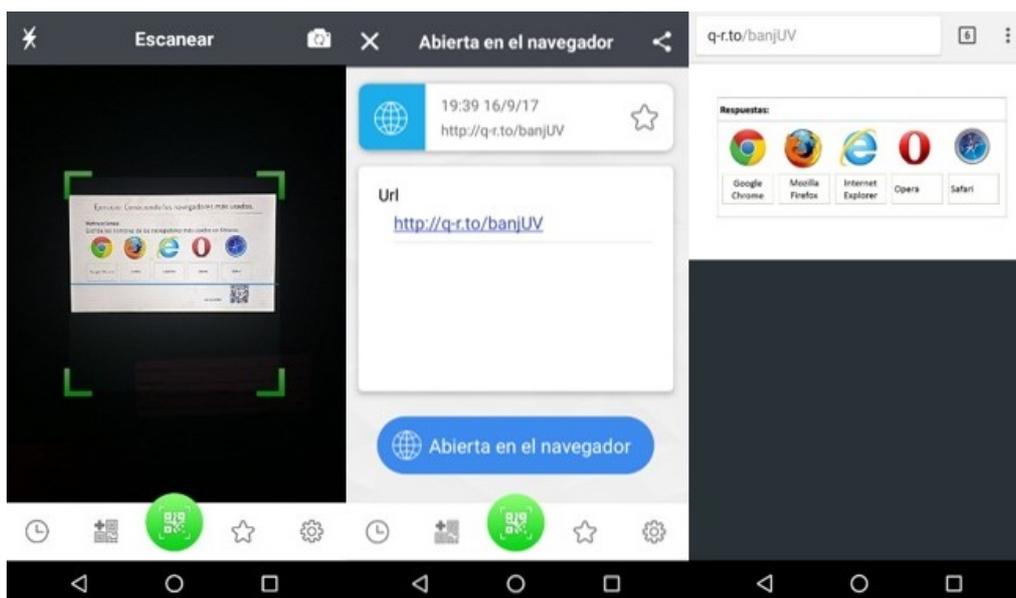


Respuestas



**Ilustración 5:** Ejemplo de implementación en un código QR.

Un usuario realizó el proceso de lectura para visualizar la información guardada en el código QR mediante un lector instalado en su dispositivo móvil, escaneaba con su teléfono y este le devolvía una URL, que con conexión a internet mostraba una imagen con las respuestas.



**Ilustración 6:** El código QR insertado en la parte inferior derecha de la imagen anterior, lleva a la visualización de las respuestas del ejercicio presentado.

Es bien sabido que el uso de tecnología móvil es cada vez más común entre las diferentes generaciones, ya que las TIC son utilizadas como recursos de apoyo en el aprendizaje académico y para el desarrollo de competencias en los estudiantes. Lo anterior ha permitido impulsar las capacidades de los alumnos, dinamizando los trabajos de investigación, fomentando la realización de proyectos innovadores y facilitándoles los trabajos en equipo, lo que les permite desarrollar exponencialmente sus habilidades y destrezas.



**Ilustración 7:** Proceso de lectura de códigos QR.

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

El interés de los estudiantes y las tendencias educativas digitales está innovando en las actividades de aprendizaje lúdicas, lo que favorece aplicar diversos medios tecnológicos y continuar utilizando a los libros como un medio de aprendizaje generando grandes beneficios como:

1. Mejoras y aportaciones en la lectura.
2. Aprendizaje interactivo en tiempo real.
3. Despertar la capacidad neurotecnológica a través de la curiosidad.
4. Mejorar en la aplicación de herramientas de TI por medio de Códigos QR.
5. Ampliar la comunicación vía móvil a través de los códigos QR.
6. Ventajas competitivas al elaborar entornos virtuales educativos.
7. Ampliar la interacción del proceso enseñanza – aprendizaje mediante el uso de nuevas herramientas tecnológicas.

De esta manera, esta propuesta innova e invita a la reflexión para la implementación de nuevas estrategias educativas a través de la creación de contenidos educativos en la red (sitios web, videos, imágenes, etc.), para ser visualizados con técnicas QR, lo cual permita al estudiante interactuar con recursos electrónicos para su aprendizaje, además de generar una actitud positiva para el uso de medios digitales entre los usuarios.

El uso de códigos QR en la enseñanza-aprendizaje, crea una estrategia innovadora que representa un avance en las tecnologías educativas. Esta propuesta, como toda innovación tiene sus limitaciones, una de ellas será la cobertura y disponibilidad de tecnología móvil con conexión a internet. Otra, deriva en la adecuada instalación del software con lector de escáner en el dispositivo móvil. Sin embargo, el beneficio de la propuesta será con fines educativos, poseerá un alcance de gran utilidad al implantar códigos QR, lo cual, será una estrategia de innovación para las editoriales, fortaleciendo la lectura interactiva para los usuarios.

## Referencias

1. Social y Digital.: Lo que deberías saber sobre los Baby Boomers y las generaciones X, Y, Z. <http://socialydigital.net/lo-que-deberias-saber-sobre-los-baby-boomers-y-las-generaciones-x-y-z/> (2012). Accedido el 7 de Julio de 2017.
2. Alonso, G.: Millennials y generación z: el gran reto de la educación. <http://gonzalo-alonso.com/millennials-y-generacion-z-el-gran-reto-de-la-educacion/> (2016). Accedido el 7 de Julio de 2017.
3. Abraham, R.; Vitarelli, M.: La enseñanza del ambiente y las TIC en proyectos educativos del nivel secundario en San Luis. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. (2014).
4. Meneses, G.: El proceso de enseñanza-aprendizaje: el acto didáctico. Universitat Rovira I Virgili, Vol. 1 (2007).
5. Andrés García, J. C.; Okazaki, S.: El uso de los códigos QR en España. *Distribución y consumo*, (2012).
6. Gravan, R.: Diseño, elaboración y puesta en práctica de un observatorio virtual de códigos QR. @tic. *revista d'innovació educativa*, No. 9, pp. 96-107 (2012).
7. Jara Arán, M. A.; Triviños Ortega, M. L.: Enfoques de aprendizaje y hábitos de estudio en estudiantes universitarios de primer año de tres carreras de la Universidad Mayor Temuco, Chile 2011. *Hekademos: revista educativa digital*, (11), 37-46.
8. Cantero Hernández, M. C.; Sánchez Maquilón, J. J.: Evaluación de las características del aprendizaje de los estudiantes de educación primaria. Propuesta de nuevas herramientas para la intervención.
9. Shuler, C.; Winters, N.; West, M.: El futuro del aprendizaje móvil: implicaciones para la planificación y la formulación de políticas. (2013).
10. Bravo Reyes, C.: Hacia una didáctica del aula digital. *Revista Iberoamericana de Educación*, Vol. 5, No. 51, p. 1-8 (2010).
11. Reyes Cruz, O. J. L.; Vega Contreras, G.; Rivera Ochoa, C. A.: Aplicaciones educativas en dispositivos móviles, un espacio para el aprendizaje autónomo. *Ciencia Administrativa*, No. 1, p. 46-49. (2015).
12. Ambríz Sánchez, M. L.: Los códigos QR invaden los foros de discusión. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (25), 1-13 (2013).
13. Casanova Pastor, G.; Molina Jordá, J.M.: Implementación de códigos QR en materiales docentes. (2013).
14. INEGI. Módulo sobre lectura. No. 156/16. (2016).
15. Organista Sandoval, J.; Serrano Santoyo, A.; McAnally Salas, L.; Lavigne, G.: Apropiación y usos educativos del celular por estudiantes y docentes universitarios. *Revista electrónica de investigación educativa*, Vol. 15, No. 3, p. 139-156 (2013).
16. Brown, T. H.: Beyond constructivism: Exploring future learning paradigms. *Education Today*, Vol. 2, No. 2, p. 1-11 (2005).
17. Luque, J.: Códigos QR. *Acta (Autores Científico-Técnicos y Académicos)*, vol. 63, p. 9-28 (2012).
18. Baz, A.; Ferreira, I.; Álvarez, M.; García, R.: Dispositivos móviles. Memoria de Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones, Universidad de Oviedo (2009).
19. Salinas, M. I.: Entornos virtuales de aprendizaje en la escuela: tipos, modelo didáctico y rol del docente. Pontificia Universidad Católica Argentina (2011).
20. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): Aumentan uso de internet, teléfonos inteligentes y tv digital: encuesta nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares, 2016.

## Selección de factores para una webapp de co-evaluación Selection of factors for a co-assessment webapp

Erika A. Martínez-Mirón, Oscar E. González-Ramos,  
Adriana Hernández-Beristain, Mariano Gómez-Larios  
Guillermina Sánchez-Román  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.  
Facultad de Ciencias de la Computación.  
14 Sur esquina Av. San Claudio s/n, Col.  
Jardines de San Manuel, Puebla, Pue., 72570. México.  
erika.a.mtzm@gmail.com, adriana\_beristain@hotmail.com,  
mlarios777@gmail.com, javiercmiguel@hotmail.com

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** En este trabajo se presenta, desde una perspectiva centrada en el usuario, la selección de los factores para una herramienta web que busca agilizar la valoración del proceso colaborativo. En una primera etapa, se revisaron doce instrumentos de evaluación para el trabajo en equipo, que en conjunto integraron 27 factores, mismos que se filtraron para determinar qué factores tenían una frecuencia de aparición de al menos el 50% o más en dichos instrumentos. El resultado de esta etapa redujo a 12 los factores de valoración y éstos fueron sometidos a consideración de 186 estudiantes, que estuvieron trabajando colaborativamente durante un período de cuatro meses, de forma intermitente. Los resultados de esta segunda etapa revelan que de los 12 factores, cinco de ellos fueron valorados como esenciales y seis como muy importantes. Sólo el factor “Comunicación externa” fue considerado como de regular importancia.

**Palabras Clave:** Evaluación, trabajo colaborativo, diseño centrado en el usuario.

**Abstract.** This paper presents, from a user-centered perspective, the selection of factors for a web tool that seeks to speed up the assessment of the collaborative process. In a first stage, twelve evaluation instruments for teamwork were reviewed, all together gathered 27 factors, which were filtered to determine which of them had the highest frequency in at least 50% or more of such instruments. The result of this stage reduced the assessment factors to 12 and these were submitted to the consideration of 186 students, who worked collaboratively, over a period of four months, intermittently. The results of this second stage reveal that of the 12 factors, five of them were rated as essential and six as very important. Only the factor “External communication” was considered as of regular importance.

**Keywords:** Assessment, collaborative work, user-centered design.

## 1 Introducción

El término Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) se aplica para los ambientes de aprendizaje asistidos por computadora, donde pequeños grupos de estudiantes trabajan de forma conjunta para alcanzar una meta común [1]. El objetivo principal de estas herramientas tecnológicas es buscar apoyar la resolución de problemas de forma grupal [2, 3, 4, 5].

No obstante, el hecho de que varias personas se encuentren reunidas para completar una actividad no es garantía de que el objetivo se alcanzará con la participación de todos [6]. No son desconocidos, por ejemplo, el efecto del aprovechado, donde los estudiantes permiten que otros miembros del equipo hagan el trabajo por ellos; y el del social-loafing, donde los miembros del grupo invierten el menor esfuerzo en un grupo, comparado a trabajar individualmente [7].

Así, en muchas ocasiones los grupos de trabajo no se detienen a valorar cómo están funcionando como equipo y se enfocan más en alcanzar el objetivo de la actividad, muy a pesar de que no todos estén colaborando para lograrlo.

Por lo anterior y con el afán de incentivar la participación, se recomienda evaluar el trabajo colaborativo no solamente considerando los resultados obtenidos al final (varios ejemplos son presentados en [8]), sino valorar el desempeño de cada integrante del equipo.

Desde una perspectiva objetiva, los métodos utilizados para evaluar el trabajo colaborativo con apoyo de tecnología colaborativa han sido diversos: ya sea que se enfoquen en distinguir los factores de análisis, o bien en las fuentes de información, o en el enfoque del análisis del discurso (para mayor detalle ver [9]).

Sin embargo, en este trabajo se propone contribuir a los esfuerzos para considerar la perspectiva subjetiva, esto es, poder ofrecer a los integrantes del equipo de trabajo la posibilidad de que sean ellos quienes analicen y valoren por sí mismos cómo es su desempeño grupal para alcanzar el objetivo de la actividad.

## 2 Estado del arte

Las herramientas disponibles para auto-valorar el trabajo colaborativo, mayormente se encuentran en formato de rúbricas o cuestionarios a llenar de forma manual. No obstante, el instrumento Team Collaboration Assessment (C10 en la Tabla 1), se encuentra disponible como aplicación web [10], mismo que sirve para valorar doce criterios clave de éxito que se argumenta son cruciales para los equipos que tienen un alto desempeño. Así, el instrumento de auto-evaluación denominado Partnerships and Collaboratives: Diagnostic Tool for Evaluating Group Functioning (etiquetado como C1 en la Tabla 1), guía a cada miembro del grupo a valorar cómo siente que está funcionando el trabajo colaborativo en ciertos aspectos clave, que pueden ser usados para planificar mejoras [11]. Por su parte, la herramienta Local Collaborative Assessment Of Capacity (con etiqueta C2 en la Tabla 1) tiene la intención de servir como una guía, que mediante preguntas acerca de diez elementos de capacidad colaborativa los miembros determinen cuánto han progresado [12]. Otro instrumento corresponde a Keeping Fit in Collaborative Work: A Survey to Self-Assess Collaborative Functioning (C3 en la Tabla 1), que está diseñado para valorar el funcionamiento organizacional colaborativo así como el progreso en estrategias, proyectos o actividades [13]. Collaborative Self-Assessment How Are We Doing? (C4 en la Tabla 1) es un cuestionario que ayuda a valorar la experiencia colaborativa escolar y encontrar cuán útil es la colaboración para el trabajo [14]. Otra herramienta es la Self-assessment/Self-identification tool (C5 en la Tabla 1), diseñada para la evaluación de una continua colaboración y la identificación de mejoras [15]. Por su parte, el Departamento de Servicios de Salud de California propuso la Survey for Collaborative Members, que se aplica a los miembros individuales de un colectivo para valorar sus experiencias con respecto a aspectos clave del funcionamiento de la colaboración (ver C6 en la Tabla 1). Asimismo, Kaye [16] propone la herramienta Coalition Assessment Instrument (C7 en la Tabla 1), que valora el funcionamiento colectivo en diez áreas diferentes del trabajo, siendo cada sección valorada de forma separada, permitiendo que el grupo enfoque sus esfuerzos para mejorar en áreas específicas. La herramienta Climate Diagnostic Tool: The Six R's Of Participation (C8 en la Tabla 1) está enfocada en la participación como un elemento clave para el funcionamiento correcto de la colaboración. Este instrumento pregunta a los integrantes valorar la colaboración usando seis factores de participación: reconocimiento, respeto, rol, relación, recompensa y resultados [17]. Otro instrumento enfocado en la valoración del trabajo en equipo es CFSA Collaboration Planning and Assessment Tool (C9 en la Tabla 1), mismo que involucra a los participantes en valorar la colaboración mediante cinco principios. De la misma manera, este instrumento facilita que los participantes logren un acuerdo sobre las fallas que se han presentado y puedan enfocar su atención en estas áreas [18].

Como ya se mencionó, las herramientas arriba descritas son en su mayoría, a excepción de la primera, instrumentos de lápiz y papel. Además, los factores considerados en los instrumentos mencionados son diversos y no se encontró información sobre la razón para elegir dichos factores.

## 3 Metodología usada

El programa académico de informática (PAI) cuenta con una duración de nueve semestres, dividido en siete líneas de formación, conformando un total de 57 unidades de aprendizaje que suman un total de 397 créditos incluyendo créditos optativos que permiten fortalecer el desarrollo integral y profesional del individuo así como créditos por servicio social y prácticas profesionales.

### 3.1. Primera etapa: Selección de factores con mayor índice de frecuencia

En esta primera fase, se realizó un análisis comparativo de los diez instrumentos asociados a los trabajos revisados en la sección previa, para determinar qué factores eran considerados por la mayoría de ellos. Por tanto, se aglomeraron todos los factores (ver columna uno de la Tabla 1), dando un total de 272. Se señaló con una cruz debajo de cada columna (instrumentos C1, C2,..., C10), si el factor era considerado en el respective instrument (ver Fig. 1).

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9	C 10
Visión compartida	X		X				X		X	X
Responsabilidades y roles	X		X		X	X	X	X	X	X
Procedimientos de toma de decisiones	X		X		X	X			X	X
Manejo de conflictos	X					X	X	X	X	X
Liderazgo	X	X	X	X			X	X	X	X
Plan de acción	X	X			X	X			X	X
Relaciones / Confianza	X			X	X	X		X	X	X
Comunicación interna	X	X	X		X	X	X	x	X	X
Comunicación externa	X		X		X	X	X	x	X	X
Evaluación	X			X		X	X	x	X	
Resultados		X				X	X	X	X	
Inclusión y participación			X	X		X	X	x	X	X

**Figura 1.** Muestra de factores señalando si fueron incluidos en los instrumentos de auto-evaluación.

² No se muestran todos los factores por cuestiones de espacio.

### 3.2. Segunda etapa: Selección de factores con mayor índice de importancia

En este segundo paso, los factores con mayor índice de frecuencia, derivados del análisis comparativo de la primera fase, fueron puestos a consideración de 186 alumnos, que estuvieron trabajando de manera intermitente en actividades colaborativas, para que mediante un cuestionario (ver Fig. 2). señalasen usando una escala Likert de 5, qué factores eran más importantes (1 – No importa; 2; Es poco importante; 3 – Tiene regular importancia; 4 – Es muy importante; 5 – Es esencial).

**Introducción**

Con base en las actividades colaborativas realizadas durante el curso, por favor responde con la mayor honestidad posible el nivel de importancia que darías a estos factores para evaluar el desempeño de cada uno de los integrantes. Es importante mencionar que no hay respuestas correctas o incorrectas.

Te recordamos que tu participación es voluntaria y si lo deseas en cualquier momento puedes cancelarla.

**Para cada factor selecciona una opción**

1 – No importa; 2 – Es poco importante; 3 – Tiene regular importancia; 4 – Es muy importante; 5 – Es esencial

Factor	1	2	3	4	5
Lograr una visión compartida del problema y la solución.	<input type="radio"/>				
Tener claro el rol a desempeñar, así como cumplir las responsabilidades asociadas.	<input type="radio"/>				
Establecer un proceso de toma de decisiones.	<input type="radio"/>				
Establecer una serie de medidas para la solución a problemas internos o externos.	<input type="radio"/>				
Existe liderazgo apropiado, gestión y apoyo por parte líder.	<input type="radio"/>				
Establecer un plan de trabajo estructurado y organizado.	<input type="radio"/>				
Establecer vínculos de relación y confianza dentro del equipo de trabajo.	<input type="radio"/>				
Establecer comunicación constante entre los integrantes del equipo.	<input type="radio"/>				
Establecer comunicación con personas ajenas al proyecto, para propósitos en particular.	<input type="radio"/>				
Establecer una evaluación dado el trabajo de los integrantes.	<input type="radio"/>				
Establecer un método de retorno de resultados, analizar los resultados obtenidos dada una tarea realizada.	<input type="radio"/>				
Establecer entre los participantes iniciativa para generar ideas o motivarlos a participar dentro de la toma de decisiones o alguna situación.	<input type="radio"/>				

¿Consideras algún otro aspecto para evaluar que haya faltado de mencionar en la tabla? Escribe:

---

**Figura 2.** Cuestionario para valorar la importancia de los factores.

## 4 Resultados Experimentales

Como se mencionó anteriormente, se utilizó la plataforma Moodle® para su creación, el módulo de cuestionario sirvió para dicho propósito, el cual permite incluir en cada pregunta texto, imágenes, archivos de sonido, archivos de video y cualquier otra cosa que pueda ser incluida en una página web mediante código HTML [7], cada pregunta pertenece a una categoría y subcategoría, siendo estas el área de formación a la que pertenece la unidad de aprendizaje y la propia unidad de aprendizaje, la academia es identificada a través de la inserción de información adicional en la categoría (ver figura 2).

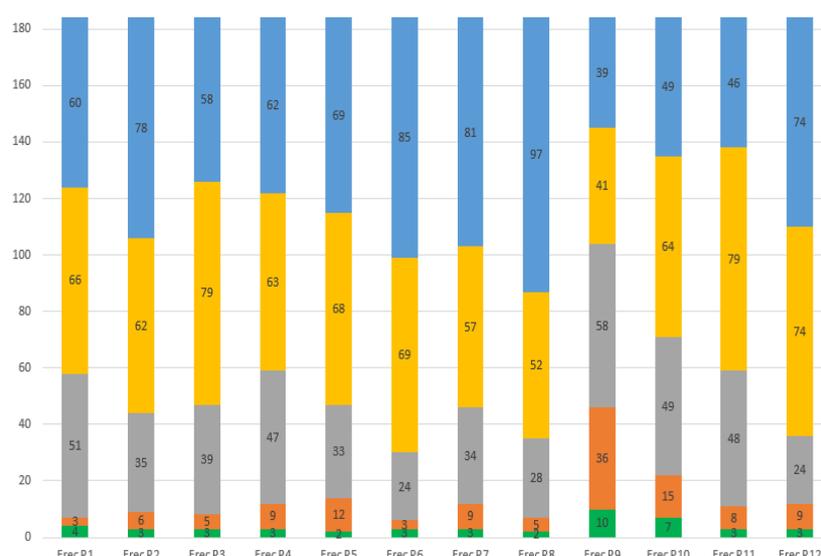
### 4.1. Primera etapa: Selección de factores con mayor índice de frecuencia

La Fig. 1 ofrece una muestra de los factores que aparecieron en la mayoría de instrumentos, esto es, cinco o más instrumentos los incluyeron. Mientras que los 14 factores restantes fueron considerados como poco relevantes para valorar el trabajo colaborativo en menos de la mitad de los instrumentos, a saber, “Gestión de miembros”, “Metas y objetivos”, “Gobierno y responsabilidad”, “Finanzas”, “Movilización de recursos compartidos”, “Desarrollo de la agenda política: cambiar las reglas”, “Coherencia interorganizacional: vínculos entre reformas paralelas”, “Abordar las cuestiones de equidad: focalización y resultados desproporcionados”, “Sustentabilidad”, “Habilidades”, “Relaciones con la comunidad”, “Cultura general”, “Desventajas de la colaboración”, “Uso de recursos externos” y “Beneficios”.

### 4.2. Segunda etapa: Selección de factores con mayor índice de importancia

De los 12 factores puestos a consideración, cinco de ellos fueron más valorados como esenciales y seis como muy importantes (Fig. 3). Sólo el factor “Comunicación externa” fue considerado como de regular importancia. Por ejemplo, para el factor uno (Frec P1), se tiene una columna con valores 4, 3, 51, 66 y 60. Estos valores corresponden al número de alumnos que consideraron como “No importa”; “Es poco importante”; “Tiene regular importancia”; “Es muy importante” y “Es esencial”, respectivamente. Esto es, el número de votos mayor fue para la categoría de “Muy importante”. Si se suman los valores de esta columna, nos da el total de 186, que corresponde a los 186 alumnos que respondieron el cuestionario.

Así, como puede verse, los cinco factores que predominaron como esenciales son: Frec P8, Frec P6, Frec P7, Frec P2 y Frec P5, que corresponden a Comunicación interna, Plan de acción, Relaciones/Confianza, Responsabilidad y roles y Liderazgo, respectivamente.



**Figura 3.** Frecuencia de valores de importancia para cada factor.

Los factores que obtuvieron una categoría predominante de “Muy importante” fueron Visión compartida, Procedimientos de toma de decisiones, Manejo de conflictos, Evaluación, Resultados e Inclusión y participación (Frec P1, Frec P3, Frec P4, Frec P10, Frec P11 y Frec P12, respectivamente).

Para finalizar, el único factor cuya votación predominó como “Tiene regular importancia” fue el de Comunicación externa y que indica que el hecho de mantener comunicación con personas ajenas al proyecto no fue considerado como muy importante. Esto puede explicarse si se considera que las actividades que realizaron los estudiantes colaborativamente, no requirieron de la intervención de alguien ajeno al equipo.

## 5 Conclusiones y Trabajo Futuro

La importancia de este trabajo radica en que se ha descrito en detalle el proceso de selección de los factores a mostrar en una aplicación web, cuyo objetivo es apoyar la valoración del trabajo en equipo mediante una estrategia de co-evaluación entre pares. Considerando que varios son los posibles factores que pueden ser tomados en cuenta para valorar cómo se ha colaborado para realizar una actividad en grupo, se filtraron los factores más importantes de un total de 27, mediante inicialmente un análisis comparativo de una selección de diez instrumentos orientados a evaluar el trabajo grupal y, posteriormente, se involucraron a 186 integrantes de equipos de trabajo para refinar los resultados del análisis. Los resultados de este estudio, cinco factores elegidos, serán utilizados para implementar la aplicación web CoAsT, misma que desplegará automáticamente estos factores y que podrán ser complementados con algunos otros que los integrantes elijan y configuren en la herramienta. En otro trabajo se reportarán los resultados de implementar y usar CoAsT.

## Referencias

1. Underwood, J., & Underwood, G. (1999). Task effects on co-operative and collaborative learning with computers. En K. y. Littleton, *Learning with computers* (págs. 10-23).
2. Jeong Kim, M., & Lou Maher, M. (2008). The impact of tangible user interfaces on spatial cognition during collaborative design. *Design Studies*, 29, (págs. 222-253).
3. Cappelletti, A., Gelmini, G., Pianesi, F., Rossi, F., & Zancanaro, M. (2004). Enforcing Cooperative Storytelling: First Studies. *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT2004*. Joensuu Finland.
4. Africano, D., Lundholm, P., Berg, S., Nilbrink, F., Lindbergh, K., & Persson, A. (2004). Designing Tangible Interfaces for Children’s Collaboration. *CHI 2004 ACM*, 853-868.
5. Montané Jiménez, L.G. (2016) *Presencia social en sistemas groupware*. Tesis doctoral. <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/42494/1/MontaneJimenezLuisGerardo.pdf>
6. Fischer, F. B. (2002). Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. *Learning and Instruction*, Vol. 2, 213-232.
7. O’Donnell, A. M. (1994). Learning from peers: Beyond the rhetoric of positive results. *Educational Psychology Review*, Vol. 6, 321–349.
8. Lai, E. i. (2011). *Collaboration: A literature review*. Pearson.

# Interfaz computacional móvil con realidad aumentada como asistente para personas con discapacidad visual

## Mobile computing interface with augmented reality as an assistant for blind people

Sánchez Orea Alfonso,<sup>1</sup> Navarro Guerrero María de los Ángeles,<sup>2</sup>  
Lagunes Barradas Virginia,<sup>3</sup> Sánchez Orea Jesús,<sup>4</sup> Ochoa Rivera Carlos Alberto<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup> Facultad de Estadística e Informática

<sup>1,4</sup> Facultad de Instrumentación Electrónica

Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México

<sup>1</sup>alsanchez@uv.mx, <sup>2</sup>mangieng@hotmail.com, <sup>3</sup>vlagunes@uv.mx, <sup>4</sup>jesanchez@uv.mx, <sup>5</sup>cochoa@uv.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** Conseguir la incorporación de las personas con discapacidad visual a cualquier ámbito laboral, cultural o meramente social, específicamente a través del uso de las tecnologías de la información (TIC), es una obligación colectiva, por tal motivo, desde el área de las TIC, se empiezan a desarrollar interfaces específicamente diseñadas para este tipo de usuarios, permitiendo así, conseguir la independencia de los mismos en cuanto a su ubicación y orientación en el espacio, partiendo del conocimiento de sus limitaciones y habilidades y de la idea de desarrollar nuevas aplicaciones con alto grado de usabilidad. La utilización de tecnología móvil como medio para proporcionar información del entorno, así como las instrucciones vía audio, generará una mayor independencia a las personas con alguna discapacidad visual en cuanto a su movilidad.

**Palabras clave:** Aplicaciones, Discapacidad Visual, Información, Interfaces, Independencia, Realidad Aumentada.

**Summary.** Achieving the incorporation of people with visual disabilities into any work, cultural or purely social sphere, specifically through the use of information technologies (ICT), is a collective obligation, for this reason, from the area of ICT, begin to develop interfaces specifically designed for this type of users, thus allowing them to achieve their independence in terms of location and orientation in space, based on knowledge of their limitations and abilities and the idea of developing new applications with high degree of usability. The use of mobile technology as a means to provide information on the environment, as well as instructions via audio, will generate greater independence for people with a visual disability in terms of mobility.

**Keywords:** Applications, Visual Disability, Information, Interfaces, Independence, Augmented Reality.

## 1 Introducción

La habilidad para utilizar TIC se caracteriza por la capacidad de recibir, manipular y procesar información de manera inmediata, en formatos diferentes y en una diversidad de dispositivos móviles o fijos. La sociedad moderna es cada día más experta en el uso de las TIC incrementando el grado de la polarización de éstas; en un extremo se encuentran las personas que manejan las TIC en su vida personal y laboral, enfocadas en ampliar su desarrollo profesional a través de la oportunidad de acceso a fuentes de información con el fin de eficientar su desarrollo académico, comunicarse mediante redes de conocimiento y solucionar problemas de su entorno, en el otro punto están aquellos que no tienen acceso a dichos recursos, derivando en desigualdades, exclusiones y luchas sociales. [1].

La “brecha digital” es la distancia que existe en las distintas actividades de los individuos y su entornos tanto geográficos, sociales o laborales en los diferentes estratos socioeconómicos con relación a sus oportunidades de acceso a las TIC y el uso de Internet [2]. Una de las poblaciones más vulnerables en este contexto, son las personas con alguna discapacidad, debido a que no cuentan con la disponibilidad de información, acceso a la educación o a espacios públicos. Las instituciones educativas, gubernamentales y privadas, funcionan sin pensar en todas las capacidades de la población que las habita. Conseguir el desplazamiento de un lugar a otro para una persona con discapacidad visual (DV) en la ciudad o población donde habitan para que puedan realizar sus actividades cotidianas como ir a su trabajo, a la escuela, al supermercado o realizar un trámite de cualquier tipo, puede ser una actividad compleja. La mayoría de personas con DV realizan estas diligencias en compañía de un familiar y en muy pocas ocasiones lo hacen de manera independiente. [3]

La movilidad en las personas permite interactuar con el entorno, conseguir relaciones interpersonales y sociales y mejorar su propio desarrollo personal. Existe un componente esencial de la dignidad y libertad del ser humano que consiste en conseguir con éstas la independencia necesaria para cada individuo [4]. Al igual que cualquier individuo, una persona con DV, debe tener movilidad y orientación. Estar “orientado” es tener el conocimiento de la posición física en relación a los objetos y lugares que se encuentren en el medio, usando puntos fijos que dan el conocimiento de “dónde estoy”. [5]

Para que una persona con DV pueda realizar actividades que requieran un desplazamiento independiente y voluntario se deben considerar los riesgos físicos existentes (caídas, choques, etc.) y psicológicos (stress, miedo, sentimiento de impotencia, entre otros), los cuales dificultan la movilidad independiente de estas personas. [6]

Para que las personas con DV puedan alcanzar un alto grado de independencia en cuanto a movilidad y orientación, éstas se han apoyado de recursos externos que van desde perros guías (“lazarillos”), uso generalizado de un bastón o “bastón blanco para ciegos”, hasta de soluciones tecnológicas cada vez más adaptables. [6]

Se han desarrollado en diversas partes del mundo aplicaciones que ayudan en la movilidad de las personas con DV en espacios abiertos o cerrados, últimamente apoyados en dispositivos móviles de Geolocalización (GPS) con información para trasladarse en autobús, metro, en un parque turístico, etc., sin embargo, es imperativo desarrollar una herramienta tecnológica que logre el desplazamiento “autónomo” con información “in situ” que proporcione información adicional del contexto, adaptando el proceso de desarrollo a los principios del Diseño Centrado en el Usuario como línea principal de éste.[5] En este artículo, se presentan los primeros resultados de un proyecto de investigación que pretende aportar parte de la solución a la llamada brecha digital, al atender, en este caso a personas con DV.

## 2 Estado del arte

Cuando se pretenden diseñar herramientas tecnológicas para personas con DV, un reto difícil de superar consiste en que éstas sean aceptadas y utilizadas por los usuarios en cuestión; para conseguirlo, se deben desarrollar bajo los principios de la Ingeniería de Usabilidad, lo que precisa, aparte del uso de una metodología que involucre al usuario con discapacidad visual como actor principal, una metodología multimedia que permita recrear entornos adecuados y comunes a las personas con DV en donde puedan reconocer y realizar sus funciones diarias.[5] [7]

Se puede hacer uso de nuevas herramientas, tales como la realidad aumentada (RA), para intentar recrear un entorno adecuado para personas con DV. La realidad aumentada (RA) es un sistema que combina información virtual sincronizada y en vivo sobre nuestro mundo real, a través de la superposición de una pantalla donde se mezcla la información en video que capta una cámara con la información virtual creada previamente. [8].

Implementar una interfaz con RA adaptada para personas con DV, obliga a proponer un método de desarrollo eficiente que permita su implementación, considerando los pasos que este nuevo método sugiera y donde se puedan generar escenarios basados en audio que ayuden a los usuarios a desarrollar habilidades de tiempo-espacio, orientación, memoria abstracta y de corto plazo, y percepción háptica aumentando la usabilidad de estas aplicaciones en cuanto a su comprensión y experimentación. [8][9]



Un “Bastón Blanco” plegable que sirve como un instrumento de exploración permite a las personas con DV desplazarse en forma autónoma. Sus peculiares características de diseño y técnica de manejo, facilitan el rastreo y detección oportuna de obstáculos que se encuentran a ras del suelo. Se elabora con tubos de aluminio plegables entre sí mediante un resorte elástico. En el extremo inferior tiene una puntilla con un deslizador metálico rodante. El bastón debe ser de entre 1.05 a 1.50 metros con peso aproximado de 280gr [10]



Cámara WIFI. Transmite video con audio en tiempo real a dispositivos móviles con SO Android. Tamaño 30mm de diámetro y 35mm de largo. Peso 100 gramos.



Smartphone con un Sistema Operativo Android 3.0 o superior. 512 de RAM. Con WIFI con audífonos.



Marcadores para reconocimiento de Realidad Aumentada



Sistema Operativo Android 4.0 o superior con programación para dispositivos móviles.



Audio calidad en formato Mp3 para reproducirse en un Smartphone

La movilidad por la geografía y arquitectura de los espacios públicos para una persona con DV es solo una parte del problema, la disponibilidad de la información del lugar en donde se encuentra o a donde se quiere

dirigir puede ser un problema mayor. Preguntar cuestiones tales como dónde se encuentra una oficina, dónde encontrar una persona o el costo de un trámite o inscripción, entre otras, por lo general es solucionado por la persona que lo acompaña o por la “buena voluntad” de las personas que escuchan su solicitud y le dan respuesta. En su mayoría quienes rodean a una persona con DV en un lugar público no están capacitadas para responder a dicha situación. [4] Las personas con DV necesitan interfaces basadas en audio debido a que utilizan este sentido como fuente principal de *awareness* y de conocimiento para mejorar el aprendizaje, diseñadas con la funcionalidad e interoperabilidad de diferentes tecnologías integradas para este fin. [9]

### 3 Metodología

A continuación, se muestran de manera gráfica la interfaz que se implementó.



La cámara colocada en el bastón blanco identificará marcadores tanto lineales como de contenido que estarán pintados en la superficie del espacio que se quiera recorrer. Los lineales servirán para avanzar sobre un circuito y los de contenido, para proporcionar información del lugar en donde se encuentra.



El *Smartphone* estará guardado en el bolsillo de la persona con DV y tendrá el audífono conectado desde el teléfono al oído. Para que pueda escuchar la información que se le proporciona.



Una vez identificado el marcador, la cámara envía vía WIFI esta información al *Smartphone* para que por medio de audio se le proporcione la información a la persona con DV.

Esta propuesta se compone de 4 etapas de implementación de la Metodología de Briam Blum y una etapa adicional de pruebas de usabilidad, las cuales se describirán a continuación:

**1. Análisis:** En esta etapa se encuentran integradas las siguientes actividades:

- Análisis de necesidades, Análisis del público, Análisis del ambiente, Análisis del contenido, Análisis del sistema. Después de realizar todos estos análisis se determina el espacio público donde se realizará, como marcar el recorrido y los espacios adecuados para ser descritos por medio del audio.

**2. Diseño Educativo:** En esta etapa se deben delinear las siguientes actividades:

- Metas Educativas, Objetivos de aprendizaje, Modelo cognitivo, Prototipo en papel. A pesar de no ser propiamente una aplicación educativa, en esta etapa se determinan los objetivos de aprendizaje de la interfaz, esto es, como se desarrollará la capacitación de los usuarios en el manejo de ésta, además de los temas de sensibilización que deben realizarse ante otras personas que participan en ese espacio público y que no tienen ninguna discapacidad.

**3. Diseño interactivo:** En esta etapa, se deben desarrollar los siguientes puntos:

- Requerimientos funcionales, Metáforas y paradigmas, Diseño de interfaces, Mapa de Navegación, Pantallas de esquemas, Prototipo de Trabajo. En esta etapa se diseñan los marcadores, las rutas más apropiadas, se definen los guiones de los audios y la interfaz de software de la aplicación.

**4. Desarrollo:** En esta fase, se debe implementar lo siguiente:

- Guiones Multimedia y Producción. Aquí se desarrolla la aplicación para el reconocimiento de patrones, se editan los audios, se configuran la cámara y el Smartphone para que puedan comunicarse entre sí, se desarrolló la interfaz donde se utilizan las librerías de Android vuforia qualcomm para el reconocimiento de marcadores y la Realidad Aumentada para que por medio de un Smartphone con WIFI y una cámara inalámbrica con WIFI se reproduzcan audios en mp3 donde se den indicaciones a las personas con DV.

**5. Pruebas de Usabilidad.** Al ser una de las primeras aplicaciones que utiliza una herramienta completa y que emplea diferentes tecnologías como interfaz para apoyar a la movilidad de las personas con DV, se han finalizado las pruebas de usabilidad de la etapa de desarrollo. Para poder cumplir con los principios de Diseño Centrado en el Usuario que son muy importantes para la usabilidad de esta aplicación, se definieron tres diferentes momentos de prueba:

1. Inicial. Reconocimiento de escenarios, rutas, marcadores y audio.
2. Medio. Utilización de la interfaz con la cámara y el Smartphone en rutas cortas y reconociendo marcadores a baja velocidad
3. Final. Utilización de la interfaz con la cámara y el Smartphone en escenarios reales, reconociendo marcadores y escuchando indicaciones de audio.

## 4 Resultados

Se llevaron a cabo las pruebas de usabilidad en 12 usuarios ciegos que tuvieran experiencia en el uso del bastón blanco. Ver Figura 1. Cada sesión de pruebas tuvo una duración aproximada de media hora, en un recorrido dentro de las instalaciones de la Facultad de Instrumentación Electrónica de la Universidad Veracruzana.



**Figura 1.** Usuario identificando marcador

La prueba, además de medir la localización de los marcadores, estuvo enfocada a la comprensión de las indicaciones y la información que se les proporciona vía audio. Es importante destacar que si el participante en el procedimiento de la prueba tiene problemas para localizar el marcador, se especifica una actividad de intervención. Para evaluar los mensajes de audio, se tomaron 5 aspectos considerados en Rojas (1990), en donde se evalúan la claridad del mensaje, la facilidad de seguir y de recordar las indicaciones, el apoyo que brindan y la facilidad de reconocimiento del mensaje.[13] Con base en los puntos que se evaluaron para asegurar que la interfaz es aprendible y permite la comprensión del mensaje, se evalúa con un gama que va desde, “se contempla en todos los casos hasta no se contempla en ningún caso, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Heurísticas de evaluación del mensaje	Rangos
¿Son claras las palabras usadas en las indicaciones	En todos los casos
¿Fue fácil seguir las indicaciones?	En la mayoría de los casos En algunos casos
¿Las indicaciones se centraron en apoyarte para lograr llegar a tu destino?	En pocos casos
¿Fue fácil reconocer el inicio y el final de la indicación?	En ningún caso

**Tabla 1.** Heurísticas de evaluación del mensaje

En las siguientes gráficas se muestran los resultados:

### ¿Son claras las palabras usadas en las indicaciones?



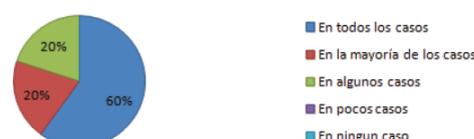
### ¿Fue fácil seguir las indicaciones?



### ¿Las indicaciones fueron fáciles de recordar?



### ¿Las indicaciones se centraron en apoyarte para lograr llegar a tu destino?



### ¿Fue fácil reconocer el inicio y el final de la indicación?



### HEURISTICAS DE EVALUACIÓN DEL MENSAJE



El 60% de los usuarios considera que las indicaciones son fáciles de seguir y fáciles de recordar, ese mismo porcentaje de usuarios considera que las indicaciones se centran en apoyarlos para llegar a su destino. En el caso de si fue fácil reconocer el inicio y final de una indicación el 80% opinaron que en todos los casos. Los audios presentados logran cumplir con cada uno de los puntos a evaluar.

También se logró observar que las personas que tuvieron algún problema para entender el mensaje son los que adquirieron la discapacidad por alguna enfermedad o por un accidente, esto debido a la comprensión que ya tenían respecto a la disminución visual.

## 5 Conclusiones

Al ser ésta una aplicación de nueva creación, uno de los primeros esfuerzos para apoyar a la independencia de la disponibilidad de información y movilidad para personas con DV en espacios públicos con información in situ, abre un nicho de oportunidad para el desarrollo de aplicaciones que incluyan más tipos de dispositivos móviles y más espacios públicos, cada vez más grandes y que puedan ser utilizados y manipulados por las personas con DV. A pesar de la posible obtención de todos los objetivos que se desean conseguir con esta interfaz, debemos tener en cuenta que una persona con DV aún no puede ser totalmente independiente a la hora de desplazarse en medios abiertos. Se considera que al utilizar un Smartphone con Android y con RA como interfaz de audio para la movilización de una persona con DV permitirá un mayor grado independencia, en cuanto a su integración a los espacios públicos y a la disponibilidad de la información que necesitan para realizar su vida cotidiana.

## Referencias

- [1] CEPAL (2012): "Estudios Económicos de América Latina y el Caribe". Consultado el 18 de Febrero de 2017, de: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/48062/EEECompleto.pdf>.
- [2] OECD (2001). Understanding the Digital Divide. Consultado el 10 de Marzo de 2017, de: <http://www.oecd.org/dataoecd/38/57/1888451.pdf>
- [3] Mon, Fabiana; Programa de Entrenamiento en Orientación y Movilidad, Centro de Habilitación y Capacitación Laboral para Adultos Ciegos y Disminuidos Visuales, San Fernando, 1989 [fabianamon@telpin.com.ar](mailto:fabianamon@telpin.com.ar) Periódico sobre discapacidad "El Cisne", edición de octubre de 1999

- [4] Martínez, C. Especialista O & M, TSBVI Con la cooperación de Kate Moss, Especialista en Apoyo a Familias, TSBVI Servicios Sordociegos Living Book Online - Libro en Orientación y Movilidad <http://isd.saginaw.k12.mi.us/~mobility/index.html>.
- [5] Hassan Montero, Yusef; Ortega Santamaría, Sergio. Informe APEI sobre usabilidad D. L.: AS-06633-2008 ISBN: 978-84-692-3782-3. Asociación Profesional de Especialistas en Información, 2009
- [6] Wainapel, S. E. (1990): Actitudes de las personas impedidas visuales hacia el uso del bastón. En "O&M para todos". ICEVH, N° 71. Córdoba (Argentina): ICEVH.
- [7] Jaekle, R. (1973): Veinte preguntas y respuestas sobre orientación y movilidad. En Orientación, Movilidad y Gimnasia para los Disminuidos Visuales. AFOB, Oficina Latinoamericana. Córdoba (Argentina): AFOB. Guzmán Valenzuela, C. (2000). Aplicación de la metodología de Brian Blum al desarrollo del proyecto de "David y Goliath" (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
- [8] Michael Haller, Mark Billingham y Bruce Thomas. (2006). Tecnologías Emergentes de la Realidad Aumentada: Interfaces y Diseño. Idea Group Publishing, 2006. ISBN 1-59904-066-2, editor de revistas.
- [9] Mereu, S., & Kazman, R. (1996). Audio enhanced interfaces for visually impaired users. Proceedings of the ACM CHI 96, (págs. 72-78). Chile
- [10] Contacto Braille A.C. Discapacidad Visual con Dignidad. El Bastón Blanco. Emblema de la independencia personal. Jorge Púlido. Licenciado en periodismo <http://www.contactobraille.com/baston.html> Consultado Agosto 2014
- [11] Landa Hernández Ramiro Omar. (2012). "Herramienta multimedia para apoyar la enseñanza experimental de las ciencias naturales en la educación básica". (Tesis para obtener grado de licenciatura) Universidad Veracruzana. Facultad de Estadística e Informática. Xalapa. Veracruz.
- [12] Metodología Brian Blum. Administración de Proyectos Multimedia. Extraído de: <http://fit.um.edu.mx/danielgc/admonmm/Material/Unidad%20II/Unidad2.pdf>. Consultado: Febrero 2017.
- [13] Rojas, D. (1990) Redacción comercial estructurada. McGraw-Hill. México, DF. MX.

# An approach of smart traffic lights system using computer vision algorithms at an isolated intersection to optimize traffic flow

## Un enfoque de semáforo inteligente utilizando algoritmos de visión computacional en una intersección aislada, para optimizar el flujo vehicular

Guillermo Francisco García Acosta<sup>1</sup> and Homero Vladimir Rios-Figueroa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Inteligencia Artificial Sebastián Camacho No. 5 Zona Centro, C.P. 91090 Xalapa, Veracruz, México gfgarciaa09@icloud.com

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Inteligencia Artificial Sebastián Camacho No. 5 Zona Centro, C.P. 91090 Xalapa, Veracruz, México hrios@uv.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Abstract.** Nowadays the mobility is a problem of the cities [1] that can be supported by new technologies such as computer vision and optimization algorithms to design control systems that can adapt to the phenomena of traffic flow that exists in cities, to avoid congestion and optimize the vehicular flow, reducing wait times and improving coordination to the time distributions of traffic lights at intersections, for these reasons we propose an approach of smart traffic lights system control based on priorities measuring the number of vehicles passing with a video cam and spreading the time depending on the flow capacity of the streets at an isolated intersection, in the results it can be observed that the size of the waiting queues is reduced.

**Keywords:** Traffic Flow, Smart Traffic Lights, Computer Vision, Isolated System, Intersection.

**Resumen.** Hoy en día la movilidad es un problema de las ciudades [1] que puede ser resuelto por nuevas tecnologías como la visión computacional y algoritmos de optimización para diseñar sistemas de control que puedan adaptarse a los fenómenos de flujo vehicular que existen en las ciudades, para evitar la congestión y optimizar el flujo vehicular, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la coordinación de distribución de los tiempos de espera de los semáforos en las intersecciones; por estas razones proponemos un enfoque de semáforo inteligente basado en prioridades que miden el número de vehículos que pasan en las calles con una cámara de video y distribuyen el tiempo dependiendo de la capacidad de flujo de las calles en una intersección aislada, en los resultados se puede observar que el tamaño de las colas de espera y los tiempos se reducen significativamente.

**Palabras clave:** Flujo Vehicular, Semáforo Inteligente, Visión Computacional, Sistema aislado, Intersección.

## 1 Introduction

Actually, the cities are growing fast, for that reason one of the biggest problems is the mobility, it affects a lot of citizens that move at the same time to the same place. As another cities, Xalapa, Veracruz, is being affected by this phenomenon, its roads are insufficient to serve many vehicles and traffic control systems (traffic lights) are becoming obsolete in this situation.

That is why it is proposed a smart control system to make a better distribution in waiting times and service, this will make an improvement of the variables of traffic flow and a system which can adapt to the situation in real-time. Through computer vision we can help us with this task, detecting objects of interest and moving objects in image sequences, for what we will use two video cameras to acquire images and for detecting vehicles in one intersection and develop databases one with the counts of vehicles and another if the vehicle is moving or not. This will allow us to perform a simulator to evaluate and compare the results between the fixed-time control system and the proposed smart system control in the flow variables, queue size, number of vehicles served and number of vehicles waiting.

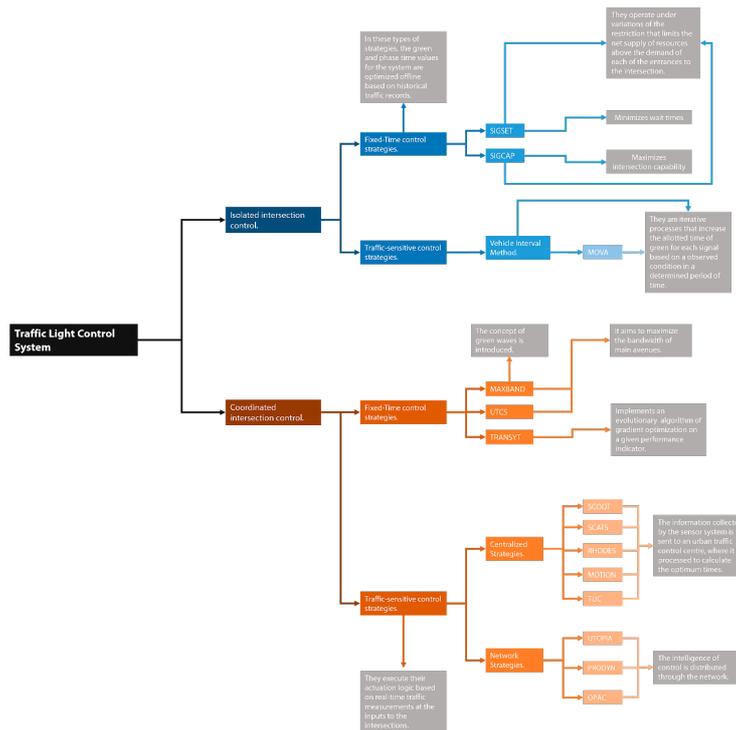


Figure 1. Control Systems diagram

## 2 State of Art

The following are terms and some research in the area of traffic control systems and vehicle detection.

### 2.1 Control system [2] [13]

As we can see in figure 1, the traffic control systems are divided into two parts: I) traffic control systems at isolated intersections and II) traffic control systems at coordinated intersections. I) It's a control strategy where the signals for an intersection work without considering any adjacent signals. In such case, each intersection will have signals times appropriated for that single intersection. II) It's a strategy in which the interaction between adjacent signals are considered. The objective of such strategies is often providing continuity across multiple intersections, allowing vehicles moving through successive signals without finding a red signal.

These strategies at time have two sub-parts which are the fixed-control systems and the dynamic controls systems. The first ones are characterized because their sequences of lights changes are programmed per the historical traffic flow measures of the intersections and they are no sensitive to demand, operate without considering fluctuations in traffic demand. The second ones are based on the measurement of traffic flow of the moment, which is monitored through sensors and adapt themselves to optimize the changes of the traffic light sequences and thus improve the vehicular flow and try to avoid congestion.

### A. Object detection

In the field of object detection, there are two main strategies, some are based on motion, while other strategies use machine learning. Three algorithms based on motion were analysed according to the research that was made by Kothiya and Mistree (2015) [3] and were ordered according to their complexity.

- I) Frame differencing [4] is a technique that detects difference between two consecutive frames, the aim of the approach is to detect moving objects from the differences of an existing frames and a reference frame.

- II) Background subtraction is a method that extracts moving objects or objects in the foreground. They make a comparison of the background image (that is a model with the principal components of the background) with the current image and find the differences in pixel values between consecutive frames. When it detects the differences, it classifies the objects as a moving object.
- III) Optical flow [5] as developed by Horn and Schunck [15] is a technique that presents an apparent change in the location of the object in motion between the frames of the video. It uses the field of motion that represents the directions and speed of each point in each frame.

As machine learning strategy, the Adaboost algorithm was introduced by Robert and Schapire (1996) [7] this algorithm is iterative and finds objects from a set of features with the use of weak classifiers that are trained with positive and negative features and then they combined to make a strong classifier. The features to train the algorithm can be obtained from the Haar-Like and HoG filters as we can see in [8], [9] and [10]. As part of the literature review, the Serrano's work [11] is about the phenomena of vehicle flow and pedestrians flow, that send signals to a traffic system control to determinate when to change the traffic lights. This work focuses on giving priority to pedestrians and was carried out in Madrid, Spain, this project is an example of a real-time traffic control system with techniques of computer vision. The work of Espinoza [12] makes detections of vehicles with the Adaboost algorithm and obtains results above 80% and 90% in the detection of vehicles. It seeks to optimize the vehicular flow by the development of a dynamic control system in the change of traffic lights with a fuzzy logic at the same time the traffic control system coordinate multiple intersections.

### 3 Methodology Dynamic system control proposed

In the intersection analysed, two cameras were placed in strategic zones, one focused on the main street (C1) with capacity of four lines but only three are useful because of the parked vehicles and the second one focused the secondary street (C2) with capacity of three lines but only one is useful because of the parked vehicles. With these sensors, we obtain videos which are sent to a computer for processing the information, execute the detection algorithm and the control system, to finally make the decision of when to change the traffic lights. To prove the methodology that we can see in the figure 2, a simulator was developed.

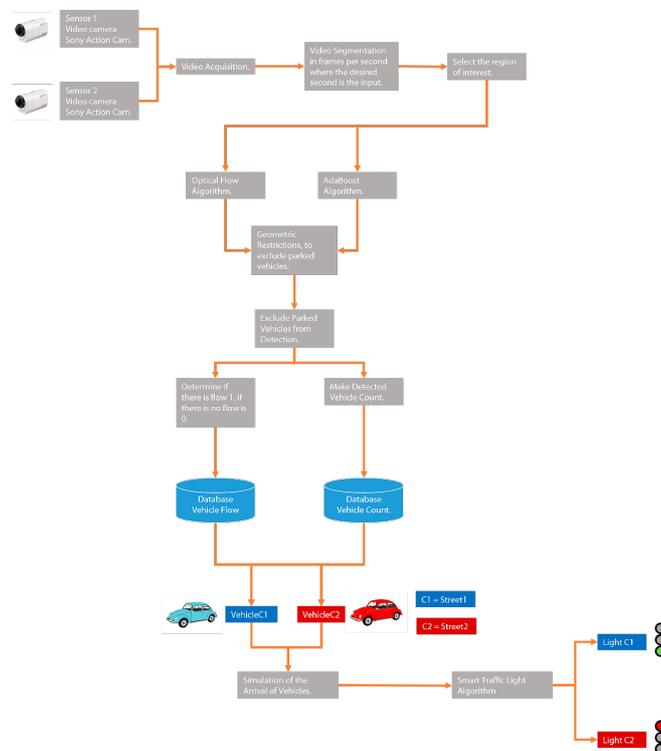


Figure 2. Diagram of the methodology

First the videos of the sensors are obtained and segmented in frames per second and then grouped in sequences, a region of interest is selected to support the algorithms of detection. Through the algorithms of optical flow of Horn and Schunk and Adaboost which is trained with the features of HoG, each segmented sequence is analysed to detect the vehicles and to detect if they are in movement. For situations of the environment its necessary to exclude from the detection the parked vehicles, for this reason geometric restrictions are made. After the exclusion of the vehicles the databases are filled with the number of vehicles and the databases of the motion vehicles. 1 in case that exist motion and 0 in case that it doesn't exist motion. Finally, these databases are used to simulate vehicle arrivals at the intersection which are necessary to simulate the smart system control that is described below. To design the intelligent control system (see figure 3) and its rules the following was done: First, take the role of a car driver and second the thinking of a priority management.

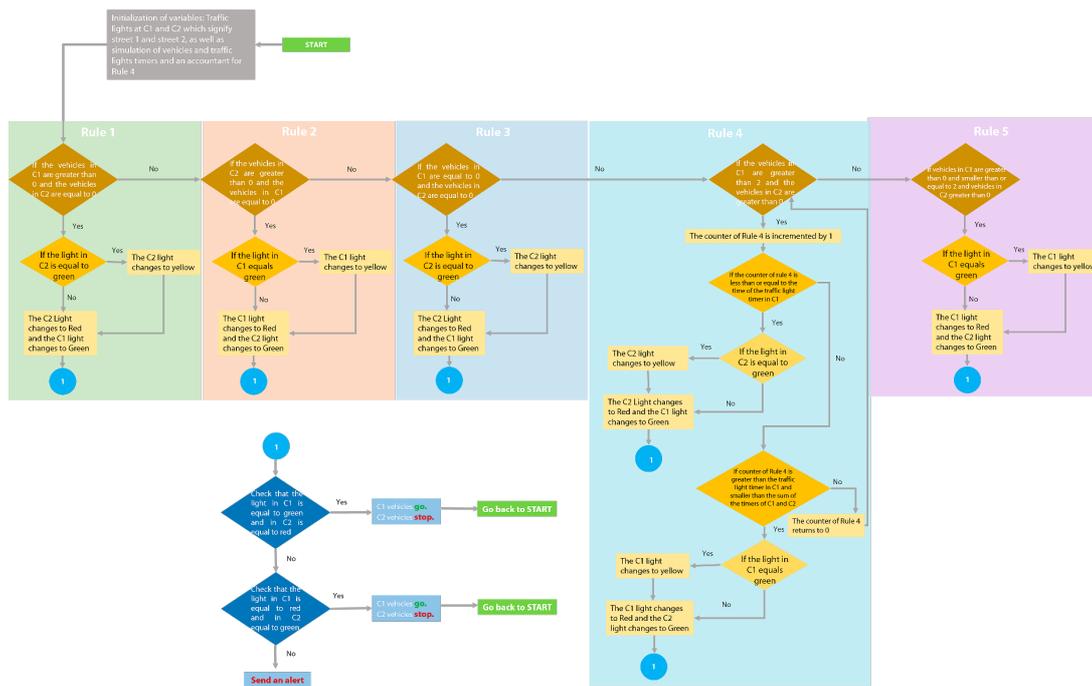


Figure 3. Diagram of the Smart Traffic lights system.

**Rule 1:** This rule evaluates the environment, and if it detects presences of vehicle in C1 and doesn't detect presence of vehicle in C2 it verifies in the first instance if the color of the light in C2 is equal to green if it so changes the light to yellow and next to red, if not, it means that the light in C2 is equal to red so it leaves it equal to finally change the light of the traffic light form C1 to green.

**Rule 2:** This rule evaluates the environment, and if it detects presence of vehicle in C2 and doesn't detect presence of vehicle in C1 verifies in first instance if the color of the light in C1 is equal to green if it so changes the light to yellow and next to red if not, it means that the light in C1 already is equal to red so it leaves equal to finally change the light from C2 to green.

**Rule 3:** This rule evaluates the environment, and if it doesn't detect presence of vehicle in C1 and doesn't detect presence of vehicle in C2 it verifies in first instance if the color of the light in C2 is equal to green if it so changes the light to yellow and next to red if not, it means that the light in C2 is already equal to red so it leaves it equal to finally change the light from C1 to green while waiting for vehicle in C1.

**Rule 4:** This rule evaluates the environment, and if it detects presence of vehicle in C1 greater than 2 and detects presence of vehicle in C2 greater than 0 creates a counter of the rule and increases it 1, it verifies if the counter is less or equal to the threshold called  $G_{timerC1} = 7$ , if it is smaller, goes to check if the light of C2 is green if it so changes it to yellow and then to red, if it doesn't, mean that the light of C2 is already red so it leaves it equal and change the light form C1 to green. In the case that the counter is greater than  $G_{timerC1}$ , it continues to the next part of the rule where the counter is greater than  $G_{timerC1}$  and less than  $G_{timerC1} + 3$ , in this part verify if the lights in C1 are equal to green if so change the

light from C1 to yellow and then to red, if it doesn't equal to green means that the light in C1 is already red and doesn't change the it and the light in C2 change to green. In case the counter is greater than GtimerC1 plus GtimerC2 is reset and go to the beginning of the rule.

**Rule 5:** This rule evaluates the environment, and if it detects the presence of vehicle in C1 between 0 and 2, and in C2 it detects the presence of a vehicle greater than 0, it verifies if the color of the light in C1 is equal to green if it so changes the light to yellow and then to red if it doesn't means that the light in C1 is equal to red so it leaves it equal and then change the light in C2 to green.

## 4 Experimentation

The variables related to the traffic flow are the flow rate,  $q$ , which is the frequency that vehicle pass across a point or cross-section of a lane or roadway. It is the number of vehicles,  $N$ , that pass during a specific time interval  $T$ , less than one hour. In our case, less than the total time  $T$  of the simulator that is equivalent to the total of frames in the sequences. The flow rate,  $q$ , is calculated with the next expression:

$$q = \frac{N}{T} \quad (1)$$

### The simple interval traffic flow ( $h_i$ )

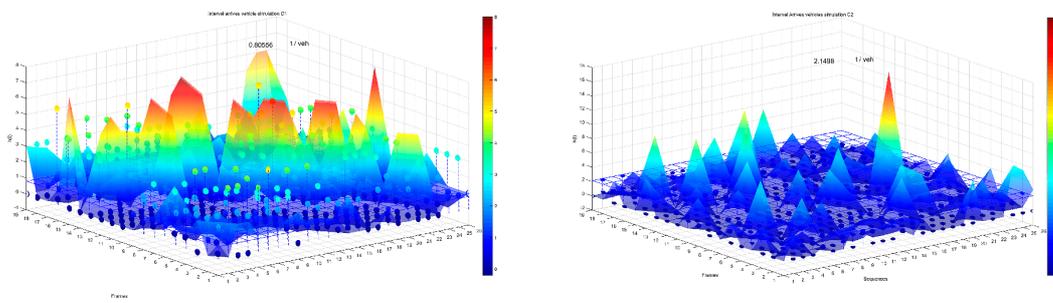
It is the time interval between the pass of two consecutive vehicles, usually expressed in seconds and is the average between homologous points of the pair of vehicles, in this case we have how the vehicles pass between one time and another. The minimum time in this case is the number of vehicles in the frames grouped in sequences and they can be greater than two.

### Mean interval traffic flow ( $h$ )

It is the average of all the simple intervals of traffic flow ( $h_i$ ), that exist between the various vehicles that circulate by a road. Because it is an average it is expressed in seconds per vehicle (s/veh) in this case (frame/veh) and it is calculated, per the equation flow,  $q$ , by the following expression, where  $N$  = total of vehicles that have passed.

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N-1} \quad (2)$$

This equation help us to describe mathematically the vehicle flow of an avenue and is interpreted as follows: when the affluence of vehicles is greater in a certain time the result of the function is decremented. In the other case when the affluence of vehicles is less in a certain time the result of the function is increased. With the parameters of  $h_i$  and  $h$  they were analyzed the arrivals of the simulated vehicles, which are represented by the graphs shown in figure 4 where the X axis is equal to the number of sequences, the Y axis represents the number of frames of each sequence and on the Z axis the interval time if each vehicle which passes and the spheres represent the number of vehicles passing in that interval of time.



**Figure 4.** Interval traffic flow of vehicles arrives (C1 = a) (C2 = b).

## 4.1 Results

In the results section, we first present the evaluation of the detection algorithms to know the accuracy recognition which are obtained both and in the case of the algorithm Adaboost the percentage of false negatives and false positives. In the second section we present the results of the simulation of the smart traffic lights and the simulation of the traffic lights of fixed-time to compare them.

## 4.2 Detection results

**Table 1.** Adaboost Algorithm results

Adaboost Algorithm	Street	Hit rate (%)	False positive (%)	False negative (%)
	C1	77.69	0.35	0.11
	C2	85.9	0.13	0.02

**Table 2.** Optical flow algorithm results

Optical flow Algorithm	Street	Hit Rate (%)
	C1	82.39
	C2	78.95

The algorithm Adaboost in the case of the frames in sequence of street C1 was evaluated with a hit rate of 77.69%, the percentage of false positive is .35 and the percentage of false positive is .11. In the case of the frames in sequence of the street C2 the hit rate is 85.9%, the percentage of false positive is .13 and the percentage of false negatives is .02 as can be seen in Table 1. These percentages are acceptable compared to those obtained by Espinosa [12]. In the algorithm of optical flow for the detection of motion present a hit rate in the street C1 of 82.39% and in the street C2 of 78.95% which allow us to model the movement of the vehicle in the simulator with an average accuracy of 80%.

## 4.3 Results of the simulation

**Table 3.** System control Results

	Mean interval traffic flow (h)			Maximum number of vehicles in Queue	
	Vehicle Simulation frame/veh	Fixed-time system control	Smart traffic lights system control	Fixed-time system control	Smart traffic lights system control
C1	0.805	0.8	0.804	17	9
C2	2.14	3.32	2.15	82	10

The results of the simulation of the two systems control already mentioned were compared. First to get an idea of the intervals of traffic flows we calculate the mean interval traffic flow ( $\bar{h}$ ) of the simulation of the vehicles arrives in the street C1 and C2 without any type of system control and the results of this function are 0.805 (frame/veh) in street C1 and 2.14 (frame/veh) in street C2 these values give us an objective parameter to achieve at the time to evaluate the two control systems. The fixed-time control system get an ( $\bar{h}$ ) of .8 frames/veh in street C1 and 3.32 frames/veh in street C2 while the smart traffic lights system control get an ( $\bar{h}$ ) of .804 frames/veh in street C1 and 2.15 frames/veh in street C2. The  $\bar{h}$  of the fixed-time control system in C1 decreased but in C2 increased while the smart traffic lights system control the  $\bar{h}$  of C1 and C2 are like the  $\bar{h}$  of the simulation of the vehicles arrives. That means that the smart traffic lights system control was better adapted to the vehicles flows in real time. Also, the waiting queue size decreased in comparison with the fixed-time system control from 17 to 9 in C1 and in C2 from 82 to 10. See table 3 and Figures 5 a) and b).

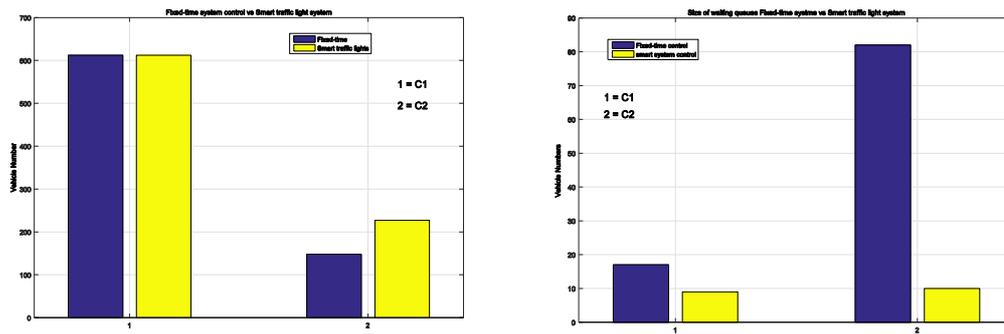


Figure 5. Comparison of control system results

## 5 Conclusion

The reason to use both algorithms is because they are complementary, the Adaboost algorithm is better for detecting objects from their edges and textures features so it also detects vehicles that are not in motion, while the optical flow is better for detecting objects in motion by changing tones and edges over time. This analysis help us to understand that both algorithms can be used to have a near model of arrives of vehicle simulations as in real time. The results of the simulation of the algorithms of the fixedtime system control and the smart traffic lights system control, show that the smart system control algorithm could better adapt to the vehicular flow of the simulated data because in the parts of higher concentration of vehicles it distributes the time better, the improvements that were obtained are the reduction of the size of the queues of waiting in 47% in the street of greater capacity and 88% in the one of smaller capacity this is due to the implemented methodology based on priorities which are obtained to through detecting cars with video cams and the flow of the passage of vehicles.

## 6 References

1. Alberto Bull Ed. (2003) "Traffic congestion and how to solve it" Santiago de Chile, United Nations, CEPAL (In Spanish).
2. Angus P. Davol (2001) "Modeling of Traffic Signal Control and Transit Signal Priority Strategies in a Microscopic Simulation Laboratory", Massachusetts Institute of Technology.
3. Shraddha V. Kothiya and Ms. Kinjal B. Mistree (2015) "A Review on Real Time Object Tracking in Video Sequences" Electrical, Electronics, Signals, Communication and Optimization (EESCO), International Conference on. IEEE.
4. Nishu Singla (2014) "Motion Detection Based on Frame Difference Method" International Journal of Information & Computation Technology. ISSN 0974-2239 Volume 4, Number 15, pp. 1559-1565.
5. Darun Kesrarat and Vorapoj Patanavijit (2011) "Tutorial of Motion Estimation Based on Horn- Schunk Optical Flow Algorithm in MATLAB". Assumption University Journal of Technology, vol.15(1).
6. D. Hari Hara Santosh, P. Venkatesh, P. Poornesh, L. Narayana Rao, N. Arun Kumar (2013) "Tracking Multiple Moving Objects Using Gaussian Mixture Model" International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)
7. Yoav Freund Robert E. Schapire (1996) "Experiments with a New Boosting Algorithm" Machine Learning: Proceedings of the Thirteenth International Conference.
8. Paul Viola and Michel J. Jones (2001) "Robust real-time face detection," International Journal of Computer Vision 57(2), 137-154.
9. Constantine Papageorgiou and Tomaso Poggio (2000) "A Trainable System for Object Detection" International Journal of Computer Vision 38(1), 15-33.
10. Dalal N. y Triggs B. (2005) "Histograms of oriented gradients for human detection." Computer Vision and Pattern Recognition, volumen 1, 2005: 886-893.
11. Ángel Serrano, Cristina Conde, Licesio J. Rodríguez-Aragón, Raquel Montes, and Enrique Cabello (2005) "Computer Vision Application: Real Time Smart Traffic Light" In International Conference on Computer Aided Systems Theory (pp. 525-530). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
12. Fabio Espinosa, Camilo Gordillo, Robinson Jiménez, Oscar Avilés (2012) "Dynamic traffic light controller using machine vision and optimization algorithms" In Engineering Applications (WEA), Workshop on (pp. 1-6). IEEE.

13. Papageorgiou, M. and Diakaki, C. and Dinopoulou, V. and Kotsialos, A. and Wang, Y. (2003) 'Review of road traffic control strategies.', *Proceedings of the IEEE.*, 91 (12), pp. 2043-2067.
14. Stephen Ezell (2010) "Intelligent transportation systems." *The Information Technology & Innovation Foundation*, vol. 34.
15. Berthold K.P. Horn and Brian G. Schunck (1981) "Determining Optical Flow" *North-Holland. Artificial Intelligence*, 17:185–203.
16. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods (2008) "Digital Image Processing" (3rd Edition) *Pearson Prentice Hall*, Printed in the United States of America.
17. Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola (1994) "Traffic engineering, fundamentals and applications", *Alfaomega, Mexico*, (In Spanish).

# Análisis y diseño de comunicación punto a punto para enlace de datos Analysis and design of point-to-point communication for data link

Torres Vásquez, M.<sup>1</sup>, Pérez Uc, D.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División Ing. en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Centla  
Calle Ejido, s/n. 186751 Frontera Centla, Tabasco. México.

<sup>2</sup>División Ing. en Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de Centla  
Calle Ejido, s/n. 186751 Frontera Centla, Tabasco. México.

<sup>1</sup>mtorresv@itscentla.edu.mx, <sup>2</sup>daniel\_perezuc@cenidet.edu.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** En el presente documento, se realizó un análisis de un sistema ISP, para el cual se determinaron el tipo de antenas que se utilizaron para el enlace multipunto al igual que las pérdidas en el espacio exterior, la zona Fresnel, y los perfiles de elevación, para este proyecto se realizó un análisis de las necesidades del sistema con el estudio realizado se determina cual es el tipo de antena, la altura de las torres tanto para recepción como transmisión, los cálculos son respaldados por el software Radio Mobile, el cual nos permitió corroborar los datos y así tomar las decisiones pertinentes.

**Palabras Clave:** Radiación solar, radiación máxima, perfil diurno.

**Summary.** In the present document, an analysis was performed about a system ISP, for which we determined the kind of antennas that were used for the multipoint link as well as losses in outer space, the fresnel zone and the elevation profiles for this project was performed with an analysis of the system's needs, with the study made it we determined which is the type of antenna. The height of the towers so much for reception and transmission the calculations are supported by software "Radio mobile" which allowed us corroborate dates and so, make the most relevant decisions.

**Keywords:** Solar radiation, radiation maximum, day profile.

## 1 Introducción

El documento presenta de forma gráfica los enlaces de los diferentes puntos al igual que el radio de transmisión de 5km, el software Radio Mobile es pieza fundamental para la realización de la investigación, se realizó un presupuesto de los equipos para determinar el costo total de ellos, en el documento se puede ver claramente y de forma detallada lo necesario para hacer posible una transmisión punto a punto y multipunto de forma inalámbrica.

El método de comprobación es una tabla la cual nos determina el margen del Umbral de recepción el cual debe ser superior a 10 dB para saber que los enlaces son los idóneos y así evitar pérdidas de información o una mala inversión

### A. Enfoque del proyecto

El objetivo del proyecto es el análisis de las redes de comunicación en las bandas de frecuencia en las que trabajan las tecnologías WiFi y WiMAX, Particularmente la observación de las pérdidas de inserción que se producen en los enlaces transmisión-recepción debidas a obstáculos en interiores y exteriores. Las pérdidas por inserción representan la reducción que sufre la señal en dB, cuando entre emisor y receptor, se inserta un material. Estas pueden ser paredes, ventanas, puertas, personas o cualquier objeto que se pueda encontrar en el interior de un edificio o en un recinto cerrado. En el exterior podemos encontrar también algunos de estos tipos de obstáculos, así como también la vegetación y árboles, unos de los más importantes factores para tener en cuenta en un radioenlace exterior.

Todos los posibles resultados que se analizarán durante el proyecto pretenden servir de apoyo para el estudio de la cobertura de cada uno de estos diferentes sistemas, de tal manera que un impacto y una serie de pautas para tener en cuenta cuando se quiera realizar un determinado enlace inalámbrico. Por ello el objetivo principal será el análisis de las pérdidas de inserción producidas por estos materiales para las tres frecuencias en las que trabaja este tipo de tecnologías: 2.4 GHz, 3.3 GHz, 5.5 GHz. (Baran, 1992):

### B. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten una mayor comodidad y un ahorro de dinero en infraestructura gracias a la ausencia del medio físico de transporte. Por otra parte, este tipo de redes suele contar con una seguridad menor ya que, si no se dispone de una protección adecuada, existe una clara amenaza de intrusos u otros factores que

podrían afectar al sistema. Aun así, las pequeñas empresas o usuarios pueden disfrutar de muchas ventajas utilizando una red inalámbrica:

- *Comodidad*
- *Movilidad*
- *Productividad*
- *Instalación sencilla*
- *Capacidad de ampliación*
- *Menor costo*

### C. Mecanismos de propagación.

Las bandas UHF (ondas radio) y SHF (microondas) serán las utilizadas a lo largo del proyecto ya que caracterizan las tecnologías Wi-Fi y WiMAX y son el rango de frecuencia donde van a trabajar nuestras antenas: 915 MHz, 2,4 GHz, y 5.5 GHz (Davis, 1995).

## 1.1 El principio de Huygens.

El principio de Huygens es un método de análisis aplicado a los problemas de la propagación de donde en el límite de campo lejano. Establece que cada punto de un frente de onda que avanza es, de hecho, el centro de una nueva perturbación y la fuente de un nuevo tren de ondas; y que esa onda avanzando en conjunto puede ser definido como la suma de todas las ondas secundarias surgidas por el medio ya atravesado.

Este principio va a ayudarnos a comprender los mecanismos de propagación, tanto la difracción como las zonas Fresnel, la necesidad de línea visual, y el hecho de que algunas veces las ondas voltean las esquinas, más allá de la línea visual (Boyle, 1995).

## 1.2 Propagación y pérdidas en el espacio libre.

Cuando una onda se propaga en el espacio o en el aire, se esparce sobre una superficie cada vez mayor a medida que se aleja del transmisor. La potencia que se puede apreciar en el receptor disminuye con el cuadrado de la distancia al trasmisor. A esto se le denomina “perdida en el espacio libre (FSL)” y su cálculo viene dado por dos tipos de expresiones que varían según la distancia del enlace:

$$\text{FSL(dB)}=20 \log_{10}(d1)+20 \log_{10}(f)+32.44 \quad (1)$$

$$\text{FSL(dB)}=20 \log_{10}(d2)+20 \log_{10}(f)+92.44 \quad (2)$$

Donde:

- $d1(m)$ : Distancia para enlaces de corto alcance (unos metros hasta 1Km).
- $d2(Km)$ : distancia para enlaces de largo alcance (superiores a 1km).
- $f(GHz)$ : Frecuencia de operación.

Para frecuencias de 2.4 GHz.

$$\text{FSL(dB)}=100+20 \log_{10} D \quad (3)$$

## 1.3 Línea Visual y Zonas de Fresnel.

A medida que avanzan los haces de onda por un determinado medio, estos comienzan a ensanchar. A su vez las ondas microondas usadas en las redes inalámbricas tienen una longitud de onda de unos pocos centímetros y por consiguiente, sus haces son más anchos y necesitan más espacio, es decir una línea visual (LOS) con una determinada anchura. Por lo que surge la necesidad de caracterizar un cierto espacio para que la onda no se vea afectada y pierda las características desde el inicio de su propagación, de ahí del concepto de las Zonas de Fresnel.

Sabemos por el principio de Huygens que cada punto de un frente de onda, comienzan a surgir nuevas ondas circulares y estas pueden interferir unas con otras. La teoría de la Zona de Fresnel examina a la línea desde la transmisión hasta la recepción y luego al espacio alrededor de esa línea que contribuye a lo que está llegando a la antena receptora.

Específicamente, si la zona 1 de Fresnel fuera bloqueada por un obstáculo, ya sea un árbol o un edificio, la señal será atenuada. Entonces, cuando planeamos enlaces inalámbricos, debemos asegurarnos de que esta zona 1 de Fresnel va a estar libre de obstáculos, es decir, que se considere meramente propagación por espacio libre. En

la práctica en redes inalámbricas nos conformamos con que al menos el 70% de la “Primera Zona de Fresnel” este libre (Flikenger, 2005).

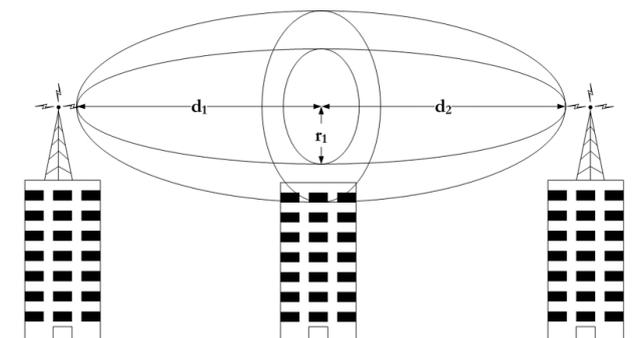


Figura. 1. Ejemplo de una Zona Fresnel

## 2 Panorama reducido del estado del arte relacionado con la problemática afrontada

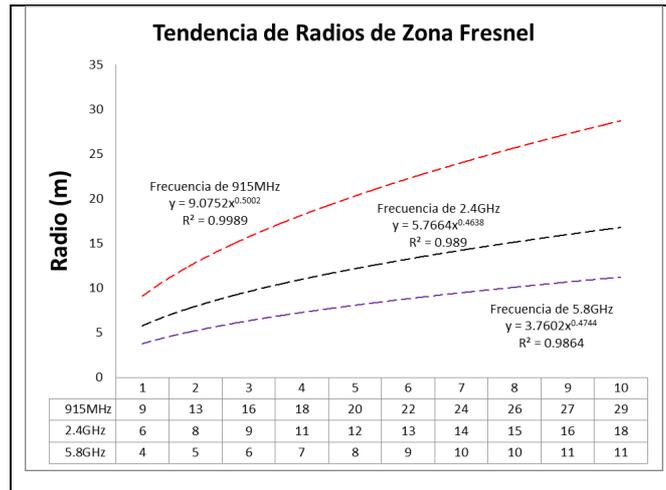
Según (Blanco, 2012) Las antenas son componentes indispensables de cualquier sistema de comunicación inalámbrica, debido a la importancia y también por la creciente demanda de las ofertas en los sistemas de telecomunicaciones. Especialistas en el área han realizado investigaciones para el estudio de las antenas, donde se observan sus propiedades generales y también por cada tipo, de acuerdo a su clasificación. Siempre buscando de mejorar el alcance y la recepción de la señal.

En la comunidad Wireless de Bilbao, España, Bilbowireless, tenían un gran problema con las antenas (como en muchas otras comunidades) ya que no podían pagar los altos costos de una antena comercial, lo que los llevo a buscar una solución. Investigado en Internet y en bibliotecas encontraron cierta cantidad de información que les sirvió de base. Pero, para una comprensión profunda del funcionamiento de ciertos tipos de antenas hay que tener un mayor conocimiento. Con la adhesión de miembros a Bilbowireless con experiencia en materia de telecomunicaciones y radiofrecuencia, permitió ir un poco más allá de construir los modelos obtenidos. Y hacer sus pequeñas modificaciones propias en diseño de antenas, así como de facilitar el acceso a sus experiencias en esta área. Experiencias y conocimientos que sirvieron de aporte para la investigación sobre todo en el área de diseño y construcción (Pérez, 2009 citado por Blanco, 2012).

Otras comunidades Wireless que sirvieron de contribuyeron a la investigación fueron: FRARS (Flight Refuelling Amateur Radio Society) de EEUU, que además de ofrecer artículos en materia del mundo de la radio frecuencia y un foro virtual, también brindan servicio de conexión gratuita a través de su red inalámbrica; red que nutren con antenas fabricadas por ellos mismos (G4RFR (Administrador website), 2009 citado por Blanco, 2012). Los miembros de Seguridad Wireless de Chile, que tratan fundamentalmente aspectos relacionados con la seguridad en la conexión inalámbrica, sin dejar de lado el análisis de materiales y componentes de los diversos tipos de tarjetas y antenas inalámbricas comerciales (Mamposta (Administrador webzine), 2009 citado por Blanco, 2012).

## 3 Descripción de la metodología o técnica usada.

Comenzaremos calculando “La Primera Zona Fresnel” de la ecuación 4, para tres diferentes frecuencias que son las más comunes en las antenas, las distancias son de 1 a 10 Km, para ver la variación en la zona Fresnel y tomar una decisión de que frecuencia será la apropiada, para la selección de nuestras antenas de tipo sectorial más adelante en el documento haremos cálculos de la zona fresnel con la frecuencia que seleccionamos y los puntos que marcamos para los diferentes enlaces (Kulmann F, 1997), (Prasad, 1997) . En la figura 2 podemos observar los resultados para las tres frecuencias (915 Mhz, 2.4 Ghz y 5.8 Ghz) que se calcularon.



**Figura. 2.** Tendencia de Radios de Zona Fresnel

### 3.1 Pérdidas en el espacio libre

Las pérdidas en el espacio exterior son de vital importancia para esta investigación tomaremos unas muestras a diferentes frecuencias utilizando la ecuación (1), para pérdidas en el espacio libre veremos cómo varían las pérdidas.

**Tabla 1.** Pérdidas en el exterior

Distancia	915MHz	2.46 GHz	5.8GHz
1Km	91dB	100dB	106dB
2Km	97dB	106dB	112dB
3Km	101dB	109dB	118dB
4Km	103dB	112dB	124dB
5Km	105dB	114dB	130dB
6Km	107dB	115dB	136dB
7Km	108dB	117dB	142dB
8Km	109dB	118dB	148dB
9Km	110dB	119dB	154dB
10Km	111dB	120dB	160dB

## 4 Resultados experimentales

### 4.1. Selección de equipo y su justificación

Se determina que el tipo de antena que más conveniente, es el de tipo sectorial, ya que cubre ángulos de 90° y 120°, para la cobertura. Utilizando antenas sectoriales, si llegara a fallar una de ellas solo se perdería la conexión para un sector, pero no de todos los clientes, y este tipo de antena es más recomendable para enlaces a mayor distancia poseen una mejor ganancia y poder de transmisión. Dando los siguientes puntos como referencia para cobertura:

**Tabla 2.** Distancias del enlace punto a multipunto del ITSCe

Puntos de interés.	Distancia en: m	Distancia en: Km
Siglo XXI	307.78m	0.307Km
Sanatorio naval	842.02m	0.842Km
INFONAVIT	842.45m	0.842Km
Grijalva 2 colonia	1,902.51m	1.90Km
Naval	2,292.72m	2.29Km
Arenal.	1,495.08m	1.50Km
Centro Frontera	1,443.92m	1.44Km

Para la decisión de la antena hay que considerar su ganancia en dBi y el tipo de frecuencia más acorde. Recordando que las antenas de 5.8 GHz son más costosas que las 2.4 GHz y con un presupuesto limitado es apropiado utilizar la frecuencia 2.4 GHz la cual nos permite transmitir en un radio de 5 Km de una forma óptima.

#### 4.2. Cálculos para la primera zona Fresnel

El cálculo se realizó tomando en cuenta la frecuencia que utilizamos que es de 2.4 GHz. Se realizó el análisis para los 10 puntos que tomamos en consideración para los cuales nos arrojó la siguiente tabla de datos.

**Tabla 3.** Zona Fresnel.

Puntos de interés.	Distancia en: Km	2.4GHz	70%
Siglo XXI	0.307Km	3.09m	2.16m
Sanatorio naval	0.842Km	5.12m	3.58m
INFONAVIT	0.842Km	5.12m	3.58m
Grijalva 2 colonia	1.90Km	7.7m	5.39m
Naval	2.29Km	8.45m	5.91m
Arenal.	1.50Km	6.84m	4.78m
Centro Frontera	1.44Km	6.7m	4.69m

Posteriormente se calcularon las pérdidas en el espacio exterior en la que utilizamos la distancia en kilómetros y la fórmula que se utiliza para una antena de 2.4 GHz.

**Tabla 4.** parámetros calculados para una frecuencia 2.4 GHz.

Distancia.	Puntos.	FSL.
0.307Km	Siglo XXI	-89.7 dB
0.842Km	Sanatorio naval	-98.5 dB
0.842Km	INFONAVIT	-98.5 dB
1.90Km	Grijalva 2 colonia	-105.5 dB
2.29Km	Naval	-107.1 dB
1.50Km	Arenal.	-103.5 dB
1.44Km	Centro Frontera	-103.1 dB

En nuestra tabla vemos de forma más ordenada las pérdidas en el espacio exterior con condiciones óptimas las cuales no incluyen la lluvia entre otros factores que pudiesen interferir en una buena transmisión. Más adelante explicaremos más acerca de este tema donde se toma en cuenta los factores climatológicos.

### 4.3 Margen del umbral de recepción

Con los datos proporcionados hasta a hora podemos realizar nuestros presupuestos de enlaces los cuales incluyen potencia en las antenas, sus ganancias, la sensibilidad en el receptor, perdidas en el espacio exterior para así sacar el margen del umbral de recepción. Para calcular los datos decibeles obtenidos en la tabla cinco, se uso la formula:  $\text{dBm} = \log(\text{mW}) * 10$ .

**Tabla 5.** Ejemplo de margen del umbral de recepción

Datos.	Elementos.	Valores.
Siglo XIX Distancia: 0.307km	Salidas de trasmisor.	28 dBm
	Cablesy Conectores.	-3 dB
	Antena Tx	14.5 dBi
	FSL	-89.7 dB
	Antena Rx	8.7 dBi
	Cables y Conectores	-3 dB
	Nivel esperado	-44.5 dBm
	Sensibilidad del receptor	-83 dBm
	Total (margen)	38.5 dB

Es de vital importancia que para una buena transmisión el margen sea siempre mayor a 10 de lo contrario tendremos perdidas de información o los equipos no se conectaran entre sí.

## 5 Conclusiones y trabajos futuros de investigación

En el trabajo se pudieron determinar de forma analítica los factores que afectan la transmisión y del mismo modo se pudieron corroborar con el software Radio Mobile y Google Earth, los cuales nos dieron una visión amplia de los sistemas a utilizar, llegado así a poder determinar los equipos idóneos para el tipo de transmisión reduciendo significativamente tanto los precios en los equipos como también las pérdidas de las antenas. Los estudios en el terreno nos arrojaron parámetros de mucha importancia para la investigación, tales como el utilizar 2 antenas de tipos sectorial de 120° las cuales cubren perfectamente los enlaces ya que el estudio de campo arrojó que en la parte trasera de la universidad no se encuentra ningún poblado al cual ofrecer los servicios de internet, abaratando así los costos en los equipos.

Uno más de los factores a los cuáles se le dio solución con la investigación es determinar las variaciones en el terreno como pudimos corroborar en el trabajo vemos claramente que la ciudad no posee demasiadas variaciones en el terreno lo que facilita las transmisiones.

## Referencias

- [1] Baran, N. Redes inalámbricas. . PC/tips byte, 94-98. (1992).
- [2] Bastes, R. Comunicaciones en redes inalámbricas. Mexico: McGraw-Hill. (1994).
- [3] Blanco, M. V. UDO Space. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Oriente: [http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3178/1/TESIS\\_MB.pdf](http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3178/1/TESIS_MB.pdf). (2012).
- [4] Boyle, P. Sin conexión. Revista PC/Magazine, 86-97. (1995).
- [5] Davis, P. Redes de Área local Inalámbricas. Mexico: McGraw-Hill. (1995).
- [6] Flikenger, R. Redes Inalambricas. Ed tercera: BookSprint. (2005).
- [7] Kulmann F, C. A. Información y telecomunicaciones. Mexico: Fondo de la Cultura. (1997).
- [8] Prasad, R. Reseña de las comunicaciones personales inalámbricas. Communication Magazine, 104 -108. (1997).

## AES como Estándar Internacional de Cifrado

Lic. Reyna García Belmont · M. en A. Gabriela Lotzin Rendón ·  
Ing. Luis Cabrera Hernández · M. en A. Ma. del Consuelo Puente Pérez · y  
Ing. Ofelia Verónica Méndez Lemus ·

· Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Av. Instituto Tecnológico S/N Col. La Comunidad, Tlalnepantla de Baz, Edo. de México, 54070. México  
rgarciab@itla.edu.mx, lcabrerah@itla.edu.mx, cpuentep@itla.edu.mx, vmendezl@itla.edu.mx  
· Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil #1301 Pte. A.P. 175, Ciudad Victoria, Tamaulipas, 87010. México  
lotbrenvaz@outlook.com

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** Con el uso del internet hoy en día estamos inmersos en la sociedad de la información y tecnología, manteniéndonos siempre conectados y al mismo tiempo expuestos, en ese sentido la seguridad de la información busca proteger la información, la seguridad informática no sólo busca proteger la información, sino también la infraestructura que la rodea (como procesos y sistemas) y finalmente se encuentra la ciberseguridad que abarca la infraestructura de una organización y/o país; teniendo con esto tres áreas de vital importancia enfocadas a la prevención e implementación correcta de controles que permitan contrarrestar las amenazas. Lo anterior nos lleva a la creación de una aplicación que se pueda incluir en sistemas proporcionando aspectos de seguridad basados en el estándar AES, involucrando procedimientos formales de un protocolo criptográfico. Con este trabajo se busca identificar la tendencia ofrecida por los sistemas criptográficos frente al uso de herramientas convencionales.

**Palabras Clave:** AES, Criptografía, FIPS, NIST.

## 1 Introducción

En cualquier organización dedicada al desarrollo de software y aseguramiento de la calidad tienen que definir los objetivos de seguridad de la aplicación a diseñar, identificando la categoría de la información a proteger: identidad, financiera, reputación, privacidad y reglamentaria, entre otras; con la finalidad de detectar amenazas y riesgos a los que la información se expone y adaptar los controles necesarios para su protección. Otras fuentes de riesgo emanan de leyes, normas, acuerdos legales y políticas de seguridad de la información corporativas (Open Web Application Security Project, 23).

De lo anterior se deriva que para crear software se deben aplicar prácticas de diseño seguras e incluir técnicas de codificación defensiva y resistente a los ataques. Por lo que este trabajo presenta un panorama del tipo de seguridad que se puede incluir a través de Advanced Encryption Standard (AES) como mecanismo de control para preservar la confidencialidad de la información en su transmisión en un medio inseguro como lo es el internet y contribuir al diseño de aplicaciones seguras basadas en la implementación de estándares probados de cifrado y descifrado.

AES es un estándar de cifrado simétrico definido dentro de un marco internacional uniforme y publicado por National Institute of Standard and Technology (NIST) como FIPS PUB 197, que a lo largo de la historia se ha definido como uno de los más destacados y seguros.

## 2 Estado del Arte

La criptografía se considera una disciplina matemática e informática relacionada con el cifrado y autenticación a través del uso de algoritmos que ayudan a crear herramientas de acceso haciendo que la información transmitida no sea entendible para garantizar la confidencialidad y la integridad de la misma (Security Standards Council (PCI), 2014). El proceso de cifrado permite desarrollar sistemas criptográficos definiendo el tipo en base al tipo de llave a utilizar distinguiendo dos métodos:

- Sistemas de clave única o métodos simétricos en los cuales el proceso de cifrado y descifrado son llevados por una misma clave.
- Sistemas de llave pública o asimétrica cuyo proceso de cifrado y descifrado son llevados a cabo por llaves distintas y complementarias.

Ambos sistemas protegen los datos utilizados en una comunicación y se han incluido en el desarrollo de aplicaciones de comunicaciones como: Servicio de Seguridad: Secure Socked Layer (SSL), para el intercambio

de registros (Symantec, 2011), Servicio de Seguridad (Secure Electronic Transaction por sus siglas en inglés SET) para servicios de pagos electrónicos creado por VISA y Master Card (Lu & Smolka, 1999) y Servicio de Seguridad (Private Enhanced Mail por siglas en inglés PEM) (Kent, 1998) entre otros.

Estas aplicaciones hacen uso de criptografía a través de cifrado simétrico, asimétrico, funciones Hash y firma digital en parte o bien incluyendo todo en un solo paquete y que en la actualidad han sido de éxito y se mantienen. En particular el cifrado simétrico preserva la confidencialidad tanto en las transmisiones de información como en su almacenamiento, protegiendo los archivos y evitando que personas ajenas a la información tengan acceso (EcuRed, 2006) .

### 3 Metodología

En ésta sección se describen la secuencia de los pasos a realizar para transformar el texto plano en datos cifrados y viceversa a través del algoritmo AES identificado a través del estándar FIPS PUB-197, considerado como uno de los algoritmos más sólidos y aceptados por la industria publicados en la serie NIST 800-57 (Barker & Dang, 2015), este algoritmo consiste en iteraciones que emplean funciones invertibles donde los bytes se interpretan como campos finitos conocidos también como campos de Galois<sup>3</sup>. AES opera con bloques y a cada paso del algoritmo se le denomina estado (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2001).

#### 3.1 Estructura AES

La estructura de éste algoritmo consiste en una serie de rondas donde se realizan un conjunto de cuatro transformaciones orientadas a bytes, el número de rondas depende del tamaño de la clave como se puede observar en la tabla 1.

	Longitud de clave ( <i>Nk words</i> )	Tamaño de Bloque ( <i>Nb words</i> )	Número de Rondas ( <i>Nr</i> )
<b>AES-128</b>	4	4	10
<b>AES-192</b>	6	4	12
<b>AES-256</b>	8	4	14

**Tabla 2.** Número de rondas en función de la longitud de clave (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2001)

Las transformaciones aplicadas son: SubByte, ShiftRow, MixColumn, AddRoundKey, Empezando con el proceso de expansión de claves en primera instancia.

#### 3.2 Sub Bytes

Esta operación consiste en una transformación no lineal, donde se realiza una sustitución de cada byte por otro byte establecido en la caja definida por la norma FIPS-197, como S-box, la cual está basada en el inverso multiplicativo del byte que hay que transformar en GF ( $2^8$ ) módulo ( $x^8 + x^4 + x^2 + x + 1$ ), tomando sus bits como los coeficientes de un polinomio en GF ( $2^8$ ); en la operación de descifrado se invierte la transformación anterior, a través de la tabla inversa mostrada en la norma.

#### 3.3 ShiftRows

Consiste en un desplazamiento cíclico de bytes en cada fila, en AES la primera fila queda sin cambios, la segunda fila se desplaza un byte a la izquierda, incrementando en uno el número de desplazamientos por fila que se va recorriendo, esto es la fila  $n$  se desplaza de manera circular izquierda por  $n-1$  bytes, quedando el número de desplazamientos como se muestra en la figura 1, considerando bloques de 128 bits.

<sup>3</sup> Campos de Galois son muy utilizados en la criptografía debido a que gracias a ellos existe un inverso aditivo y multiplicativo que permite cifrar y descifrar en el mismo cuerpo  $Z$ , eliminando los problemas de redondeo o truncamiento de valores, como si tales operaciones de cifrado y descifrado se hubiesen realizado en aritmética real [8]

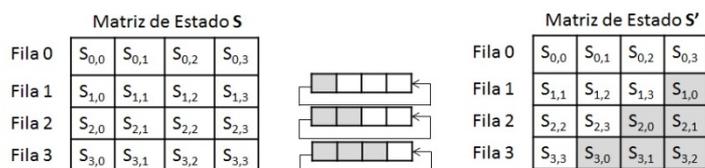


Figura 1. Función ShiftRows para bloque de 128 bits (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2001)

### 3.4 MixColumn

La función MixColumn consiste en multiplicar las columnas de bytes módulo  $x^4 + 1$  por el polinomio  $c(x)$ , expresado de la ecuación 1

$$c(x) = '03'x^3 + '01'x^2 + '01'x + '02' \quad (1)$$

Este polinomio es coprimo con  $x^4 + 1$ , lo permite que la función sea invertible, ésta fórmula queda expresada de forma matricial en la figura 2.

$$\begin{pmatrix} S'_{0,c} \\ S'_{1,c} \\ S'_{2,c} \\ S'_{3,c} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 02 & 03 & 01 & 01 \\ 01 & 02 & 03 & 01 \\ 01 & 01 & 02 & 03 \\ 03 & 01 & 01 & 02 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{0,c} \\ S_{1,c} \\ S_{2,c} \\ S_{3,c} \end{pmatrix}$$

Figura 2. Matriz de MixColumn (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2001)

En esta matriz “c” representa el índice de la columna que se procesa. Cuando se desarrolla la matriz cada byte nuevo de la matriz de Estado es una combinación de varios bytes de las distintas filas que forman una columna específica.

### 3.5 AddRoundKey

Esta transformación consiste en aplicar una operación OR-Exclusiva entre la matriz de Estado que proviene de la transformación anterior (MixColumn) y una subclave que se genera a partir de la clave del sistema para esa ronda. El bloque resultante es la nueva matriz de estado para la siguiente ronda, siendo en determinado caso el bloque de salida cuando se trata de la última ronda. Esta transformación se expresa en la figura 3.

$$\begin{pmatrix} S_{0,0} & S_{0,1} & S_{0,2} & S_{0,3} \\ S_{1,0} & S_{1,1} & S_{1,2} & S_{1,3} \\ S_{2,0} & S_{2,1} & S_{2,2} & S_{2,3} \\ S_{3,0} & S_{3,1} & S_{3,2} & S_{3,3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} K_0 & K_1 & K_2 & K_3 \\ K_4 & K_5 & K_6 & K_7 \\ K_8 & K_9 & K_{10} & K_{11} \\ K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{0,0} \oplus K_0 & S_{0,1} \oplus K_1 & S_{0,2} \oplus K_2 & S_{0,3} \oplus K_3 \\ S_{1,0} \oplus K_4 & S_{1,1} \oplus K_5 & S_{1,2} \oplus K_6 & S_{1,3} \oplus K_7 \\ S_{2,0} \oplus K_8 & S_{2,1} \oplus K_9 & S_{2,2} \oplus K_{10} & S_{2,3} \oplus K_{11} \\ S_{3,0} \oplus K_{12} & S_{3,1} \oplus K_{13} & S_{3,2} \oplus K_{14} & S_{3,3} \oplus K_{15} \end{pmatrix}$$

Figura 3. Ejemplo de AddRoundKey [8]

### 3.6 Expansión de Claves

AES incluye una función de Expansión de Clave, que permite derivar de la clave de cifrado subclaves para cada ronda con la finalidad de permitir la resistencia a ataques. El número de bits necesarios para generar las subclaves depende del número de rondas que se apliquen al algoritmo, determinado por la ecuación 2.

$$\text{No. De Bits Subclave} = 4 * N_k * N_b * (N_r + 1) \square 32 * 4 * (10 + 1) = 1408 \quad (2)$$

bits

Los bytes que conforman las subclaves para cada ronda se derivan de la clave principal, el ejemplo se puede describir como un arreglo lineal mostrado en la figura 4.

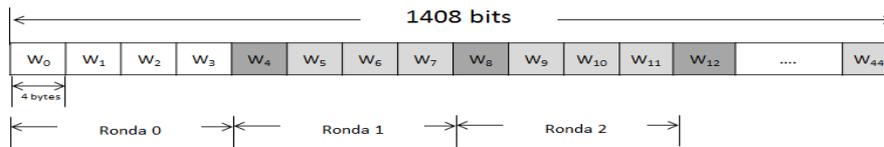


Figura 4. Expansión de Claves

El proceso de expansión de claves se realiza siguiendo el algoritmo mostrado en la figura 5.

```

Key Expansion (byte key[4*Nk], word w[Nb*(Nr+1)], Nk)
begin
  word temp
  i = 0
  while (i < Nk)
    w[i] = word(key[4*i], key[4*i+1], key[4*i+2], key[4*i+3])
    i = i + 1
  end while
  i = Nk
  while (i < Nb*(Nr+1))
    temp = w[i-1]
    if (i mod Nk = 0)
      temp = SubWord(RotWord(temp)) XOR Rcon[i/Nk]
    else if (Nk > 6 and i mod Nk = 4)
      temp = SubWord(temp)
    end if
    w[i] = w[i - Nk] XOR temp
  end while
end
  
```

Figura 5. Pseudocódigo Expansión de Claves

Una vez generadas las claves de expansión se procede a realizar la secuencia de las funciones ShiftRow, SubByte, MixColumn y AddRoundKey en el orden establecido por el estándar dando como resultado el cifrado del mensaje original. El proceso de descifrado, consiste en sustituir las transformaciones utilizadas en el cifrado por las inversas de sus operaciones: InvShiftRows, InvSubBytes e InvMixColumns e invertir el orden de aplicación de dichas transformaciones.

## 4 Resultados

El desarrollo se realizó utilizando C# de la suite Visual Studio 2013 a través del proceso en la figura 6, el proceso inicia con la entrada del texto a cifrar acomodándolo en una matriz de texto de 4 x 4 y así mismo se genera la expansión de claves a trabajar en cada estado del algoritmo, una vez realizada la expansión de llaves se realiza una transformación inicial AddRoundKey con el bloque de entrada y la clave de cifrado inicial.

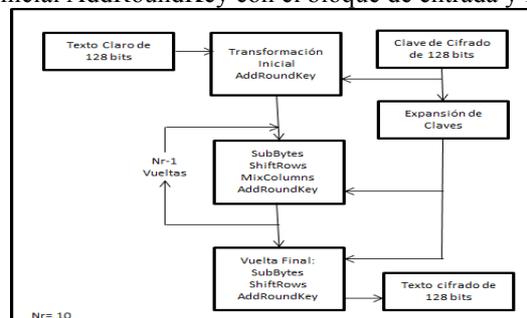


Figura 6. Esquema de cifrado AES

La función AddRoundKey realiza una operación XOR entre el bloque del mensaje y la llave inicial, en la función SubByte se realiza una transformación lineal sustituyendo el valor tratado por el correspondiente en la caja S-Box, en ShiftRows, se realizan los corrimientos correspondientes a la izquierda, en MixColumns cada columna se multiplica por el polinomio constante y por último se realiza nuevamente AddRoundKey pero en

lugar de la llave inicial se usa la subllave correspondiente a la iteración realizada; dando como resultado el cifrado del mensaje en un bloque de 128 bits. Obteniendo como resultado los datos de cada ronda representados en la figura 7.

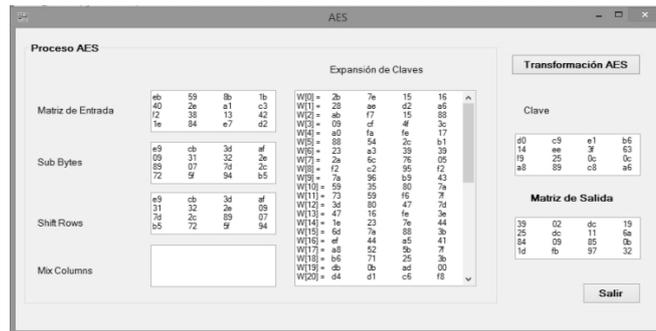


Figura 7. Proceso de cifrado AES

Realizado el proceso de cifrado, se procede a realizar el proceso de descifrado (Figura 8), observando que el resultado obtenido es idéntico a la matriz de entrada que se proporcionó.

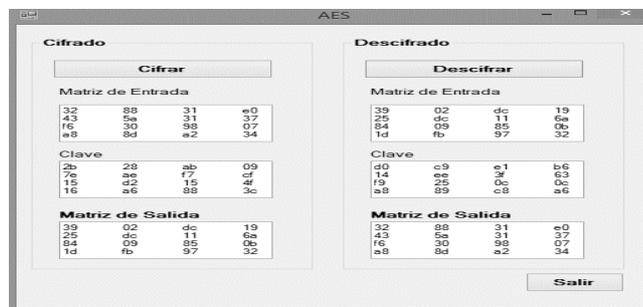


Figura 8. Proceso de cifrado y descifrado AES

Dado que el bloque a trabajar es de 128 bits, el mensaje y la llave pueden variar entre 1 y 16 caracteres, se debe considerar el llenado de las matrices a trabajar en el proceso, en caso de que no se lograra la longitud máxima, los lugares restantes serán llenados por ceros, garantizando el tamaño de una matriz de 4 x 4.

Las pruebas se realizaron sobre diferentes datos con la finalidad de comprobar el funcionamiento y la relación con los resultados del diseño (Figura 9).



Figura 9. Resultado de cifrado y descifrado AES

## 5 Conclusiones y Trabajos Futuros

La utilización de métodos formales ayuda a lograr especificaciones correctas en pocos pasos, manteniendo los requerimientos desde principio hasta el fin. La particularidad de AES se basa en la fuerza de las claves utilizadas dado que el tiempo requerido para revisar todas las llaves posibles para una longitud de 128

bits es de  $5 \times 10^{21}$  años, no importando que la metodología utilizada sea conocida, ya que si no se usa la clave correcta, el descifrado no tendrá éxito. Las aplicaciones que incluyen cifrado AES son seguras, el proceso es rápido y compacto sin embargo el problema radica en que tanto emisor como receptor utilizan la misma clave y en el momento de ser comunicada se corre el riesgo de ser interceptada, por lo que se requiere de una administración compleja de claves. Otro factor vulnerable en el humano, considerado como el eslabón más débil dentro de un esquema de seguridad y se debe en gran medida a la falta de capacitación en el uso de tecnología y cultura de seguridad

La aplicación desarrollada satisface los requerimientos más importantes de la seguridad sin embargo surge la consideración de trabajos que se pueden llevar a cabo y robustecer la seguridad al implementar: AES con manejo de bloques de 256 bits, permutación variable, cambiar el complemento de llenado de las matrices a trabajar y sustituir los ceros con otros valores manejando números trascendentes o bien los valores de la caja S-Box, implementar el cifrado asimétrico para el intercambio de claves y acelerar el cómputo a través de procesamiento paralelo mecanismos que pueden ser implementados en los sistemas a fin de lograr comunicaciones seguras a través de la criptografía basada en estándares probados.

## Referencias

- [1] Open Web Application Security Project, «Open Web Application Security Project,» Powered By MeiaWiki, 2017 Enero 23. [En línea]. Available: [https://www.owasp.org/index.php/Threat\\_Risk\\_Modeling#Identify\\_Security\\_Objectives](https://www.owasp.org/index.php/Threat_Risk_Modeling#Identify_Security_Objectives). [Último acceso: 23 06 2017].
- [2] Security Standards Council (PCI), «Norma de seguridad de datos(DSS) de la industria de tarjetas de pago (PCI) y normas de seguridad de datos para las aplicaciones de pago (PA-DSS),» Enero 2014. [En línea]. Available: [https://es.pcisecuritystandards.org/\\_onelink\\_/pcisecurity/en2es/minisite/en/docs/PCI\\_DSS\\_v3\\_Glossary\\_ES-LA.pdf](https://es.pcisecuritystandards.org/_onelink_/pcisecurity/en2es/minisite/en/docs/PCI_DSS_v3_Glossary_ES-LA.pdf). [Último acceso: 20 Junio 2017].
- [3] Symantec, «Protect the Entire Online User Experience with Always On SSL,» Symantec Enterprise, 28 Febrero 2011. [En línea]. Available: <http://www.symantec.com/page.jsp?id=always-on-ssl#>. [Último acceso: 26 Febrero 2016].
- [4] S. Lu y S. A. Smolka, «Model checking the secure electronic transaction (SET) protocol,» de In Mdelling, Analisis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems, 1999.
- [5] S. T. Kent, Internet Privacy Enhanced Mail, New York, USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1998, pp. 295-318.
- [6] EcuRed, «EcuRed Conocimiento con todos y para todos,» Junio 2006. [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/Cifrado>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [7] E. Barker y Q. Dang, «NIST Special Publications 800-57 Part 1,2 y3,» National Institute of Standards and Technology (NIST), January 2015. [En línea]. Available: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-57Pt3r1.pdf>. [Último acceso: 20 Marzo 2015].
- [8] National Institute of Standards and Technology (NIST), «Advanced Encryption Standard (AES) FIPS PUB-197,» 26 Noviembre 2001. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.6028/NIST.FIPS.197> . [Último acceso: 28 Junio 2017].

# Implementación de un Algoritmo para la Colorización de Video a Partir de una Imagen Muestra

## Implementation of an Algorithm for the Colorization of Video from a Sample Image

Canché Chan, Y.A.<sup>1</sup>, Capetillo Loeza, A.<sup>1</sup>, Sandoval Ramírez, N.A.<sup>1</sup>,  
Moreno Sabido, M.R.<sup>2</sup>, Hernández López, F.J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Mérida  
Av. Tecnológico Km 4.5, s/n, AP 911, 97118 Mérida, Yucatán. México

<sup>2</sup> Depto. de Ciencias de la Computación, Centro de Investigación en Matemáticas A.C.  
PCTY, Sierra Papacal 97302 Mérida, Yucatán. México

<sup>1</sup>yamili1693@gmail.com, april.mraz94@gmail.com, alesan\_090@hotmail.com,  
mario@itmerida.mx, <sup>2</sup>fcoj23@cimat.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** En este artículo se propone la utilización de la técnica de colorización de video en escala de grises mediante la adaptación del algoritmo de colorización de imágenes. La colorización es una técnica fotográfica que se basa en transferir colores a una imagen en escala de grises, sepia o monocromática; en este trabajo se propone colorizar un video tomando el color de una imagen muestra, donde se comparan las luminancias de la imagen muestra con el video. La principal contribución de este trabajo consiste en la implementación del algoritmo para colorizar un video a partir de una imagen muestra, ya que anteriormente a esta investigación, esta técnica sólo funcionaba para imágenes. Los resultados de las pruebas muestran una colorización homogénea frame a frame, por secciones de video.

**Palabras Clave:** Colorización, Procesamiento de Imágenes, Procesamiento de Video.

**Summary.** This article proposes the use of the video colorization technique in grayscale by adapting the image coloring algorithm. Colorization is a photographic technique that is based on transferring colors to an image in grayscale, sepia or monochrome; in this paper is proposed coloring a video taking the color of a sample image, where the luminance of the image is compared with the video. The main contribution of this work is the implementation of the algorithm to coloring a video from a sample image, since prior to this research, this technique only worked for images. The results of the tests show a homogeneous colorization frame to frame, by sections of video.

**Keywords:** Colorization, Image Processing, Video Processing.

## 1 Introducción

La colorización es una técnica fotográfica que se basa en transferir colores a una imagen en escala de grises, sepia o monocromáticos [1].

Se le llama colorización al proceso asistido de añadir color a una imagen monocromática o una película por medio de un ordenador. El proceso implica la segmentación de imágenes en ciertas regiones y el seguimiento de estas a través de secuencias.

Inicialmente, la técnica de colorización inicia con la separación de la imagen o las secuencias de imágenes en regiones en las cuales se asume que se tiene el mismo color. A pesar de todas las desventajas que se pueda tener, en los últimos años se han desarrollado varios y diferentes tipos de algoritmos para la solución de este problema.

Los algoritmos que en la actualidad existen aún no están diseñados para colorear varios cuadros que tengan las mismas probabilidades o intensidades; debido a esto, el colorear un video se hace aún más complicado, ya que un video contiene más de 100 cuadros diferentes que no varían en casi nada, haciendo que el trabajo se vuelva tedioso y extenso al momento de colorizar cada cuadro, y dificultando seguir la secuencia del video.

Debido a la falta de software para la colorización de video, este trabajo de investigación será de gran utilidad, ya que se pretende implementar un algoritmo usando métodos y técnicas tanto sencillas como eficientes, para obtener una colorización coherente a través de toda la secuencia de video, y así poder disminuir los costos de manufactura y económicos que se tienen en la actualidad, debido a que se agilizará el procedimiento de colorizar un video.

## 2 Estado del arte

En esta sección se presenta el algoritmo para colorizar una imagen, que es la técnica que se implementó en la colorización de video que se describe en este artículo.

### 2.1 Transferencia de color a imágenes en escala de grises

El algoritmo busca minimizar la intervención humana y elige los colores de una paleta RGB para colorear la imagen. Compara la iluminación y la textura entre las imágenes y podrá aplicarse a varias imágenes/videos

mientras que la textura e iluminación se puedan distinguir.

Entre las tareas que deberá realizar, está el asignar valores a los píxeles en los canales RGB, ya que diferentes colores pueden tener el mismo valor, pero podrán variar en matiz o saturación. El método comparará la distribución de las 3 dimensiones de color entre las imágenes, y luego transformará la distribución de color en la imagen final para compararla con la distribución en la imagen original.

Se deberá tener en cuenta que un sólo valor de iluminación puede representar partes completamente diferentes de la imagen, y una vez que el píxel se compare, la información será transferida sin modificar el valor original.

En el caso de los videos, el procedimiento es similar, consta de la aplicación del algoritmo sobre un solo cuadro de la secuencia, y después se comparará cada frame con el primero, siempre y cuando los objetos en la imagen no cambien demasiado.

La imagen deberá convertirse al espacio de color  $\alpha\beta$  donde se realizará un muestreo para elegir el píxel base; se realiza el recorrido para cada píxel en la imagen en escala de grises en un orden lineal para seleccionar la mejor muestra que se asemeje, y así los valores de  $\alpha\beta$  puedan ser transferidos a la imagen final.

El espacio de color  $\alpha\beta$  provee 3 canales no correlativos que corresponden a uno acromático que será el canal de iluminación, y 2 canales cromáticos  $\alpha\beta$  [2].

### 3 Metodología usada

En esta sección se presenta una descripción general del algoritmo, así como el proceso de implementación del mismo; la herramienta que se utilizó para el desarrollo fue la plataforma Matlab.

Se analizó el algoritmo y se llegó a la determinación de realizar 4 pasos para obtener la imagen resultante, los cuales se presentan a continuación:

#### 3.1 Cambio de espacio de color

En primera instancia se eligieron aleatoriamente las imágenes para realizar la prueba; en este primer intento se utilizó la misma imagen a color la cual se llamó "Im", convirtiéndola a escala de grises con la función "rgb2gray"; a esta imagen se le nombró "It".

El primer paso del algoritmo fue convertir las imágenes "Im" e "It" al espacio de color " $\alpha\beta$ ", mediante la función "rgb2ycbcr" llamando a las imágenes "Im\_lab", "It\_lab" respectivamente, mostrándolas en pantalla mediante la función "figure" para crear la ventana, y la función "imagesc (nombre\_de\_la\_imagen)" para mostrarla.

#### 3.2 Jittered sampling

El segundo paso se realizó a través del método "jittered sampling"; este método trata de una selección de "números", en este caso píxeles de forma aleatoria; se tomó una muestra aleatoria de 200 píxeles de la imagen muestra denominada "Im".

La muestra aleatoria se seleccionó mediante un ciclo for que a continuación se presenta en el fragmento de código:

**Algoritmo 1.** Obtención de 200 muestras aleatorias por el método Jittered Sampling.

```
%Número de píxeles sub-muestra
M=200;

%Para guardar las posiciones de los píxeles muestra elegidos de forma
%aleatoria
D=zeros(M,2);
for i=1:M
    D(i,1)=uint16(rand*(imageW-1)+1);
    D(i,2)=uint16(rand*(imageH-1)+1);
end
```

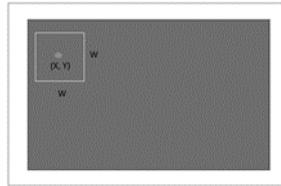
Para obtener el tamaño de las imágenes se utilizó la función "[imageH, imageW]=size(It);" siendo imagenH el número de filas que hay en la imagen, y imageW el número de columnas. En la variable "M" se guardó el número de píxeles que se requieren para obtener la muestra. En la matriz "D" se guardaron las coordenadas de los píxeles que se eligieron al azar. El ciclo for va de 1 a M, siendo M la cantidad de píxeles que se necesitaron; en la primera posición de la matriz se guardaron las coordenadas de las columnas, y en la segunda posición se guardaron las coordenadas de las filas.

A partir de que se obtuvieron los pixeles aleatorios se sacó el promedio y la varianza de cada pixel, mediante la fórmula:

$$S(i) = [\mu_s(i), \sigma_s^2(i)], \quad (1)$$

Siendo “S” una matriz de 2 x 200 donde se guardarán los promedios y las varianzas. Para sacar el promedio y la varianza de cada pixel se creó una ventana de “W x W”; en los experimentos que se realizaron el tamaño de “W” fue de “3, 5, 7, 9, 21”.

En la Figura 1 se representa la forma en la que se genera la ventana alrededor del pixel el cuál se va a testear.



**Figura 4.** Representación de la creación de la ventana para testear el pixel.

La fórmula con la cual se buscó el promedio es la siguiente:

$$\mu_s(i) = \frac{1}{W * W} \sum_{k1=-\frac{W}{2}}^{\frac{W}{2}} \sum_{k2=-\frac{W}{2}}^{\frac{W}{2}} [l_m(x - k1, y - k2)]. \quad (2)$$

La fórmula con la cual se buscó la varianza es la siguiente:

$$\sigma_s(i) = \frac{1}{W * W} \sum_{k1=-\frac{W}{2}}^{\frac{W}{2}} \sum_{k2=-\frac{W}{2}}^{\frac{W}{2}} [l_m(x - k1, y - k2) - \mu_s(i)]^2. \quad (3)$$

### 3.3 Comparación de varianzas y promedios

En el tercer paso del algoritmo, se recorrió cada pixel de la imagen “It\_lab” y se sacó el promedio y la varianza; una vez que se obtuvieron se hizo un “matching” (el valor que más se asemeje) con los promedios y varianzas de los pixeles aleatorios de la imagen muestra “Im\_lab”, y se seleccionó el que tenga menor distancia entre cada promedio y varianza.

Se realizó una estrategia para ayudar a identificar el mejor “matching”, la cual fue llevada a cabo mediante la siguiente fórmula:

$$error(i) = [\mu_t(x, y) - \mu_s(i)]^2 + [\sigma_t^2(x, y) - \sigma_s^2(x, y)]^2, \quad (4)$$

Donde la  $\mu_t$  y la  $\sigma_t$  se compararon con los 200 promedios y varianzas, y se seleccionó el que tenga menor distancia entre promedios y varianzas; una vez que se obtuvieron los pixeles que más se asemejen, se tomaron las coordenadas de dicho pixel, y se tomó la crominancia de éste y se le asignó al pixel que se testeó.

### 3.4 Transferencia de crominancias

En el cuarto paso se transfirió la crominancia de la imagen muestra “Im” a la imagen que se quiere colorear “It”, y se creó una nueva imagen llamada “It\_final”; después de que se terminaron de recorrer todos los pixeles se convirtió la imagen a una imagen RGB “It\_final” mediante la función “ycbcr2rgb” llamando a la imagen “It\_resultante”.

Se realizó una estrategia que se encuentra en el trabajo Welsh et. Al [2] Transferring Color Grey Scale Images, el cual hace mención del trabajo de Hertzmann et al [3] en donde se hace un re-mapeo de las luminancias de las imágenes.

Dicha estrategia se presenta en la función “LuminanceRemapping”, la cual permite sacar el promedio de luminancia de toda la imagen para lograr que la luminancia quede uniforme en toda la imagen.

Se sacó la varianza y el promedio global de las imágenes respectivamente para poder usar la función “var” y “mean” predefinida en Matlab. Se convirtió la matriz de la imagen en un vector con la función “NuevoVector = matriz (:);” después de calcular la varianza y promedio de cada imagen, se realizó el re-mapeo.

Como segunda instancia se probó el algoritmo para colorear un video en escala de grises, tomando una única imagen muestra para un video.

El proceso que se realizó con una sola imagen, se utilizó para cada frame del video; como primer paso se contaron los frames que contiene el video con la función “nframes=get (VideoMuestra, 'numberOfFrames');” la cual es una función propia de Matlab; después de conocer el número de frames se creó un ciclo for que va de 1 a n frames (cantidad de frames en el video); dentro de este ciclo se encuentra los cuatro pasos vistos anteriormente en esta sección; antes del ciclo se creó el video final con la función “videoFinal=VideoWriter('videofinal.avi','Motion JPEG AVI'); open(videoFinal);”; dicha función crea un video final en donde se van guardando los frames ya coloreados; se separa cada frame con la función “Iframe=read (VideoMuestra, F);” donde F es el contador del ciclo for para al momento de crear el video final tenga la misma secuencia que el video original.

Después de obtener la imagen resultante, se guarda en el video final con la función “writeVideo (videoFinal, Img\_resultante);”; cuando el ciclo for termine, se cierra el video para que se guarde, y se reproduce el video.

## 4 Resultados experimentales

La primera prueba fue donde la imagen muestra y la imagen “It” fueron las mismas. En la Figura 2 se muestra el correcto coloreado de la imagen final, quedando del mismo color que la imagen muestra.

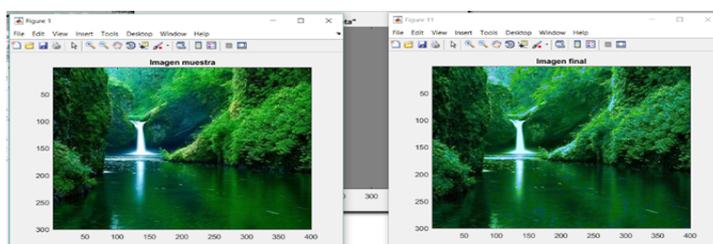


Figura 5. Resultados transferencia de color.

Para la colorización de video se implementaron conocimientos obtenidos en el artículo “Transferring Color Grey Scale”; al igual que con las imágenes se ingresó primero una imagen muestra a colores, y después el video que se requiera colorizar. El resultado de estas pruebas se puede ver en la Figura 3 donde se muestra la imagen que se utilizó de muestra para colorear el vídeo; en la Figura 4 se muestran algunos de los 83 frames que contiene el video, observando una colorización con movimiento; como se puede observar, a partir del frame 13 se torna en colores azules, esto debido a que las intensidades se asemejan más a las intensidades del color azul de la imagen muestra, por lo que se torna de ese tono.



Figura 6. Imagen muestra (Prueba 1).



**Figura 7.** Frames del video colorizado con transferencia de color (Prueba 1).

Otros de los resultados que se obtuvieron en las pruebas realizadas se ilustran en las Figuras 5 y 6, en donde la Figura 5 es la imagen muestra, y la Figura 6 son algunos de los 80 frames que contiene el video; como se puede observar, se realizó una colorización con movimiento, donde los frames se empiezan a tornar en tonos rojos; los primeros frames se tornan de un rojo pálido, y conforme avanza la secuencia del video las intensidades van cambiando tornándose de un rojo más fuerte.



**Figura 8.** Imagen muestra (Prueba 2).



**Figura 9.** Frames del video colorizado con transferencia de color (Prueba 2).

Se realizó una tercera prueba dejando como resultados los señalados en las Figuras 7 y 8, donde en la Figura 7 se presenta la imagen muestra con la que se coloreó el video, y en la Figura 8 se muestran algunos de los 179 frames que contiene el video, en donde se puede apreciar la colorización en movimiento la cual se torna de tonos azules, verdes y rosas por las diferentes luminancias que contiene el video.



**Figura 10.** Imagen muestra (Prueba 3).

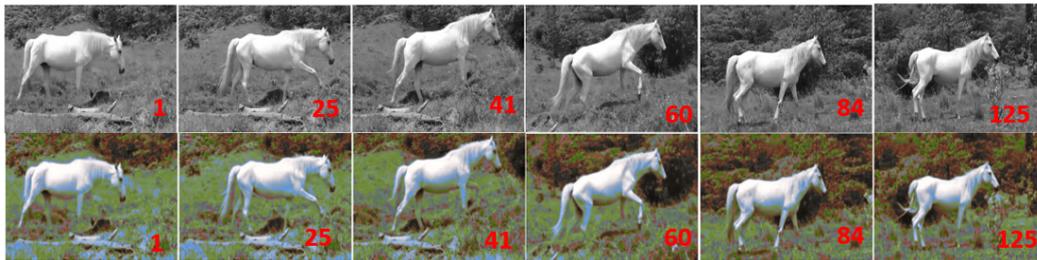


Figura 11. Frames del video colorizado con transferencia de color (Prueba 3).

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

Como se investigó anteriormente, se sabe que la colorización de vídeo es costosa y complicada, ya que, a diferencia de la colorización de imágenes, se sigue una secuencia de frames donde puede haber una deformación del objeto que se está coloreando lo que necesita de la intervención humana, haciendo más costoso el trabajo hombre; en este artículo se propone una técnica que disminuye el trabajo-hombre.

Tras haber realizado y analizado el método de colorización, se obtuvieron los resultados esperados en cuanto a los objetivos propuestos al iniciar el proyecto, los cuales se basaban principalmente en hacer una colorización siguiendo la secuencia de un vídeo; se observó una colorización en un 90% de satisfacción, ya que hay homogeneidad frame a frame por secciones del vídeo. Durante las pruebas, se notó que las imágenes muestra deben tener una intensidad parecida a la del vídeo, ya que es con las luminancias que se realiza la colorización.

Como trabajo futuro se puede realizar el método de “Swatches” propuesto en el artículo “Transferring color grey scale” [2], el cual se basa en seleccionar regiones de la imagen muestra; estas regiones seleccionadas pasarían el color a las secciones seleccionadas de la imagen en escala de grises.

## Agradecimientos.

Se agradece al Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) y Centro de Investigación en Matemáticas A.C. Unidad Mérida (CIMAT A.C. Unidad Mérida) por el valioso apoyo brindado para la realización de este proyecto.

## Referencias

- 1 Dalmau, O.; Rivera, M.; Mayorga, P: "Computing the a-Channel with probabilistic Segmentation for Image Colorization" *Computer Vision Workshops (ICCVW) 2013 IEEE International Conference on*, pp. 860-867, 2013. (2007).
- 2 Welsh, T.; Ashikhmin, M.; Mueller, K. “Transferring color to greyscale images” *Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pp. 277-280 (2002).
- 3 Hertzmann, A., Jacobs, C., Oliver, N., Curless, B., Salesin, D., *Image Analogies*, In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002*, 341-346, (2001)

# POLÍTICA EDITORIAL

## CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720, Tel. 01 (55) 5615-7489, <http://www.conaic.net/publicaciones.html>, [editorial@conaic.net](mailto:editorial@conaic.net). Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participen investigadores y académicos latinoamericanos. Enfatiza la publicación de artículos de investigaciones inéditas y arbitrados, así como el de reportes de proyectos en el área del conocimiento de la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción parcial de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

## ÁREAS TEMÁTICAS

Las áreas temáticas que incluyen la revista son:

1. Evaluación asistida por computadora
2. Portales de e-learning y entornos virtuales de aprendizaje
3. E-learning para apoyar a las comunidades e individuos
4. Sitios de transacciones de e-learning
5. Tópicos de enseñanza de la computación
6. E-universidades y otros sistemas de TIC habilitando el aprendizaje y la enseñanza
7. Sistemas de gestión para contenidos de aprendizaje
8. Procesos de acreditación para programas de tecnologías de información
9. Estándares de META datos
10. Nuevas asociaciones para ofrecer e-learning
11. Temas especializados en e-learning
12. Mejora continua en la calidad de programas de tecnologías de información
13. La brecha digital
14. Otras áreas relacionadas

## NATURALEZA DE LAS APORTACIONES

Se aceptarán trabajos bajo las siguientes modalidades:

- a. Artículos producto de investigaciones inéditas y de alto nivel.
- b. Reportes de proyectos relacionados con las temáticas de la revista.

## CARACTERÍSTICAS DE LA REVISIÓN

Los originales serán sometidos al siguiente proceso editorial:

a) El equipo editorial revisará los trabajos para que cumplan con los criterios formales y temáticos de la revista. Aquellos escritos que no se adecúen a la temática de la revista y/o a las normas para autores no serán enviados a los evaluadores externos. En estos casos se notificará a los autores para que adapten su presentación a estos requisitos.

b) Una vez establecido que los artículos cumplen con los requisitos temáticos y formales, serán enviados a dos (2) pares académicos externos de destacada trayectoria en el área temática de la revista, quienes dictaminarán:

- i. Publicar el artículo tal y como se presenta,
- ii. Publicar el artículo siempre y cuando realicen las modificaciones sugeridas, y

iii. Rechazar el artículo.

En caso de discrepancia entre los dictámenes, se pedirá la opinión de un tercer par cuya decisión definirá el resultado. Así mismo, cuando se soliciten modificaciones, el autor tendrá un plazo determinado por el equipo editorial para realizarlas, quedando las mismas sujetas a revisión por parte de los pares que así las solicitaron.

c) El tiempo aproximado de evaluación de los artículos es de 30 días, a contar a partir de la fecha de confirmación de la recepción del mismo. Una vez finalizado el proceso de evaluación, el equipo editorial de la revista comunicará por correo electrónico la aceptación o no de los trabajos a los autores y le comunicará la fecha de publicación tentativa cuando corresponda.

d) Los resultados del proceso del dictamen académico serán inapelables en todos los casos.

## FRECUENCIA DE PUBLICACIÓN

Tecnología Educativa Revista CONAIC publicó dos números anuales y un número especial hasta diciembre 2015, a partir de 2016 se emitirán tres números anuales, manteniendo una periodicidad cuatrimestral.

## ACCESO ABIERTO

Tecnología Educativa Revista CONAIC se adhirió a la licencia de Creative Commons por lo que se considera una revista de acceso abierto.

## INDEXACIÓN

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal - LATINDEX