

ISSN 2531-2952

Volumen 1, Número 2 — Abril — Junio - 2017

# Revista de Cómputo Aplicado

ECORFAN®



**ECORFAN-Spain**

## **Indización**

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

## **ECORFAN-Spain**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

#### **Director Regional**

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

#### **Director de la Revista**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

#### **Edición de Logística**

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

#### **Diseñador de Edición**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

Revista de Cómputo Aplicado, Volumen 1, Número 2, de Abril a Junio - 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralzarzal -Madrid. WEB: [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD. ISSN-2531-2952. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

## **Consejo Editorial**

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD  
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD  
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD  
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD  
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD  
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD  
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD  
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD  
Universidad de Guayaquil, Ecuador

## **Consejo Arbitral**

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Cómputo Aplicado

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

El artículo *Revisión de técnicas de pre-procesamiento de textos para la clasificación automática de tweets en español* por GARCÍA-AMARO, Jesús Fidencio, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, José Lázaro, GARCÍA-AMARO, Ernesto y REYNA-ÁNGELES, Omar con adscripción en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, como siguiente artículo está *Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada en dispositivos móviles como apoyo a la promoción de la Universidad Politécnica de Zacatecas* por VEYNA-LAMAS, Manuel, VELA-DÁVILA, José Alberto, VELÁZQUEZ-MACÍAS, Jesús y TORRES-GARCÍA, Cecilia con adscripción en la Universidad Politécnica de Zacatecas y el Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo, como siguiente artículo *Solución a la cinemática directa de robot paralelo empleando sensor de 9 grados de libertad* por ARROYO-DÍAZ, Salvador Antonio, OSORIO-PÉREZ, Eduardo, SÁNCHEZ-PÉREZ, Daniel y LUNA-HERNÁNDEZ, Irene con adscripción en la Universidad Politécnica de Puebla, como siguiente artículo está *Simulación electrónica de una máquina dispensadora de alimentos saludables para una aplicación inteligente* por RODRÍGUEZ-LOZANO, Karla Verónica y MENDOZA-RUELAS, Antonio, como siguiente artículo está *Evaluación de algoritmos bajo métricas definidas, para la identificación de la figura humana a través de patrones implementados en los lenguajes de programación python y c* por BENÍTEZ-QUECHA, Claribel LONSO-HERNÁNDEZ, Luis, ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol y ACEVEDO-MALDONADO, Josué con adscripción en el Instituto Tecnológico de Oaxaca , como siguiente artículo está *Elaboración de videotutoriales con windows movie maker para el aprendizaje de la matemática* por FELICIANO-MORALES, Angelino y CUEVAS-VALENCIA, René Edmundo con adscripción en la Universidad Autónoma de Guerrero, como siguiente artículo está *Un estudio de la aceptación de sistemas de información geográfica: Una perspectiva de jóvenes universitarios* por CASTILLO, Víctor H., EVANGELISTA-SALAZAR, Martha E., RIVERA-GARCÍA, José y OCHOA-URIBE, Juan

## Contenido

Artículo	Página
<b>Revisión de técnicas de pre-procesamiento de textos para la clasificación automática de tweets en español</b> GARCÍA-AMARO, Jesús Fidencio, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, José Lázaro, GARCÍA-AMARO, Ernesto y REYNA-ÁNGELES, Omar	1-11
<b>Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada en dispositivos móviles como apoyo a la promoción de la Universidad Politécnica de Zacatecas</b> VEYNA-LAMAS, Manuel, VELA-DÁVILA, José Alberto, VELÁZQUEZ-MACÍAS, Jesús y TORRES-GARCÍA, Cecilia	12-22
<b>Solución a la cinemática directa de robot paralelo empleando sensor de 9 grados de libertad</b> ARROYO-DÍAZ, Salvador Antonio, OSORIO-PÉREZ, Eduardo, SÁNCHEZ-PÉREZ, Daniel y LUNA-HERNÁNDEZ, Irene	23-31
<b>Simulación electrónica de una máquina dispensadora de alimentos saludables para una aplicación inteligente</b> RODRÍGUEZ-LOZANO, Karla Verónica y MENDOZA-RUELAS, Antonio	32-41
<b>Evaluación de algoritmos bajo métricas definidas, para la identificación de la figura humana a través de patrones implementados en los lenguajes de programación python y c</b> BENÍTEZ-QUECHA, Claribel, ALONSO-HERNÁNDEZ, Luis, ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol y ACEVEDO-MALDONADO, Josué	42-52
<b>Elaboración de videotutoriales con windows movie maker para el aprendizaje de la matemática</b> FELICIANO-MORALES, Angelino y CUEVAS-VALENCIA, René Edmundo	53-62
<b>Un estudio de la aceptación de sistemas de información geográfica: Una perspectiva de jóvenes universitarios</b> CASTILLO, Víctor H., EVANGELISTA-SALAZAR, Martha E., RIVERA-GARCÍA, José y OCHOA-URIBE, Juan	63-69

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Revisión de técnicas de pre-procesamiento de textos para la clasificación automática de tweets en español

GARCÍA-AMARO, Jesús Fidencio\*†, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, José Lázaro, GARCÍA-AMARO, Ernesto y REYNA-ÁNGELES, Omar

*Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Tamaulipas*

Recibido Abril 6, 2017; Aceptado Junio 20, 2017

### Resumen

En los últimos años las redes sociales han jugado un papel muy importante en la comunicación. Twitter ha sido una compañía sobresaliente en este medio, gracias a la implementación del concepto de *microblogging*, que consiste en publicaciones de textos cortos con una longitud máxima de 140 caracteres. Existe una extensa cantidad de *tweets* públicos que circulan en la red social que no están categorizados en un tópico específico, limitando la explotación de dicha información, por ejemplo, una clasificación orientada con un objetivo específico nos podría ayudar a medir el grado de aceptación de un producto, servicio, líder político, etc. La clasificación automática de textos se refiere a la actividad de etiquetar textos de lenguaje natural en categorías específicas, mediante el uso de sistemas computacionales. Este proceso de clasificación consta de tres etapas: pre-procesamiento de los documentos, la construcción del clasificador y categorización de nuevos documentos. El presente trabajo se enfoca en el estudio, descripción e implementación de las técnicas utilizadas en la etapa de pre-procesamiento de datos aplicables a *tweets* en español, algunas técnicas que se estudiarán son: el uso de stemming, stopwords, tokenización, aplicación de diccionarios SMS, entre otras.

**Clasificación automática, pre-procesamiento de textos cortos, tweets en español, redes sociales, microblogging**

### Abstract

In recent years, social networks have played a very important role in communication. Twitter has been an outstanding company in this medium, thanks to the implementation of the concept of *microblogging*, which consists of publications of short texts with a maximum length of 140 characters. There is an extensive amount of public tweets that circulate in the social network not categorized in a specific topic, limiting the exploitation of such information, for example, a classification oriented with a specific objective could help us to measure the degree of acceptance of a product, service, political leader, etc. The automatic classification of texts refers to the activity of labelling natural language texts into specific categories, through the use of computer systems. This classification process consists of three stages: pre-processing of the documents, construction of the classifier and categorization of new documents. The present work focuses on the study, description and implementation of techniques used in the pre-processing stage of data applicable to Spanish tweets, some techniques to be studied are: the use of stemming, stopwords, tokenization, dictionary application SMS, among others.

**Automatic classification, pre-processing short texts, tweets in Spanish, social networks, microblogging**

**Citación:** GARCÍA-AMARO, Jesús Fidencio, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, José Lázaro, GARCÍA-AMARO, Ernesto y REYNA-ÁNGELES, Omar. Revisión de técnicas de pre-procesamiento de textos para la clasificación automática de tweets en español. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-2: 1-11

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jfgarcia@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

En los últimos años, el uso de las redes sociales se ha extendido a pasos agigantados, no solo en cantidad de usuarios, sino también en la diversidad que existe entre ellos. Los mecanismos que ofrecen estos sitios, maximizan la comunicación y la interacción entre los usuarios, generando gran tráfico de información. El uso de las plataformas como Facebook y Twitter (por mencionar dos de las más relevantes en la actualidad) han hecho que este término sea más común y familiar para todos.

Twitter ha jugado un papel muy importante en la coordinación e intercambio de información, siendo el cauce perfecto, donde las personas pueden estar informadas sobre temas relevantes de seguridad, salud, acontecimientos climáticos, incluso sobre víctimas de desastres naturales; como lo son huracanes e incendios forestales. Tal es el grado del impacto que algunos consideran que Twitter contribuyó a aumentar la conciencia mundial sobre los ataques terroristas en la India en 2008 y la agitación política en Irán en el verano de 2009 (Barash & Golder, 2011).

Aunque Twitter ofrece mecanismos para encontrar *tweets* específicos entre sus publicaciones, éstas no suelen tener el alcance deseado para un grupo minoritario de usuarios. Veamos entonces, el caso de los *trending topics*, que ayudan a los usuarios a encontrar temas relacionados; la desventaja de esta funcionalidad es que no se analiza publicación por publicación para descartar aquellas que no estén relacionadas con el tema, sino que muestra únicamente aquellas donde se encuentren coincidencias con las palabras clave deseada.

La clasificación automática de *tweets* ayuda a filtrar publicaciones que estén relacionadas a un dominio específico por medio del contexto del cual trata las mismas, y no sólo por coincidencia de las palabras clave.

Se pueden encontrar múltiples aplicaciones para el mismo, por ejemplo, determinar el grado de aceptación de un nuevo producto, el análisis de sentimientos o emociones de las publicaciones, la optimización de resultados en las búsquedas, etc. (Fernández, Núñez, Morere, & Santos, 2013)

El presente documento describe las técnicas utilizadas en la primera etapa de la arquitectura para la clasificación de textos, el pre-procesamiento de los documentos. Mediante el estado del arte, se analizaron las técnicas de limpieza y normalización de textos que se aplican a *tweets* en español.

El contenido de este artículo, consta de seis secciones, las cuales están organizadas de la siguiente manera: en la primera sección se describe la introducción, donde se da una visión general del trabajo realizado; en la sección dos se conceptualiza la clasificación automática de documentos, incluyendo las etapas de esta; en la sección tres se propone la metodología en la que se basa esta investigación, contemplando tres módulos; en la cuarta sección se mencionan las técnicas de pre-procesamiento de textos aplicados a los tweets en español; en la sección cinco se despliegan los resultados obtenidos tras la implementación de pruebas realizadas; finalmente, en la sexta sección se exponen las conclusiones, así como el trabajo futuro que se puede realizar para ampliar o mejorar esta investigación.

## Clasificación automática de documentos

La clasificación o categorización automática de documentos es una aplicación de la minería de textos, que tiene como finalidad la etiquetación de textos en lenguaje natural en categorías temáticas previamente definidas (Abelleira & Carolina A., 2010).

Este proceso es posible, mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje automático, construidas mediante aprendizaje inductivo de las características y atributos de los documentos previamente clasificados en un conjunto de documentos de entrenamiento (Montes, 2001).

El aprendizaje automático se puede definir como la disciplina que estudia la construcción de sistemas computacionales que mejoren automáticamente con la ayuda de valoración de experiencias.

La clasificación automática de textos ofrece una arquitectura de tres etapas: pre-procesamiento de los documentos, construcción del clasificador y clasificación de nuevos documentos (Abelleira & Carolina A., 2010).

El presente documento tiene como objetivo el estudio, análisis y aplicación de las técnicas existentes en la primera etapa de la arquitectura, el pre-procesamiento de los documentos.

## Metodología

Como se mencionó en la sección anterior, el proceso de clasificación de textos involucra tres etapas. Sin embargo, aunque Abelleira y Carolina no consideran al conjunto de documentos de entrenamiento como etapa de la clasificación automática (2010); en este documento se anexó como parte de la metodología, ya que estos documentos forman parte esencial para la realización de las pruebas al aplicar cada una de las técnicas. A continuación, se da una reseña de cada una de ellas. La Figura 1, muestra de manera secuencial cada una de las etapas.

1) *Conjunto de documentos de entrenamiento*: En esta etapa, se tiene que recolectar un conjunto de documentos, de los cuales, se deberá realizar una previa clasificación manual.

La finalidad de este proceso, es que, en la etapa de construcción del clasificador, se utilicen como ejemplo de entrenamiento (determinado como experiencia), para la ayuda del aprendizaje automático.

2) *Pre-procesamiento de los documentos*: Esta es la etapa en la cual se enfoca el presente estudio. La finalidad es eliminar características consideradas como irrelevantes y realzar atributos que sí lo son.

3) *Construcción del clasificador*: Dado un conjunto de algoritmos de clasificación, se realizará una experimentación para determinar el algoritmo que mejor resultados otorgue con respecto a las métricas y evaluación. Previamente a esto, se deberá realizar el estado del arte, para reducir el espectro de algoritmos de prueba.

4) *Clasificación de nuevos documentos*: Es el proceso automatizado para la etiquetación de nuevos documentos en categorías previamente definidas (Abelleira & Carolina A., 2010).

Cabe mencionar que el alcance en esta investigación estudia únicamente las técnicas aplicadas en la etapa de pre-procesamiento de los documentos.



**Figura 1** Arquitectura para la clasificación de documentos. El término documento hace alusión a un tweet

Fuente: Elaboración propia

**Pre-procesamiento de Tweets**

Una vez que se ha recolectado un conjunto de publicaciones sobre un tema específico, es necesario realizar una etapa de pre-procesamiento para eliminar elementos innecesarios dentro del texto y resaltar atributos que ayuden en la siguiente etapa del entrenamiento. Este proceso no sólo considera extraer las características que tiene los textos en común, sino que también las características específicas comprendidas por el tema elegido. Existen múltiples técnicas para el pre-procesamiento de texto y cada una de ellas se debe escoger dependiendo el objetivo que se desee alcanzar. De acuerdo a la revisión de la literatura, se identificaron dos grandes ramas de técnicas de pre-procesamiento de *tweets*: limpieza y normalización de textos, contenidas en la segunda etapa de la Figura 1.

**Limpieza de textos**

Este proceso está comprendido por la eliminación de palabras, símbolos o características superfluas contenidas en un *tweet* y que no aportan beneficio para el proceso de clasificación (García, Ramírez, Villatoro, & Jiménez, 2014). En otras palabras, el propósito de la limpieza es resaltar las características o atributos de cada *tweet*, eliminando contenidos innecesarios; con la finalidad de optimizar la precisión de los algoritmos de clasificación implementados en la etapa de construcción del algoritmo clasificador. Cabe decir que conservar o no ciertos componentes del texto puede influenciar el resultado de clasificación para problemas como análisis de sentimientos o detección de eventos.

A continuación, se mencionan componentes que son considerados en el proceso de limpieza aplicado a *tweets* en español.

*A) Direcciones web*

Una de las características que se encuentran mucho en los contenidos web, son el uso de direcciones web o Localizador Uniforme de Recursos (LUR, más conocido por la sigla URL, del inglés *Uniform Resource Locator*); ya que este recurso, ayuda a los usuarios a encontrar contenidos relacionados al tema de interés.

Twitter no es la excepción con el uso de URL's, incluso utiliza una técnica nombrada *link shortener*, cuyo objetivo es acortar las direcciones web a una longitud estándar de 23 caracteres bajo el dominio de <http://t.co> (Twitter, 2017).

Generalmente las direcciones web no tienen un peso en la etapa de clasificación de *tweets*, ya que éstas están compuestas por caracteres aleatorios que son irrelevantes al tema o dominio específico seleccionado; por ende, se considera la eliminación de las mismas para enfocarse únicamente al análisis de palabras. Si fuese considerable el uso de las URL (dependiendo el objetivo deseado) se tendría que agregar como un token (Go, Bhayani, & Huang, 2009) (véase en el siguiente apartado de normalización de textos) (Delgado, 2014).

*B) Sustitución o eliminación de emoticones*

Los emoticones pueden ser un factor importante en la clasificación de *tweets* cuando se enfoca en el análisis de sentimientos (Jasso Hernández, Pinto, & Vilari, 2014). Cabe destacar que un *tweet* que contenga un emoticón de felicidad, frustración o tristeza por mencionar algunos; le dará más énfasis al mensaje que se desea transmitir. Morere, Fernández, Núñez, & Santos (2012) mencionan que los emoticones pueden ser reemplazados por palabras que describen el significado de los mismos.

Por ejemplo :-) es reemplazado por *feliz* y :-( por *triste*. Cuando este no sea el objetivo, los emoticones pueden ser eliminados.

#### B) Caracteres especiales y signos de puntuación

Al igual que los emoticones; los signos de admiración podrían ayudar a enfatizar ciertas características para el análisis de sentimientos (Martis & Alfaro, 2010) (Guevara, 2011). Si el objetivo de estudio no es este, es aconsejable eliminarlos.

#### C) Eliminación de múltiples espacios y saltos de línea

Para el ser humano los espacios de línea ayudan a identificar y diferenciar cada palabra, los signos de puntuación a enlazar o entender ideas, los saltos de línea a identificar donde inicia o termina un párrafo; pero para las máquinas, éstos no aportan gran valor. Por esto, se procede con la eliminación los signos de puntuación, espacios duplicados y el reemplazo de saltos de línea por espacios sencillos (Guevara, 2011).

#### D) Eliminación de palabras repetidas

En ocasiones las personas agregan letras demás en las palabras o múltiples palabras repetidas seguidas para enfatizar sentimientos dentro de los textos, tales como ira, felicidad, éxtasis, etc. (Go, Bhayani, & Huang, 2009). Generalmente éstos tienen gran peso en el análisis de sentimientos de los usuarios, si no se persigue este objetivo, deberán ser eliminados.

#### E) Eliminación de acentos

Una de las características esenciales del lenguaje en español, es el uso de acentos o tildes; que ayudan a la pronunciación correcta de las palabras o distinguir el significado que tiene una de otra.

Cuando se habla de redes sociales, pocas personas tienen el buen hábito de preocuparse por la correcta escritura o bien utilizan lenguaje coloquial para optimizar su escritura, y tienden a omitir los acentos o incluso a agregarlos de manera incorrecta entre las palabras.

Un punto que se debe considerar es que una máquina hace diferencia entre una palabra con o sin acento, esto puede provocar que exista un ligero margen de error en la etapa de clasificación. Por esto se debe de considerar la eliminación de los acentos en las palabras, mediante el remplazo de la letra con acento por otra que no la tenga.

Asimismo, el lenguaje en español contiene la letra Ñ y Ü, que son considerados como caracteres especiales, de los cuales se recomienda reemplazarlo por las letras N y U respectivamente, para evitar problemas de codificación de caracteres.

#### Normalización de textos

La normalización está basada en la estandarización del texto en un formato específico. Como se mencionó anteriormente un *tweet* está limitado con un máximo de 140 caracteres, las personas suelen aprovechar al máximo cada espacio que tiene en el campo de texto, por ello, suelen implementar abreviaciones basadas en lenguaje coloquial para ayudar a maximizar sus posibilidades de escritura. Esto puede generar un gran número de problemas en el momento de la clasificación. Algunos ejemplos de normalización aplicados para este fin son:

### A) *Conversión de palabras a minúsculas*

En Twitter es común encontrar con publicaciones donde suelen intercalar mayúsculas y minúsculas indiscriminadamente (Guevara, 2011); esto genera un conflicto en la etapa de clasificación, ya que, aunque se esté refiriendo a la misma palabra, el algoritmo clasificador la tomará como una palabra distinta.

Es recomendable normalizar el texto, convirtiendo todas las publicaciones en minúsculas.

### B) *Eliminación de palabras vacías (stop words)*

El uso de esta técnica ayuda con la eliminación de las palabras que no tienen significados relevantes como lo son: artículos, pronombres, preposiciones, etc. Por lo general estas palabras no suelen tener un peso importante en el proceso de clasificación de textos (Delgado, 2014) (Martínez, García, Martín, & Ureña, 2013) (Cordobés, Fernández, Núñez, Teófilo, & Santos, 2013).

### C) *Extractores de raíces de palabras (stemming)*

Es un método utilizado para reducir una palabra a su raíz canónica o a un *stem* o lema (Bográn, Alonso, & García, 2013) (Giorgino, 2004) (Martínez, García, Martín, & Ureña, 2013) (Muresan, Wacholder, & González, 2011). La aplicación de esta técnica ayuda a encontrar las palabras recurrentes en los documentos mediante su raíz. Por ejemplo: *Analizar, análisis, analizador... => anali*

### D) *Aplicación de diccionarios SMS*

Los *tweets* están inspirados en el servicio de mensajes de textos cortos conocidos como SMS, y las personas aún suelen usar estas abreviaturas: tales como: tkm, tmb, ntc, etc.; por ello es importante aplicar un diccionario que traduzca las abreviaciones SMS a texto completo. (Cordobés, Fernández, Núñez, Teófilo, & Santos, 2013).

### E) *Diccionarios de corrección ortográfica*

En redes sociales, muchos usuarios no se preocupan por aplicar una correcta escritura entre sus publicaciones, o pueden recurrir a errores de escritura. Para solucionar estos problemas, es recomendable aplicar diccionarios de corrección ortográfica a cada publicación para minorizar el problema (Casado, 2013).

### F) *Tokenización*

Es el proceso que consiste en dividir un flujo de texto en palabras, frases, símbolos u otros elementos significativos llamados *tokens*. En otras palabras, separar las palabras o elementos a indizar (Guevara, 2011) (Johnson & Zelenski, 2008) (Muresan, Wacholder, & González, 2011).

En la Tabla 1, se describen algunas técnicas de pre-procesamiento de textos aplicables para *tweets* en español que aportan diferentes autores, en la cual se emplean las siguientes abreviaturas para su representación: TK: Tokenización, ST: Stemming, DSMS: Diccionario SMS, DOC: Diccionario de corrección ortográfica y SW: Palabras Vacías.

Referencia	Técnica de pre-procesamiento
(Bográn, Alonso, & García, 2013)	TK, ST
(Martínez, García, Martín, & Ureña, 2011)	ST, SW
(García, Ramírez, Villatoro, & Jiménez, 2014)	DSMS
(Cordobés, Fernández, Núñez, Teófilo, & Santos, 2013)	DSMS, DOC, SW
(Balahur & Perea, 2013)	ST
(Muresan, Wacholder, & González, 2011)	TK, SW
(Fernández, Núñez, Morere, & Santos, 2013)	ST, DSMS
(Morere, Fernández, Núñez, & Santos, 2012)	ST, DSMS
(Dalal & Zaveri, 2011)	ST, SW
(Giorgino, 2004)	ST,
(Johnson & Zelenski, 2008)	TK
(Guevara, 2011)	TK, ST, SW
(Delgado, 2014)	SW
(Casado, 2013)	DOC

**Tabla 1** Técnicas de pre-procesamiento reportadas en el estado del arte

Fuente: Elaboración propia

## Resultados

Los resultados arrojados en este punto de la investigación, difícilmente pueden ser expresados de manera cuantitativa, porque no existen métricas para definir con exactitud la efectividad de las técnicas aplicadas. En cambio, sí es posible expresarlas de forma cualitativa, observando el texto.

Una forma de poder evaluarlas de manera cuantitativa es en la etapa 3 de la metodología propuesta (véase la Figura 1).

Para visualizar de forma más práctica la aplicación de las técnicas de pre-procesamiento, se ejemplificarán algunas de las técnicas más representativas mencionadas por los autores de la revisión bibliográfica.

Las pruebas realizadas a continuación, se llevaron a cabo en el lenguaje de programación Java en su versión 8, donde se recolectó un conjunto de 1000 *tweets* públicos en español de diversos temas. La recolección de los mismo, se realizó mediante la biblioteca no oficial `twitter4j`, de la cual, utiliza el API Twitter.

### A) Sustitución o eliminación de emoticones

En la Tabla 2, se ejemplifica la aplicación de la técnica para eliminación de emoticones, donde, al apreciar en el *tweet* pre-procesado, se notará la ausencia de los siguientes emoticones eliminados: :-), :-\*, y =).

Para la eliminación de los emoticones se utilizó una lista de 213 emoticones, donde se reemplazaban por caracteres vacíos en caso de encontrar coincidencia dentro del texto.

Tweet original	Tweet pre-procesado
¡Al fin, llegó el viernessss y #TerapiadeRisas ha comenzado! :-) :-* =) #LaughTherapy ¡Escriban sus chistes aquí en Twitter ya!	¡Al fin, llegó el viernessss y #TerapiadeRisas ha comenzado! #LaughTherapy ¡Escriban sus chistes aquí en Twitter ya!

**Tabla 2** Aplicación de la técnica de eliminación de emoticones

Fuente: Elaboración propia

### B) Eliminación de direcciones web

Twitter, al utilizar acotadores de URL para optimizar el número de caracteres en el *tweet*, esto hace más fácil la detección de los mismos, para su posterior eliminación.

Una forma de realizar esta tarea es mediante el filtrado utilizando una expresión regular, por ejemplo:

`https://t.co/[a-zA-Z0-9]{10}`

La Tabla 3, ejemplifica la aplicación de la técnica.

Tweet original	Tweet pre-procesado
Se cumplen 100 años de un descubrimiento clave en la lucha contra las infecciones: los virus que destruyen bacterias <a href="https://t.co/nleGgNm0ZY">https://t.co/nleGgNm0ZY</a>	Se cumplen 100 años de un descubrimiento clave en la lucha contra las infecciones: los virus que destruyen bacterias

**Tabla 3** Aplicación de la técnica de eliminación direcciones web

Fuente: *Elaboración propia*

### C) Eliminación de caracteres especiales, signos de puntuación y acentos

En la Tabla 4, refiriéndose al *tweet* pre-procesado, se puede apreciar la eliminación de caracteres especiales como: signos de admiración, comas, signos de interrogación, acentos y saltos de línea. Aunque el signo de gato o almohadilla (#) es un carácter especial, en esta prueba no se eliminó, porque se considera un elemento importante del *tweet*, ya que realiza la función de *hashtag*, y éste puede tener gran peso en la etapa de construcción del clasificador, por ser una palabra clave.

El proceso de eliminación de caracteres especiales, constó de encontrar coincidencias de estos caracteres en los *tweets*, para posteriormente reemplazarlos por caracteres vacíos.

Tweet original	Tweet pre-procesado
¡El tiempo pasa, las cosas cambian, pero la esencia permanece! ¿Cuál fue tu primera #PlayStation? #CosasDeGamer	El tiempo pasa las cosas cambian pero la esencia permanece Cual fue tu primera #PlayStation #CosasDeGamer

**Tabla 4** Aplicación de las técnicas de eliminación de caracteres especiales, signos de puntuación y acentos

Fuente: *Elaboración propia*

### D) Eliminación de palabras vacías y conversión de palabras a minúsculas

Al analizar el *tweet* pre-procesado de la Tabla 5, se puede observar que el texto puede perder un poco de coherencia con relación a la idea que desea plantear, esto se debe a que se eliminaron las palabras que no tienen peso, dejando así, las que si lo tienen.

Para la eliminación de las palabras vacías, se obtuvo un conjunto total de 338 palabras vacías en español, de las cuales, al encontrar coincidencias en los *tweets*, se reemplazaban por caracteres vacíos.

Tweet original	Tweet pre-procesado
La Selva Lacandona es el gran pulmón de México, representa 50% de las selvas tropicales húmedas del país y tiene amplia diversidad biológica	selva lacandona pulmón méxico, representa 50% selvas tropicales húmedas país amplia diversidad biológica

**Tabla 5** Aplicación de las técnicas de eliminación de palabras vacías y conversión de palabras a minúsculas

Fuente: *Elaboración propia*

### E) Aplicación de extractores de palabras raíz

En la Tabla 6, se ilustra la aplicación de la técnica de extracción de palabra raíz, mediante una biblioteca en Java que implementa el algoritmo de *Snowball* (Frank, 2017).

Tras haber aplicado la técnica, el texto obtenido es un poco incomprensible para el humano, pero para los algoritmos de clasificación será más sencillo detectar patrones y palabras clave que les ayude a aumentar su efectividad.

Tweet original	Tweet pre-procesado
Chatear mientras maneja equivale a conducir después de tomar entre 15 y 20 cervezas <a href="http://bit.ly/2vyRgJL">http://bit.ly/2vyRgJL</a>	chatear mientras maneja equivale a conducir después de tomar entre 15 y 20 cervezas <a href="http://bit.ly/2vyrgjl">http://bit.ly/2vyrgjl</a>

**Tabla 6** Aplicación de la técnica de extracción de palabras raíz

Fuente: Elaboración propia

### F) Múltiples técnicas

En la Tabla 7, ejemplifica la aplicación de cada una de las técnicas mencionadas en las pruebas anteriores, anexando así también la eliminación de palabras reservadas de Twitter (DM, RT, nombres de usuario, etc.) y de espacios múltiples.

Tweet original	Tweet pre-procesado
Volver a #NuevaYork y tocar para toda #MiGente fue un hermoso regalo de la vida! Descarga mi app para ver más fotos: <a href="https://t.co/Wbj9wXQXo5">https://t.co/Wbj9wXQXo5</a>	volver #nuevayork tocar #migen hermo rega vida descar app fot

**Tabla 7** Aplicación de múltiples técnicas de pre-procesamiento

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones y trabajo futuro

Las técnicas de limpieza y normalización revisadas en la presente investigación, ayudan a estandarizar y refinar el contenido de cada *tweet*, incrementando el grado de efectividad arrojado por los algoritmos en el proceso de construcción del clasificador.

A pesar de que existen múltiples técnicas de pre-procesamiento de *tweets*, no todas son aplicables, y esto depende del objetivo que se desee alcanzar y la temática escogida. Si se aplicaran todas las técnicas pre-procesamiento de *tweets*, se correría el riesgo de eliminar atributos considerados como importantes; por ende, es recomendable realizar un estudio especializado para seleccionar las adecuadas para cada caso.

Como parte del trabajo futuro, se contempla la realización del estado del arte, para conocer los algoritmos de clasificación automática de textos que mejor trabajan con *tweets* en español. De esta manera, poder realizar pruebas comparativas y determinar el algoritmo apropiado para ser implementado en una aplicación formal. Dichas pruebas, ayudarán también, a medir de manera cuantitativa la efectividad las técnicas estudiadas en el presente documento.

## Agradecimiento

Al departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), que ha respaldado este trabajo, brindando apoyo incondicional.

## Referencias

- Abelleira, M. P., & C. C. (2010). Minería de texto para la categorización automática de documentos. Cuadernos de la Facultad 5.
- Abelló, R., & Madariaga, C. (1999). Las redes sociales ¿Para qué? 116-135. Psicología desde el Caribe.
- Balahur, A., & Perea, J. (2013). Experiments using varying sizes and machine translated data for sentiment analysis in Twitter. European Commission, Joint Research Centre.



- Barash, V., & Golder, S. (2011). Twitter: Conversation, Entertainment, and Information, All in One Network! En D. L. Hansen, B. Shneiderman, & M. A. Smith, *Analyzing social media networks with NODEXL* (págs. 143-164). Burlington.
- Bográn, A. P., Alonso, J. L., & García, L. C. (2013). Análisis Léxico sobre los Tweets de Twitter. Universidad de Salamanca, 21-36.
- Casado, A. (2013). Sistema de extracción de entidades y análisis de opiniones en contenidos Web generados por usuarios. Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior.
- Cordobés, H., Fernández, A., Núñez, L. F., Teófilo, F., & Santos, A. (2013). Técnicas basadas en grafos para la categorización de tweets por tema.
- Dalal, M., & Zaveri, M. (2011). Automatic Text Classification: A Technical Review. *International Journal of Computer Applications*, 37-40.
- Delgado, C. (2014). Modelo de identificación de meta-topics a través de análisis semántico de conjuntos de datos extraídos de Twitter. Universidad Autónoma de Madrid.
- Fernández, A., Morere, P., Núñez, L., & Santos, A. (2012). Techniques for Sentiment Analysis and Topic Detection of Spanish Tweets: Preliminary Report.
- Fernández, A., Núñez, L., Morere, P., & Santos, A. (2013). Sentiment Analysis and Topic Detection of Spanish Tweets: A Comparative Study of NLP Techniques. *Procesamiento del Lenguaje Natural, Revista n° 50*, 45-52.
- Frank, E. (2017). <http://www.cs.waikato.ac.nz/~eibe/>. Retrieved from The University of Waikato: [www.cs.waikato.ac.nz](http://www.cs.waikato.ac.nz)
- García, G., Ramírez, G., Villatoro, E., & Jiménez, H. (2014). Detectando la prioridad de contenidos generados en Twitter por medio de n-gramas de palabras. *Research in Computing Science*, N 74, 21-32.
- Giorgino T. An Introduction to Text Classification.; 2004. Tagged XML BibTex Google Scholar
- Go, A., Bhayani, R., & Huang, L. (2009). Twitter Sentiment Classification using Distant Supervision. CS224N Project Report, Stanford, 1-12.
- Guevara, R. (2011). Minería de texto en la red social Twitter. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Johnson, M., & Zelenski, J. (2008). Lexical Analysis. CS143, Handout 3.
- Martínez, E., García, M. A., Martín, M. T., & Ureña, L. A. (2011). Detección de la polaridad de tweets en español. *Procesamiento del Lenguaje Natural, Revista n° 47*.
- Martínez, E., García, M. A., Martín, M. T., & Ureña, L. A. (2013). SINAI-EMML: Combinación de Recursos Lingüísticos para el análisis de la Opinión en Twitter. Departamento de Informática, Escuela Politécnica Superior de Jaén.
- Martis, M., & Alfaro, R. (2010). Clasificación Automática de la Intención del Usuario en Mensajes de Twitter. Escuela de Ingeniería Informática de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 1-5.
- Montes, M. (2001). Minería de texto: Un nuevo reto computacional. 3rd International Workshop on Data Mining.

Muresan, S., Wacholder, N., & González, R. (2011). Identifying Sarcasm in Twitter: A Closer Look. Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: short papers.

Twitter, Inc. (2017). Twitter, Inc. Obtenido de Twitter.com:  
<https://support.twitter.com/articles/344713>

## Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada en dispositivos móviles como apoyo a la promoción de la Universidad Politécnica de Zacatecas

VEYNA-LAMAS, Manuel\*†, VELA-DÁVILA, José Alberto, VELÁZQUEZ-MACÍAS, Jesús y TORRES-GARCÍA, Cecilia

*Universidad Politécnica de Zacatecas, Programa Educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Plan del Pardillo S/N, Parque Industrial, Fresnillo, Zac. C.P. 99056*

*Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo, Av. Tecnológico número 2000, Col Solidaridad, Fresnillo, Zac. C.P. 99056*

Recibido Abril 3, 2017; Aceptado Junio 6, 2017

### Resumen

Creación de una aplicación de realidad aumentada para dispositivos móviles desarrollada mediante Unity y Android para apoyo a la promoción institucional de la Universidad Politécnica de Zacatecas (UPZ), y como guía en las instalaciones a los visitantes y a los alumnos de nuevo ingreso. La Realidad Aumentada es una tecnología que complementa lo que se percibe directamente del mundo real, proporcionando información adicional que es generada por un equipo de cómputo fijo o móvil. Como la mayoría de la información necesaria en la vida diaria implica la percepción por medio de la visión, una gran parte de las habilidades que poseen las personas son adquiridas basándose en información visual. En el presente trabajo se describen los logros alcanzados en el desarrollo de una App para dispositivos móviles, cuya característica principal es el reconocimiento de imágenes y la no dependencia de una red de comunicaciones para su funcionamiento. Ha sido diseñada para la promoción de los diferentes programas educativos que oferta la Universidad Politécnica de Zacatecas, así como la identificación de los edificios que la integran, para mostrar información adicional y relevante a los visitantes y a la comunidad universitaria, y que sienta las bases para estandarización de subsecuentes desarrollos en este campo, así como su inclusión en las materias regionales de Programación de Dispositivos Móviles de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales de la UPZ.

**Realidad aumentada, dispositivos móviles, unity, reconocimiento de imágenes**

### Abstract

Development of an App with Augmented Reality application for mobile devices developed using Unity and Android, applied to the institutional promotion of the Universidad Politecnica de Zacatecas, and as a guide in the facilities to the visitors and the new students. Augmented Reality is a technology that complements what is perceived from the real world, providing additional information generated by desktop or mobile computing equipment. As most of the information needed in daily life involves perception through vision, a large part of the people's skills are acquired based on visual information. This paper describes the achievements gained by development of an App for mobile devices, whose main feature is image recognition and no dependency of a network. It was designed for the promotion of the different educational programs offered by the Universidad Politecnica de Zacatecas, as well as the identification of the buildings which are part of it, to show additional and relevant information to visitors and the university community, and setting standards for new developments in this area, and to be included in regional Subjects of Mobile Devices Programming for the academic program of Ingeniería en Sistemas Computacionales at UPZ.

**Augmented Reality, mobile devices, unity, image recognition**

**Citación:** VEYNA-LAMAS, Manuel, VELA-DÁVILA, José Alberto, VELÁZQUEZ-MACÍAS, Jesús y TORRES-GARCÍA, Cecilia. Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada en dispositivos móviles como apoyo a la promoción de la Universidad Politécnica de Zacatecas. *Revista de Cómputo Aplicado* 2017, 1-2: 12-22

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mveyna@upz.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) evolucionan rápidamente de tal manera que su uso es prácticamente universal. De estas herramientas los dispositivos móviles se han hecho parte de la vida cotidiana de las personas. El avance vertiginoso en el desarrollo de recursos permite que la interacción con el dispositivo además de ser bidireccional y en tiempo real, ahora es posible que los dispositivos posean elementos tanto que simulan ser un humano como el caso de los asistentes personales, como la generación de información adicional percibiendo un complemento a lo que se observa en la realidad.

## Justificación

Cualquier alumno de nuevo ingreso de la universidad, requiere de una orientación durante sus recorridos iniciales en el campus visitando lugares con los que aun no se ha familiarizado o que no frecuenta debido a las actividades propias de su programa educativo, por lo que en ocasiones requiere información que no puede obtener en ese momento, haciendo necesario contar con un asistente que le proporcione la información correspondiente al lugar. Para contribuir a proporcionar esta ayuda se ha desarrollado un proyecto cuyo objetivo es la creación de una App para Android que muestre la información de lugares de interés como son los laboratorios y centros de cómputo distribuidos a lo largo de las instalaciones universitarias.

## Contexto

La Universidad Politécnica de Zacatecas (UPZ) fue creada el 2 de septiembre de 2002 bajo el Decreto de Creación expedido por el Gobierno del Estado de Zacatecas, y publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Zacatecas.

En 2004 iniciaron los trabajos del programa educativo en Ingeniería en Sistemas Computacionales, cuyos programas de estudio están homologados en las Universidades Politécnicas que ofrecen esta carrera. Actualmente dentro de su currícula incluye en sus materias regionales dos de Programación e Dispositivos Móviles, que han permitido estar a la vanguardia en las necesidades de las habilidades que estos profesionistas requieren

Los desarrollos tecnológicos actuales hacen cada vez más uso de la Realidad Aumentada como método de entrenamiento, reconocimiento previo, o asistente en tiempo real, aumentando la eficiencia y precisión al contar con información detallada directamente en los ojos sin tener que distraer la vista mientras se realiza alguna tarea crítica.

Aunque ya son una realidad algunos desarrollos como el pilotaje de aviones, los Google Glass, otros campos como las cirugías que están en vías de ofrecer una vista en 3D prácticamente de rayos X a un paciente mientras se opera, así como tener la información detallada de su historial clínico mientras es atendido.

## Fundamentos

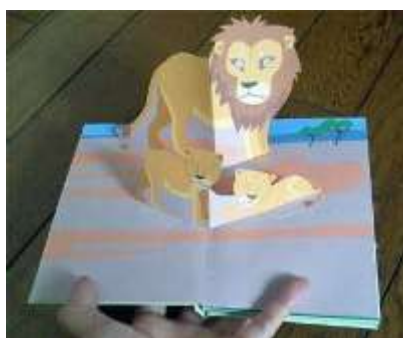
### Realidad aumentada

Es por medio de la visión que la mayoría de las personas conocen el mundo real, adquieren sus habilidades y conocimientos, y las actividades que desarrollan las aprenden o ejecutan basándose en información visual.

La realidad aumentada es una tecnología que integra imágenes, videos o audios captados del mundo real con señales que son generadas por medio de un equipo de cómputo (objetos gráficos en dos o tres dimensiones), adicionando en tiempo real información que no existe en el escenario físico original.

Arredondo (2010) señala que este tipo de tecnología ya se encuentra disponible y funcionando en áreas de aplicación como son entre otras la reconstrucción del patrimonio histórico, el entrenamiento en procesos industriales, mercadotecnia, diseño de interiores, entretenimiento y medicina entre otros.

Los primeros trabajos educativos fueron los libros pop-up en los que se muestran animales, paisajes, u otros personajes que se despliegan al abrirlos en una página.



**Figura 1** Libro pop-up

### Realidad virtual vs Realidad aumentada

Si el entorno es mayormente virtual y se le agregan objetos virtuales y reales, se trata de realidad virtual; pero si el entorno dominante es real y se le adicionan objetos virtuales, se habla de realidad aumentada. Esto es, en el primer caso los objetos son primordialmente generados por la computadora mientras que en el segundo caso son generados y agregados a la imagen de la realidad que se capta, sea al reconocer un patrón o al así determinarse de acuerdo al comportamiento programado.



**Figura 2** Lentes de realidad virtual



**Figura 3** Realidad aumentada. Libro acerca de los dinosaurios. Magic Book con marcadores

### Vuforia

Vuforia es un SDK (Kit de Desarrollo de Software) con el que podemos desarrollar aplicaciones con Realidad Aumentada (Megali, 2016); las aplicaciones desarrolladas con Vuforia utilizan la pantalla del dispositivo como un "lente mágico" en donde se combinan objetos del mundo real con objetos virtuales tales como textos, imágenes, y otros. De la misma manera en que se realiza con Wikitude, la pantalla del dispositivo muestra las señales que recoge la cámara correspondientes a la realidad física combinándolas con objetos virtuales como: párrafos de texto, imágenes, modelos en 2D o 3D o sonidos o cualquier otro que un dispositivo permita ejecutar. Las aplicaciones desarrolladas con Vuforia ofrecen las siguientes prestaciones:

- Reconocimiento de Texto.
- Reconocimiento de Imágenes.
- Rastreo robusto (el Target que ha sido reconocido no se perderá tan fácilmente incluso si el Target se mueve o cambia de posición).
- Detección Rápida de los Targets y rastreo simultáneo.

Desarrollado originalmente por Qualcomm y luego adquirido por PTC, Vuforia está en su sexta versión.

Su SDK evoluciona constantemente, y está disponible para los sistemas operativos más comunes: Windows, Linux, Mac, y es compatible para generar aplicaciones con las plataformas Android, iOS y UWP.

## Unity

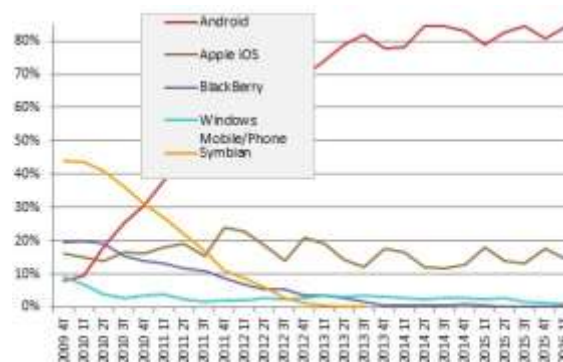
Creado por Unity Technologies es un motor de videojuegos multiplataforma. Esta herramienta nos permite desarrollar videojuegos para diferentes plataformas mediante un editor y el uso de scripting para la creación de videojuegos con alta calidad.

## Android

Android® es un sistema operativo inicialmente diseñado para teléfonos móviles con pantalla táctil, conocidos actualmente como teléfonos inteligentes o smartphones, tablets así como para relojes inteligentes, televisores y automóviles. Está basado en una versión de Linux, sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma.

Esta plataforma permite programar aplicaciones que se ejecutan en una variación de la Máquina Virtual de Java (JVM) llamada Dalvik (Clodoaldo y Robledo, 2013), pero a partir de Android 5.0 se reemplaza Dalvik por ART. Esta nueva máquina virtual consigue reducir el tiempo de ejecución del código Java hasta en un 33% (UPV, 2017). Su ambiente de desarrollo proporciona las herramientas para desarrollar aplicaciones que acceden a las diferentes funciones de los dispositivos tales como la cámara, el GPS, los sensores, las llamadas, los mensajes SMS, la agenda, los contactos, entre otros, mediante el lenguaje de programación Java.

También se destaca ascenso de la plataforma Android, que en cinco años ha alcanzado una cuota de mercado superior al 80% (Tomás, 2016).



**Figura 4** Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos en todo el mundo, según su sistema operativo

Fuente: Master en Desarrollo de Aplicaciones Android, citando a Gartner Group

## Otras herramientas

Otra de las herramientas que permiten este tipo de desarrollos es **Wikitude**, la cual es una aplicación gratuita de realidad aumentada disponible para dispositivos, iPhone, Windows y Android.

Al igual que Wikitude, **Layar** es un navegador de realidad aumentada. Del mismo modo permite escanear imágenes, en este caso que contengan el logo de Layar o un código QR. La aplicación presenta una imagen 3D superpuesta en la interfaz de la cámara. Así mismo también permite añadir a esta interfaz una capa con marcadores de lugares mediante geolocalización.

**Augment** es una aplicación que permite superponer objetos 3D sobre la imagen que capta la cámara. Esto nos da la posibilidad de, por ejemplo, ver cómo podría quedar un mueble en una habitación antes de comprarlo.

## Metodología y herramientas

### Metodología de Desarrollo mobile-D

Esta metodología fue creada por un grupo de investigadores del Centro de Investigación Técnico Finlandés (VTT), como parte del proyecto ICAROS.

Su diseño se basa en otras metodologías ágiles existentes como eXtreme Programming, RUP y Crystal methodologies. Las metodologías ágiles enfatizan las comunicaciones directamente entre el equipo de trabajo más que la documentación. mobile-D Fue creado con el objetivo de ser una metodología de rápidos resultados, enfocada a grupos de trabajo pequeños, con confianza entre sus miembros y niveles de habilidad similares, buscando la entrega de resultados funcionales en periodos cortos de tiempo que no superen las 10 semanas.

Blanco, P. et al (2009) mencionan que un ciclo de proyecto con la metodología Mobile-D está compuesto por cinco fases:

- Fase de Exploración: Se realiza la planificación y recolección de requisitos del proyecto, con lo que se define el alcance del proyecto y todas las funcionalidades del aplicativo.

- Fase de inicialización: Se prepara y verifica todo el desarrollo y todos los recursos que serán necesarios.

- Fase de producción: Se realizan los ciclos de programación de tres días, en forma iterativa hasta implementar las funcionalidades requeridas.

- Fase de estabilización: Se llevan a cabo las últimas acciones de integración para verificar el funcionamiento del aplicativo en conjunto. También puede incluirse la generación de documentación.

- Fase de pruebas: Se realiza el Testing de la aplicación una vez terminada. Si se encuentran errores, se procede a su corrección pero ya no se deben realizar desarrollos nuevos de última hora.

### Proceso de generación

Para llevar a cabo el proceso de insertar imágenes en el escenario se realizan cuatro pasos que son:

- Captación del escenario, que básicamente consiste en una cámara que capta el mundo físico.
- Reconocimiento del escenario, que es lo que se quiere que se aumente, que puede ser por medio de marcadores (formas geométricas, colores o ambas) y sin marcadores (mediante reconocimiento de imágenes).
- Mezclado de realidad e información adicional, que consiste en sobre poner la información digital sobre la escena real capturada, y que puede ser de tipo visual o auditivo.
- Visualización de la escena. Se hace la presentación en la pantalla del dispositivo, sea una pantalla de video convencional como el monitor o el teléfono móvil, o un dispositivo see-through como los utilizados en los aviones de combate y comerciales para mostrar información al piloto sobre altura, velocidad, estado del sistema, entre otros.

### Desarrollo con Unity y Android

Se requieren tres elementos para el desarrollo de Apps en Android mediante Unity. a) Contar con una cuenta en Vuforia, b) una cuenta en Unity y c) tener instalado Android Studio.

Creamos la cuenta en Vuforia ingresando a través de la página:

<https://developer.vuforia.com>

En la sección “Downloads”, en esta parte podemos descargar el SDK de Vuforia, en el [enlace: https://developer.vuforia.com/downloads/sdk](https://developer.vuforia.com/downloads/sdk)

Enseguida en la sección de Licencias se crea una, que será la llave que permitirá el acceso de nuestra App para poder generar las aplicaciones. Luego se realiza la generación de Targets que se almacenan en una base de datos que se utilizarán en los siguientes pasos.

Los targets pueden ser códigos QR que básicamente son códigos de barras en dos dimensiones, o puede ser una imagen que será reconocida por la App. La fig. 5 nos muestra un ejemplo de un código QR.



**Figura 5** Código QR con el texto "http://www.cierqueretaro.org.mx"

Fuente: Generado en QR Code Generator en <http://es.qr-code-generator.com>

En lugar de códigos QR se decidió utilizar imágenes representativas, como lo fue el logotipo de la UPZ, para que cada vez que se reconozca este patrón de imagen aparezca la oferta educativa de la misma.

Luego de instalar Unity, creamos un proyecto, se importa el paquete que será el SDK de Vuforia, e igualmente se importa la base de datos de los Targets. Igualmente se ingresará la Licencia (App Licence Key) y se configurará el proyecto para que reconozca la imagen como 2D o 3D.

Seguido de esto el proyecto se exportará a Android. Para esto Android Studio deberá contar con un nivel de Api correspondiente al que requiere nuestra aplicación, o en su defecto solamente se requerirá descargarlo, lo cual realiza automáticamente el ADK Manager de Android Studio.

Ya que Android Studio se instala con las herramientas más actualizadas, puede ocurrir un conflicto con las herramientas de desarrollo de la versión de Unity, para evitarlo se reemplaza la carpeta "tools" de Android Studio por la proporcionada para tal efecto, almacenada en: [https://mega.nz/#!px8mya4S!o9Sr\\_0cyCXiak9CK5AUXXjhwZHDbEmsX\\_hn43xmnCSA](https://mega.nz/#!px8mya4S!o9Sr_0cyCXiak9CK5AUXXjhwZHDbEmsX_hn43xmnCSA)

El siguiente paso será realizar propiamente la opción de exportación. En Android Studio se importa el proyecto ya que viene de viene de otra fuente de desarrollo, con lo cual se abre este IDE de aplicaciones móviles, para que podamos configurar paneles personalizados, pantallas personalizadas y entre varias cosas más. En nuestro caso agrega un botón para cerrar la App.

Una vez creado, será necesario editar el archivo Manifest.xml, que es un archivo de configuración de la aplicación, en el elemento:

```
<meta-data android:name =
"unityplayer.ForwardNativeEventsToDalvik"
android value="false">, cambiarlo a valor
android value="true",
```

lo que significa que va a habilitar elementos GUI dentro de la Activity de Unity, para que así podamos agregar más elementos.

## Pruebas y Resultados

Los desarrollos iniciales se hicieron toando en cuenta las opciones de la licencia gratuita de Vuforia:

- Crear Image Targets, que son imágenes que reconoce la aplicación y pueden ser hasta 1,000 de ellas, aunque en la práctica lo soportado para no degradar el desempeño del dispositivo y el espacio de almacenamiento del dispositivo sería de 200 imágenes, si estamos hablando de teléfonos de gama media-alta o superior. Si se trata de imágenes detalladas se recomienda que no sean superiores a 2MB.



- **Objeto targets.** Se trata de reconocimiento de objetos tridimensionales, como pueden ser juguetes o vehículos. El límite recomendado es de 20 objetos de este tipo.
- **Cloud databases.** El almacenamiento en el dispositivo es una de las limitantes de las aplicaciones generadas, por lo que Vuforia cuenta con la opción de almacenar los Targets en la nube, en la que pueden almacenarse más de un millón de objetos en las bases de datos.

Se evaluaron las 3 opciones:

La primera consistía en almacenar dentro de la propia App las imágenes a reconocer por el dispositivo.

La segunda además requería generar objetos en 3D.

La tercera opción presentó el inconveniente de utilizar cantidades de datos que ya son considerables para la población estudiantil por el gasto que les representa, además que hay algunos lugares en los que la señal inalámbrica de la red de la institución no es óptima.

Se decidió implementar la primera opción por ser el primer prototipo de este tipo, con un número delimitado de imágenes a reconocer, pero suficientes para hacer que la App ofrezca un valor agregado y útil a la población universitaria y a los visitantes en los recorridos de promoción en la Universidad. Este número óptimo estaría entre cinco y diez para que abarque gamas medias de smartphones comparables al Samsung® Galaxy Siii en adelante, o sus equivalentes de memoria RAM y almacenamiento dadas las características socioeconómicas de la región.

La primera prueba se realizó con el logo de la Universidad en diferentes tipos de objetos.



**Figura 6** Objeto real con Target a reconocer

*Fuente: Captura propia. Directamente con la cámara del teléfono móvil.*



**Figura 7** Objeto reconocido, mostrando imagen generada

*Fuente: Captura propia. Utilizando el prototipo de la App*

La primera experiencia que ofrece la App desarrollada puede verse en las figuras 6 y 7, en las que se muestra que la App al reconocer el logo de la UPZ superpone la imagen con el listado de las carreras que se ofertan, junto a la imagen de la mascota que se ha adoptado, siendo un búho.



**Figura 8** Imagen real captado por la cámara

*Fuente: Captura propia, entrada principal de la UPZ, utilizando la App antes de reconocer el Target.*



**Figura 9** Imagen real con objeto virtual agregado

*Fuente: Captura propia, entrada principal de la UPZ. Con la App al reconocer el Target*

La siguiente experiencia fue el desarrollo e imágenes en 3D. el proceso de desarrollo es igual, únicamente se utiliza un editor y generador de objetos 3D que se incorporan a la misma biblioteca de targets, como se aprecia en las Fig. 9 y 10.



**Figura 10** Imagen Target temática

*Fuente: Star Wars Annual 2015 with Augmented Reality. Booktopia en <https://www.booktopia.com.au/star-wars-annual-2015-with-augmented-reality-star-wars/prod9781760122577.html>*



**Figura 11** Imagen con objeto virtual 3D agregado

*Fuente: Captura propia. Mostrando objeto 3D virtual con la App al reconocer el Target*



**Figura 12** Imagen Target temática

*Fuente: Taringa. Wallpapers de Caballeros, Edad Media y Fantasia, en: <https://www.taringa.net/posts/imagenes/15685941/Wallpapers-de-Caballeros-Edad-Media-y-Fantasia.html>*

Los cinco lugares en los que se pusieron Targets en 2D fueron en los edificios de laboratorios de Ing. en Biotecnología e Ing. Mecatrónica, mostrando el mapa de distribución de los mismos. Igualmente para el edificio académico en el que se encuentran los Centros de Cómputo General y de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales, y a la entrada de las Oficinas Administrativas.

Durante los recorridos de posibles candidatos a estudiantes, al ingresar a un centro de cómputo se les invitará a instalar la App, y se aplicarán encuestas para determinar si resulta de su agrado y usabilidad, sirviendo además como motivación de lo que pueden lograr en el transcurso de su carrera en su preparación como profesionistas en su formación como Ingenieros en Sistemas Computacionales.

### Trabajo Futuro

Otra de las necesidades principales de los estudiantes de la UPZ es localizar a algún docente, por lo que se está diseñando un proyecto en el que se creará una base de datos de Targets para todas las aulas para mostrar su horario de materias y en los laboratorios además la descripción de lo que se realiza en ellos, determinando si se guardan en la App todos los objetos o se conectará a una base de datos en un servidor, utilizando marcadores dinámicos para actualizar la información únicamente en el servidor y no se tenga que actualizar la App en cada dispositivo cada periodo escolar.

Como iniciativa, se verá la propuesta de hacer llegar estos desarrollos a entidades gubernamentales como las Presidencias Municipales y la Secretaría de Turismo del Estado de Zacatecas, ya que este tipo de tecnologías aún no tiene penetración entre la población ni el sector turístico que visita la entidad.



**Figura 13** Imagen con objeto agregado virtual 3D animado

*Fuente: Captura propia. Mostrando objeto virtual 3D animado con la App al reconocer el Target*

Dada esta última utilidad, se planteó para un desarrollo posterior el desarrollo de un proyecto que en el que se utilizarán para la capacitación de las herramientas y máquinas de los talleres de las carreras del área de Ingeniería.

Visualizando las imágenes desde varios ángulos, en el caso de las 3D mientras la imagen no se distorsiona por ruido como la luz de reflejo, se sigue manteniendo el efecto con un ángulo de hasta 170 grados tanto a los lados como verticalmente. Al realizar la visualización lateral se observa que el objeto adicionado se sale del plano en la que se encuentra el Target.

Y uno mas de los aspectos a considerar es el posible diseño de una de las materias regionales de Programación de Dispositivos Móviles que se ofrecen en el subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, pues a los profesionistas que de ellas egresan les da un valor agregado la capacitación en estas tecnologías y es una necesidad en constante demanda por parte de las empresas e instituciones para su promoción.

### Conclusiones

El desarrollo de la App se logró de acuerdo a los objetivos planteados, logrando establecer con ello una metodología para este tipo de aplicaciones de acuerdo al aprendizaje obtenido, y la subsecuente generación del manual como literatura de apoyo a esta materia.

Su inclusión en el programa académico de Ing. en Sistemas Computacionales en la UPZ dará mayores habilidades y competencias a sus egresados al ingresar al sector laboral, y se promoverá su extensión al subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas como manual de la asignatura, y se generalice este conocimiento y no únicamente sea parte de programas educativos de desarrollo de videojuegos, o se tenga que recurrir a capacitaciones externas de alto costo económico.

### Glosario

#### Android Studio

Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android.

#### Activity

En Android representa una unidad de interacción con el usuario, es lo que se llama una pantalla de la aplicación.

#### Google Glass

Es un dispositivo en forma de gafas pero sin cristales. Su principal característica es que mediante un miniproyector proyecta en la retina una imagen virtual que se mezcla con la imagen real que en los ojos de la persona que los porta.

#### GUI

Graphic User Interface (Interface Gráfica de Usuario). Es un programa o entorno que gestiona la interacción con el usuario basándose en relaciones visuales como iconos, menús o un puntero.

#### IDE

Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado) es un programa compuesto por un conjunto de herramientas para un programador. Es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI).

#### iOS

(iPhone OS). Es un sistema operativo móvil desarrollado por Apple Inc. Inicialmente fue creado para el iPhone, pero con el tiempo fue adaptado para los demás dispositivos móviles de esta compañía (iPad y el iPod touch). Su característica principal, a diferencia de lo que ocurre con Android, es su código cerrado y únicamente disponible para los equipos de esta compañía.

#### PTC

Parametric Technology Corporation. Proveedor global de tecnología de IoT (Internet de las Cosas) y AR (Realidad Aumentada)

**Qualcomm**

Empresa estadounidense que produce chipsets para la tecnología móvil. Es uno de los principales suministradores de la familia de procesadores para smartphones Snapdragon. Es un desarrollador de semiconductores para redes y comunicaciones. También fabrica un sistema de recarga inalámbrica de vehículos eléctricos.

**UWP**

Universal Windows Platform. La Plataforma universal de Windows es la plataforma de aplicaciones para Windows 10, con la cual se pueden desarrollar aplicaciones con una sola API establecida.

**Referencias**

Android Developers. Android Studio. <https://developer.android.com/studio/intro/index.html>

Android Developers. Android Lollipop. <https://developer.android.com/about/versions/lollipop.html>

Abril Arredondo, D. (2010). Realidad Aumentada. Universidad Carlos III de Madrid Legané.

Blanco, P. et al (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Aug 02 2017. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, en:

[http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile\\_doc\\_TemasAnv.pdf](http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile_doc_TemasAnv.pdf)

Clodoaldo, S. (2013) Programación en Android. Madrid: Ministerio de Educación.

Desarrollo Libre. Realidad aumentada con Vuforia. Disponible en: <http://www.desarrollolibre.net/blog/tema/73/android/realidad-aumentada-con-vuforia#.WXaoe5e0IEY>

El Comercio. Diario de Perú. <http://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/realidad-aumentada-permite-medicos-vision-rayos-x-420428>

Megali, T. (2016). Realidad Aumentada del Estilo de Pokémon GO con Vuforia. Jun 29 2017. Envato tus.

<https://code.tutsplus.com/es/tutorials/introduccion-augmented-reality-with-vuforia--cms-27160>  
Genbetadev. Unity3d. <https://www.genbetadev.com/herramientas/unity-3d-desarrollo-de-videojuegos-para-ios-y-android-gratis-hasta-el-8-de-abril>

TOMÁS GIRONÉS, J. (2016). El gran libro de Android (5a. Ed). México: Alfaomega-Marcombo.

Universidad Politécnica de Valencia. Master en Desarrollo de Aplicaciones Android. <http://www.androidcurso.com/index.php/modulo-fundamentos/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo>

Vuforia. Targets. Disponible en: <https://library.vuforia.com/articles/Solution/Targets>

Vuforia. Image Targets. Disponible en: <https://library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide>

Vuforia. Comparison of Device and Cloud Databases. Disponible en: <https://library.vuforia.com/articles/Solution/Comparison-of-Device-and-Cloud-Databases>

Xataka Android. ¿Qué es Android? <https://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/que-es-android>

Wikitude <http://wikitude.com>

## Solución a la cinemática directa de robot paralelo empleando sensor de 9 grados de libertad

ARROYO-DÍAZ, Salvador Antonio\*†, OSORIO-PÉREZ, Eduardo, SÁNCHEZ-PÉREZ, Daniel y LUNA-HERNÁNDEZ, Irene

*Universidad Politécnica de Puebla*

Recibido Abril 12, 2017; Aceptado Junio 6, 2017

### Resumen

Este artículo presenta un método para resolver el problema de cinemática directa de una plataforma Stewart general utilizando sólo un sensor de movimiento diseñado. Los sensores están dispuestos de una manera más general, conectando la base no planar y la plataforma móvil plana en puntos distintos. Los datos extra sensoriales permiten reducir el problema a la solución de un sistema sobredeterminado de seis ecuaciones cuadráticas en tres incógnitas. Este sensor de movimiento basado en la integración de un giroscopio y un acelerómetro, ambos tres ejes más la aplicación de una brújula magnética de 3 ejes. Lo que lo hace ideal para aplicaciones o Sistemas de Procesamiento Digital de Movimiento Navegación Inercial en cualquier plataforma.

**Procesamiento de movimiento digital, sensor de movimiento, cinemática, plataforma Stewart**

### Abstract

This paper presents a method for solving the direct kinematics problem of a general Stewart Platform by using just one motion sensor designed. The sensors are disposed at a most general way, connecting the non-planar base and the planar mobile platform at distinct points. The extra sensory data enables to reduce the problem to the solution of an overdetermined system of six quadratic equations in three unknowns. This motion sensor based on the integration of a gyroscope and an accelerometer, both three axes plus the implementation of a 3-axis magnetic compass. What it makes it ideal for applications or Motion Digital Processing Systems Inertial Navigation on any platform.

**Digital motion processing, motion sensor, kinematics, Steward Platform**

**Citación:** ARROYO-DÍAZ, Salvador Antonio, OSORIO-PÉREZ, Eduardo, SÁNCHEZ-PÉREZ, Daniel y LUNA-HERNÁNDEZ, Irene. Solución a la cinemática directa de robot paralelo empleando sensor de 9 grados de libertad. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-2: 23-32

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: salvador.arroyo@uppuebla.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En las plataformas de movimiento y en la robótica móvil en el momento de la navegación dos variables muy importantes, que son la orientación ( $\varphi$ ) y la posición ( $p$ ) del robot [1], es decir, hacia el cual está orientada la parte frontal del robot y en qué Punto se encuentra en emerger un plano cartesiano. En cualquier plataforma móvil es necesario tener en cuenta la variable de guía ( $\varphi$ ), ya sea humanoides, aire, o en particular un robot móvil con ruedas.

En el caso de un humanoide es necesario conocer su orientación en tres ejes, por ejemplo, para evitar que caiga, en el caso de robots móviles con ruedas es ideal saber cuándo el robot está subiendo una pendiente o está inclinado a uno de Sus lados. La necesidad de implementar este sensor de movimiento 9 grados de libertad (DoF) es reducir el error acumulado del odómetro [2] en la ley de control de movimiento [3] en dicha plataforma móvil para asegurar que el movimiento es estable y constante, es una necesidad de estimar la orientación que varía no sólo desde el conocimiento de la posición o velocidad de cada rueda [4]. Además de que este sensor puede conocer la orientación del robot con respecto al eje magnético de la tierra.

El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar un sensor de movimiento 9 DF para reducir el error del odómetro en la variable de orientación ( $\varphi$ ) para un robot móvil con ruedas a partir del uso de sensores inerciales [5]. La plataforma de ruedas con sensor de movimiento de 9 DoF que fue diseñada e implementada comprende un giroscopio, un acelerómetro y una brújula magnética que se explicarán en detalle a continuación [6]. Con el giroscopio que detecta el movimiento rotacional puede ser, lo que nos permite saber cuándo el robot está subiendo una pendiente, tiene una pendiente en uno de sus lados, y la variable a priori, la orientación del robot, esta variable será representada por una rotación en el eje Z.

Abreviaciones y Acronimos:

$\varphi$  = Orientacion del Robot [grados].

$v$  = Velocidad de Robot [m / s].

$\theta$  = Direccion de Robot [grados].

$w$  = Velocidad angular [rad /s].

## Arquitectura de robot paralelo

La arquitectura de los robots paralelos es muy diferente de los robots en serie, lo que lleva a la mayoría de los problemas teóricos deben reconsiderar. De hecho, hay una extraña dualidad entre los dos tipos de mecanismos, ya que un problema difícil para un tipo de estructura, es fácilmente solucionable por la otra estructura [7]. La estructura cinemática de los robots paralelos se conoce desde hace mucho tiempo. Ya en 1813, estudió la rigidez de Cauchy de un octaedro articulado. Sin embargo, fue mucho más tarde cuando Gough y Whitehall (1962) propusieron un mecanismo similar para pruebas de sistemas neumáticos como se muestra en la figura 1.

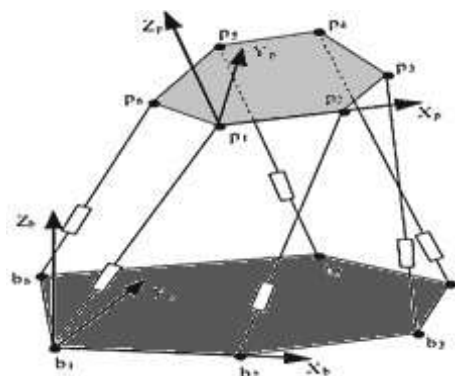


Figura 1 Plataforma Stewart

## Modelo Original de la plataforma sin modificaciones

Los robots paralelos se pueden clasificar según diferentes criterios, uno de estos criterios es la movilidad.

En los años 60, Stewart propuso el uso de una estructura paralela de seis grados de liberación para generar movimientos en el espacio [1], como una solución práctica a la necesidad de simuladores de vuelo.

Este tipo de mecanismo se caracteriza por una excelente relación entre la capacidad de carga y su propio peso. Una buena relación de carga en peso se debe al hecho de que la carga está distribuida, de manera que cada uno de sus seis actuadores soporta 1/6 de esfuerzos totales, que son de tracción y compresión, proporcionando rigidez al mecanismo [8]. El mecanismo original Stewart, es una sola plataforma triangular por juntas de bola a 3 actuadores lineales ajustables en longitud, que se conectan a su vez a una base fija por juntas universales [9].

En general, la plataforma Stewart (SP) es un control de posición de diseño y movimiento [10], que se ha utilizado en diferentes aplicaciones del sector industrial, como aviación, automóviles marinos e industriales, su versatilidad permite la aplicación de simuladores, mecanismos de brazos de grúas, Y un gran número de mecanismos de posicionamiento [11].

### Características de la plataforma

Hasta mediados de los años 80, la mayoría de los diseños se centraron en dos configuraciones. Uno con la base y el efector final con forma triangular y actuadores en pares que coinciden en los vértices de cada triángulo; Y otro, con la plataforma móvil triangular y actuadores que coinciden dos a dos vértices en un triángulo y seis puntos diferentes contenidos en el plano de la base con forma hexagonal [11]. Estas configuraciones se denominan plataforma 3-3

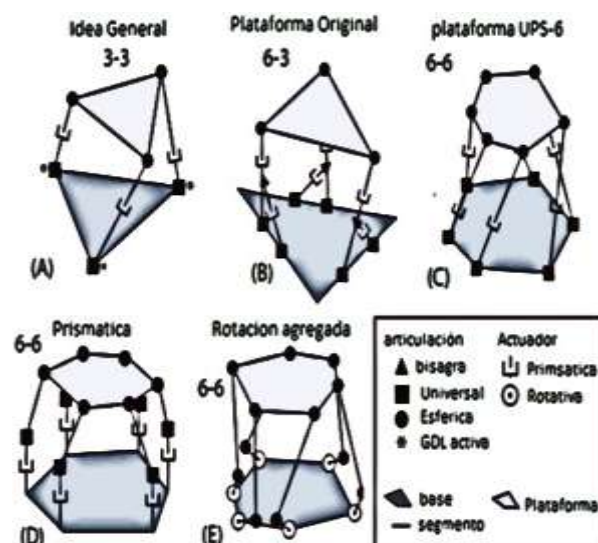
Stewart (Figura 2a) 6-3 plataforma Stewart (Figura 2b), respectivamente.

Pronto se observó que la coincidencia de las articulaciones esféricas restringía severamente la movilidad del manipulador, pero aún así la configuración 6-3 seguía siendo popular durante algún tiempo.

Otra configuración que se hizo muy popular es la que tenía hexágonos casi regulares como puntos de conexión tanto en la base como en el efector final (plataforma 6-6 Stewart) (Figura 2c). Hay una variedad de configuraciones mecánicas para estos robots, dependiendo de la estructura de las cadenas cinemáticas que unen la base con el efector final. La estructura cinemática con esférica en ambos lados de cada actuador (figura 3d), la plataforma conjunta se denomina 6-SPS Stewart, donde 6 se refiere al número de grados de libertad del robot y SPS viene de Inglés (esférico - prismático - esférico).

Del mismo modo, la estructura de las juntas universales en la base y el efector final esférico se denomina plataforma Stewart 6-UPS (Universal - Prismatic - Spherical) (Figura 2e).

Estas dos estructuras son idénticas excepto que la plataforma 6-SPS tiene seis grados de libertad pasiva permitiendo la rotación de cada cadena cinemática en su eje [11].



**Figura 2** Configuraciones de Plataforma Stewart (a) Modelo 3-3, (b)3-6 Original, (c) 6-6 UPS, (d) 6-6 prisma, (e) 6-6 rotacion agregada

Además de la excelente capacidad de carga/peso propio, los robots paralelos tienen otras características interesantes.



En 1979, McCallion y Truong propusieron utilizar la plataforma de Stewart como un manipulador paralelo dentro de un conjunto robotizado de células (Figura 2), principalmente porque la posición del efector final es mucho menos sensible a los errores que los sensores articulares de los robots en serie [12].

La alta rigidez garantiza que las deformaciones de los actuadores sean mínimas. Esta característica contribuye en gran medida a la precisión en el posicionamiento del manipulador.

### Estructuras cinemáticas

La cinemática estudia el movimiento de robots respecto a un sistema de referencia, sin considerar las fuerzas que actúan sobre el sistema, sino sólo la geometría [13]. El mecanismo cinemático se divide en dos tipos: cinemática directa e inversa. El cálculo de la cinemática directa de un robot paralelo es complejo debido a los bucles cerrados que contienen; Por el contrario, el cálculo de la cinemática inversa es relativamente simple, y luego se describe brevemente que determina cada uno [14].

**Cinemática inversa:** La cinemática inversa determina las coordenadas articulares de cada actuador para una posición y orientación conocidas de la plataforma móvil. Existen varios métodos para calcular la cinemática inversa; Merlet propone dos métodos para este cálculo: uno analítico y otro geométrico. En el caso de robots paralelos, el método geométrico facilita el análisis de la cinemática inversa, esto determina que una solución para el ángulo debe girar el actuador dependiendo de la posición y rotación de la plataforma móvil con respecto a la plataforma fija [15].

**Cinemática Directa (DKP):** Se utiliza para determinar la posición y orientación final de la plataforma móvil, con respecto a un sistema de coordenadas, tomando como referencia, conocer las coordenadas de la articulación del robot.

Se conocen varios métodos para el cálculo de la cinemática directa tales como iterativa y polinómica, que son métodos numéricos que requieren algún tiempo para ser realizado cálculo. También hay una programación más sofisticada como redes neuronales para el cálculo de cinemática directa de un mecanismo paralelo métodos [16].

### Metodología y desarrollo

Considere un SP 6-6 general con una base no planar y una plataforma móvil planar como se muestra en la Fig. 1. La plataforma móvil es un hexágono semirregular cuyos ángulos son iguales y cada par de lados alternos es igual a  $h_1$  o  $h_2$ , como se muestra en la figura 2. Las juntas de base se denotan por  $A_i$  y las juntas de plataforma por  $B_i$  fueron  $i = 1$  A 6, se elige un marco de referencia absoluto fijo a la base. Las coordenadas de la articulación base  $A_i$  son  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ . Las coordenadas generalizadas que describen la postura de la plataforma con respecto a la base se eligen para ser las nueve coordenadas de tres puntos  $T_i$  sobre la plataforma, a saber  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ).

Los puntos se seleccionan como los puntos de intersección de tres lados alternos del hexágono de plataforma (Fig 3). Las coordenadas de las articulaciones de la plataforma  $B_i$  ( $i = 1, \dots, 6$ ) se expresan en términos de coordenadas generalizadas, donde  $k = 1-h_2 / p$ , y  $p = 2h_2 + h_1 = T_1T_2 = T_2T_3 = T_3T_1$ .

Para un conjunto de variables de control, el problema de cinemática directa se puede establecer como un sistema de 6 ecuaciones de restricción asociadas con las piernas (Subsistema I) y 3 ecuaciones de restricción en las coordenadas generalizadas (Subsistema II) en 9 incógnitas:

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= [(1-k)x_3 + ky_1 - a_1]^2 + [(1-k)y_3 + ky_1 - b_1]^2 + [(1-k)z_3 + kz_1 - c_1]^2 - l_1^2 = 0 \\ \Phi_2 &= [(1-k)x_2 + ky_1 - a_2]^2 + [(1-k)y_2 + ky_1 - b_2]^2 + [(1-k)z_2 + kz_1 - c_2]^2 - l_2^2 = 0 \\ \Phi_3 &= [(1-k)x_1 + ky_2 - a_3]^2 + [(1-k)y_1 + ky_2 - b_3]^2 + [(1-k)z_1 + kz_2 - c_3]^2 - l_3^2 = 0 \\ \Phi_4 &= [(1-k)x_3 + ky_2 - a_4]^2 + [(1-k)y_3 + ky_2 - b_4]^2 + [(1-k)z_3 + kz_2 - c_4]^2 - l_4^2 = 0 \\ \Phi_5 &= [(1-k)x_2 + ky_3 - a_5]^2 + [(1-k)y_2 + ky_3 - b_5]^2 + [(1-k)z_2 + kz_3 - c_5]^2 - l_5^2 = 0 \end{aligned} \tag{1}$$

El triángulo formado por los puntos A1, B1 y C1 y dado que conocemos las coordenadas en el espacio de los puntos A1 y C1 (estos se obtienen a partir de las dimensiones físicas del robot), se puede obtener la longitud del lado AC usando el cálculo de la matriz. Restando los dos vectores de posición de los puntos A y C, se obtiene lo siguiente:

$$[AC] = [C] - [A] \tag{2}$$

Donde Ai y Ci son las coordenadas en el espacio de los puntos A y C, para el actuador respectivo i. Para la longitud de lado ACi, solo busque el módulo del vector resultante, usando la siguiente ecuación.

$$|AC| = \sqrt{AC_x^2 + AC_y^2} \tag{3}$$

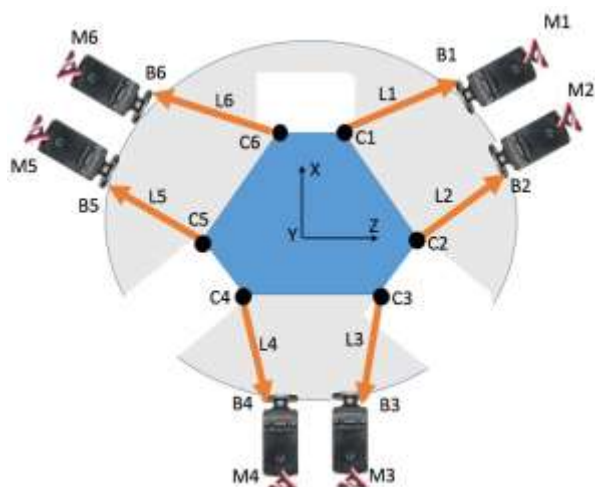


Figura 3 Plataforma Stewart modificada Puntos de unión de cada brazo para plataforma 6-6

Además de la longitud del actuador, se necesita encontrar el ángulo con el que se encuentra inclinado con respecto al servomotor. Este ángulo  $\Phi$  se halla con la siguiente ecuación:

$$\Phi = \sqrt{AC_x^2 + AC_y^2} \tag{4}$$

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

$$\Phi = \arctan\left(\frac{AC_x}{\sqrt{AC_x^2 + AC_y^2}}\right) \tag{5}$$

Una vez calculado este ángulo, que representa la inclinación del lado ACi con respecto a la vertical, y dado que se tiene los valores de los tres lados del triángulo, procedemos a calcular el ángulo que representa el valor de desplazamiento del motor. Para calcular este ángulo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\gamma = \cos^{-1}\left(\frac{l_i^2 + AC_i^2 - l_j^2}{2 * l_i * AC_i}\right) \tag{6}$$

Debido a que el ángulo  $\gamma$  es calculado con respecto a la horizontal, para calcular el ángulo que debe girar el servo, se emplea la siguiente ecuación:

$$\theta = \gamma + \phi - \frac{\pi}{2} \tag{7}$$

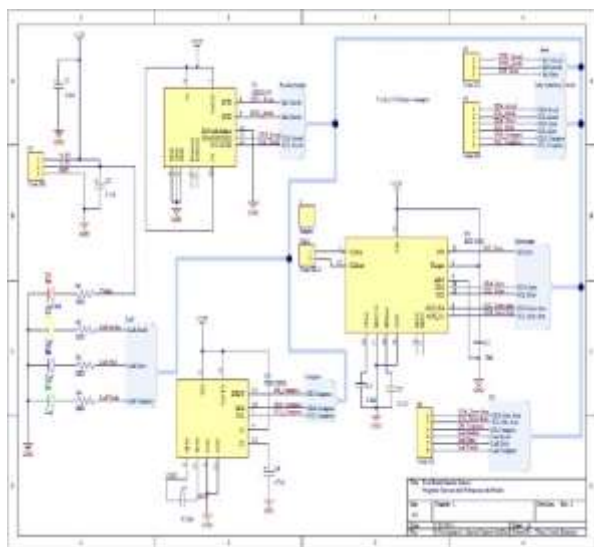
Siendo  $\theta$  el valor que deberá girar el servo, para que el actuador llegue a la longitud deseada, de acuerdo a las coordenadas espaciales indicadas para la unión esférica correspondiente.

### Implementación del Sensor

El acelerómetro utilizado fue el ADXL345, 3 ejes fabricado por Analog Devices, presenta alta resolución (13 bits), hasta  $\pm 16$  g. Su salida tiene formato de 16-bit twos complemento y se accede a través del protocolo IIC o SPI, con una resolución de 3,9 mg / LSB. También tiene medidas menos inclinadas a 1 y es resistente a impactos de 10000 g [11].

El rango de voltaje soportado por este sensor es de 2,0 a 3,6 V, tiene un consumo de 23 uA en funcionamiento y 0,1 uA en modo de espera con una tensión de alimentación de 2,5 V. En la Figura 4 se muestra el sensor esquemático ADXL345 en chip, Se aplica con sensores inerciales, un convertidor analógico a digital, un filtro digital, un módulo controlador de interrupción, una memoria FIFO 32 niveles y una interfaz serie (SPI e IIC). Es esencial tener en cuenta que la guía tendrá el sensor relativo al plano cartesiano de la plataforma móvil.

Se utiliza un giroscopio IMU-3000, es un sensor inercial fabricado por Inventor Sense ha incorporado un giroscopio de 3 ejes y un procesador de movimiento digital (DMP en inglés) que tiene un puerto de comunicación IIC, con la capacidad de detectar movimiento lineal y rotacional. Este dispositivo admite hasta 10000 impactos g [12]. Una característica destacada de la IMU-3000 es que es un sensor de rotación digital programable con rangos de  $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$  y  $\pm 2000$  grados por segundo (dps).



**Figura 4** Esquemático del sensor 9GDL Esquemático de los 3 sensores que conforman al sistema

Por ultimo la brújula magneto o compas digital HMC5883L también llamado sensor inercial es un eje 3 fabricado por Honeywell, diseñado para detectar el campo magnético de la tierra y se accede a través de un bus I2C, el HMC5883L está construido en un encapsulado LCC de 16 pines de 3 mm De ancho por 3 mm de largo y un grosor de 0,9 mm de montaje en superficie. Comprende un convertidor de 12 bits para una detección de campo magnético de alta resolución de la tierra. Está diseñado para una tensión de alimentación de 2,16 voltios a 3,6, con un consumo de 100uA y 2uA en modo inactivo, un rango de medición de  $\pm 8$  gauss con una resolución de 2 miligauss [13]. Para el compás magnético o magnetobrujula, necesario como los dos sensores anteriores, considerando su eje de referencia con respecto a la plataforma móvil.

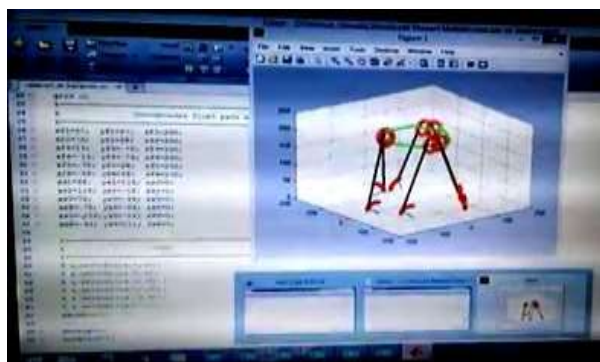
## Resultados

La conexión de los sensores se hace con el protocolo I2C como intrrefaz; Vale la pena denotar que el microcontrolador maestro tiene kernel de 32 bits, carga de captura y proresar los datos recibidos de los sensores. El sensor de rotación ha implementado un bus auxiliar I2C en el que es posible conectar el sensor del acelerómetro. La fusión de estos dos sensores permite detectar movimiento lineal y de rotación, donde se tiene la detección de seis grados de libertad de nuestro sensor de movimiento, los otros tres grados de libertad se obtienen de la brújula magnética, donde será mediante la detección del eje magnético De tierra en los tres ejes del plano cartesiano.

La otra opción, los CET, producen señales eléctricas proporcionales al recorrido de sus cables de extensión. El extremo del cable está unido al objeto móvil mientras el propio dispositivo está fijado a una parte estacionaria. A medida que el objeto se mueve, el cable se extiende o se retrae. El desplazamiento lineal se convierte entonces en desplazamiento angular con el cable enrollado sobre un carrete cilíndrico. Un sensor giratorio (potenciómetro o codificador de eje) mide la rotación del eje.

La imagen 5 muestra el rango de movimiento de esta plataforma. Como no se realizaron mediciones externas sólo la evaluación de grano grueso. Para la prueba y el análisis de grano grueso, se ordenó que la plataforma se moviera en las direcciones X, Y y Z así como realizar rotaciones positivas y negativas alrededor de estos ejes tanto como sea posible. La plataforma no lleva carga adicional y el consumo de corriente se controla para ver si al aplicar para una posición / orientación y alcanzar esta posición, se presenta un flujo de corriente incrementado para indicar si uno o más servos no pueden alcanzar la posición ordenadamente.

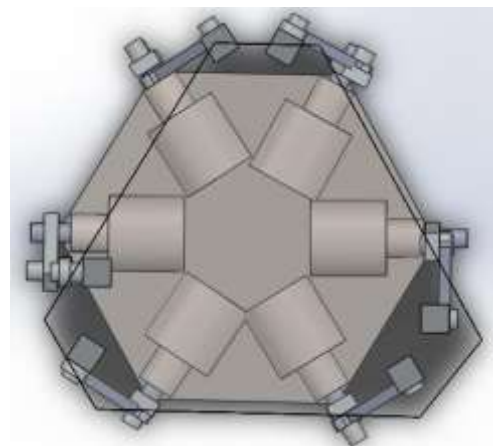
Dado que los servo motores de los empleados son capaces de realizar la rotación continua y los límites angulares en las articulaciones son lo suficientemente grande plataforma fue capaz de alcanzar todas las posiciones / orientaciones ordenados de acuerdo a las soluciones reales de (15). Sin embargo, este resultado es agradable de atribuirse a la variabilidad limitada en la longitud de las piernas virtuales y por lo tanto un área de trabajo relativamente pequeña.



**Figura 5** Valores retornados por el sensor 9GDL Software de adquisición de datos para plataforma

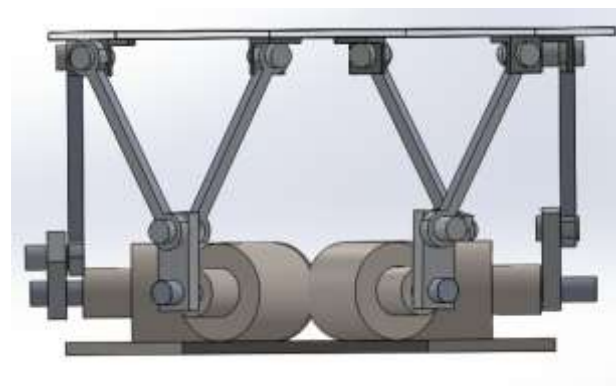
En la Figura 5 se muestra el rango de valores reales de movimiento con la ayuda de tres diagramas. La amplitud de movimiento es de unos 25, 28 y 15 mm para el movimiento a lo largo de las X, Y y Z, respectivamente. El código de color es la capacidad de cambiar la orientación de la plataforma en una posición determinada.

Esta ajustabilidad se calcula mediante el muestreo de los intervalos entre las rotaciones finales alrededor de todos los ejes en puntos igualmente espaciados linealmente, y muchas de estas rotaciones de control puede lograrse en un determinado lugar accesible. Se asignó un color verde para asignar el máximo número posible de rotaciones y un color rojo a 0 si no hubiera cambio de dirección era posible.



**Figura 6** plataforma construida Vista superior de la plataforma

En la figura 6 se muestra la plataforma construida y operando en los ángulos establecidos respecto a lo que indica tanto el sensor de 9 grados de libertad, así como los ángulos de cada uno de los ejes de movimiento.



**Figura 7** componentes de plataforma Algunos de los componenstes diseñados para la plataforma

**Conclusiones**

Se propuso un nuevo método para encontrar la única solución "verdadera" del DKP de un SP general utilizando tres sensores extra lineales. La fijación de los sensores adicionales lineales es relativamente fácil, no requiriendo la coalescencia de los puntos de fijación sobre la base o la plataforma.

La solución única se obtiene resolviendo un polinomio univariante de grado 5 generado a partir de un sistema sobredeterminado de 6 ecuaciones cuadráticas y aplicando un procedimiento de selección a sus soluciones. Y para ello, se diseñó e implementó un sensor de movimiento de 9 DoF, para utilizarlo en un SP, que tiene la ventaja de reducir el error del odómetro al considerar los principales factores que influyen en el movimiento. Así, la disminución del error se refleja en: i) error de orientación de la articulación. ii) La orientación de la plataforma móvil en todo momento esté orientada adecuadamente con el uso de magnetobújula y aseguraría que los ejes de referencia del plano cartesiano de la superficie donde se navega coincidan con los ejes de referencia de la plataforma.

**Referencias**

B. Dasgupta and T. Mruthyunjaya, "Closed-form dynamic equations of the general Stewart platform through the Newton-Euler approach (vol 33, pg 993, 1998)", *Mechanism and Machine Theory*, vol. 35, no. 4, p. III, 2000.

J. Merlet, "Designing a parallel manipulator for a specific workspace", *International Journal of Robotics Research*, vol.16,4, pp. 545-556, 1997.

Q. Jiang and C. M. Gosselin, "Maximal Singularity-Free Total Orientation Workspace of the Gough-Stewart Platform", *Journal of Mechanisms and Robotics-Transactions of the ASME*, vol. 1-3, 2009.

B. Dasgupta and T. Mruthyunjaya, "Singularity-free path planning for the Stewart platform manipulator", *Mechanism and Machine Theory*, vol. 33, no. 6, pp. 711-725, 1998.

M. Sorli and S. Pastorelli, "6-axis Reticulated Structure Force Torque Sensor with Adaptable Performances", *Mechatronics*, vol. 5, no. 6, pp. 585-601, 1995.

C. Kang, "Closed-form force sensing of a 6-axis force transducer based on the Stewart platform", *Sensors and Actuators A-Physical*, vol. 90, no. 1-2, pp. 31-37, 2001.

B. Dasgupta and T. Mruthyunjaya, "The Stewart platform manipulator: a review", *Mechanism and Machine Theory*, vol.35, no.1, pp.15-40, 2000.

M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

Borenstein, J., Feng, L. 1996. *Measurement and Correction of systematic Odometry Errors in Mobile Robots*. IEEE Transactions on Robotics and Automation. The University of Michigan. Vol 12, pp. 886-880.

Howe, T., Mailah, M. (2006). "Motion Control of Nonholonomic Wheeled Mobile Robot in a structured Layout". *Journal Mekanikal*. Department of Applied Mechanics. Universiti Teknologi Malaysia.

Valencia, J. (2009). *Modelo Cinemático de un Robot tipo diferencial y navegación a partir de la estimación odométrica*. Scientia et Technica. Pp. 191-196.

Analog Devices. (2011). *Digital Accelerometer*. Rev. C. US.

InvenSense. (2010). *IMU-3000 Motion Processing Unit Product Specification*. Rev. 1.1. US. Honeywell. (2012). *Three-Axis Digital Compass IC HMC5883L*. Rev.

Siciliano, B., Khatib, O. 2008. Springer Handbook of Robotics. Springer, Departamento de Informática y Sistemas, Universidad de Napoli Federico II, Italia.

Honeywell. (2012). Three-Axis Digital Compass IC HMC5883L. Rev. C. US.

## Simulación electrónica de una máquina dispensadora de alimentos saludables para una aplicación inteligente

RODRÍGUEZ-LOZANO, Karla Verónica\*† y MENDOZA-RUELAS, Antonio

Recibido Abril 13, 2017; Aceptado Junio 15, 2017

### Resumen

El abastecimiento de productos en máquinas dispensadoras, también llamado *Vending Machine* por sus siglas en inglés, ha estado evolucionando y su tendencia es ofrecer un producto preparado cuyos ingredientes sean seleccionados por el comprador. Durante años las máquinas de *vending* han abastecido a los consumidores con productos que “frecuentemente contienen excesivas grasas, azúcares o sal, dificultando que las personas puedan tener una alimentación equilibrada y, por ello, saludable”, como lo menciona Basulto en el artículo “*Máquinas expendedoras de comida al alcance de los niños*”[1]. El presente proyecto implementa la simulación electrónica de una máquina dispensadora de alimentos que, con ayuda de una aplicación inteligente, genera un menú saludable acorde a las características del comprador. Dicha simulación consiste en conectar la Raspberry 3.0® y la placa de Arduino® con los componentes electrónicos que permiten simular los alimentos que despacha la máquina. El reto es crear y comercializar la máquina que será la encargada de entregar los alimentos y así satisfacer los requerimientos nutricionales que necesita el usuario.

**Máquina dispensadora, Simulación Electronica, Raspberry Pi®**

### Abstract

The supply of products in Vending Machine, has been in constant evolution and its tendency is to offer a prepared product whose ingredients are selected by the buyer. For years vending machines have supplied consumers with products that "often contain excessive fats, sugars or salt, making it difficult for people to have a balanced and therefore healthy diet", as Basulto mentions in the article "*Máquinas expendedoras de comida al alcance de los niños*"[1]. The present project implements the electronic simulation of a food dispensing machine that, with the help of an intelligent application, generates a healthy menu according to the characteristics of the buyer. This simulation consists of connecting a Raspberry 3.0®, an Arduino® and the electronic components that allow to simulate the food that dispenses the machine. The challenge is to create and market the machine that will be in charge of delivering the food and thus satisfy the nutritional requirements that the user needs.

**Vending machine, electronic simulation, raspberry pi®**

**Citación:** RODRÍGUEZ-LOZANO, Karla Verónica y MENDOZA-RUELAS, Antonio. Simulación electrónica de una máquina dispensadora de alimentos saludables para una aplicación inteligente. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-2: 32-41

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: krodriguez@itslerdo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Una máquina dispensadora es una unidad de almacenamiento que ofrece el servicio de suministro de productos de consumo. A este servicio se le denomina *Vending Machine*.

Las *vending machine* se clasifican en dos categorías según el lugar en que se encuentren, 1) el *vending* cautivo que se encuentran en sitios cerrados y el 2) *vending* público que se localizan en sitios abiertos a cualquier transeúnte.

El tipo de productos que ofrece una *vending machine* han estado evolucionando. En sus inicios se ofrecía productos terminados, como chicles, refrescos, libros, etc., hoy en día se puede ofrecer un producto preparado cuyos ingredientes han sido seleccionados por el comprador, como una pizza, una pasta, etc. Sin embargo, gran parte de las máquinas que existen en el mercado, ofrecen productos alimenticios que contienen un alto índice de grasas y azúcares, siendo estos los favoritos de las personas no favoreciendo a generar buenos hábitos alimenticios.

“México es una de las 10 potencias mundiales en la producción, venta y consumo de la llamada comida chatarra y el primer productor en Latinoamérica”, esto lo afirma la encuestadora Kantar WorldPanel[2]. Ante esta realidad, se propone una solución que contribuya a mejorar los hábitos alimenticios, generando una aplicación para una *vending machine* que proporcione alimentos saludables, los cuales fueron seleccionados de un menú calculado con fórmulas fundamentadas en el libro “Krause Dietoterapia” [3] y por la norma mexicana “NOM-043-SSA2-2005 Servicios básicos de salud” [4]. Dicha aplicación se explica en el artículo “Aplicación inteligente para una máquina dispensadora de alimentos saludables” [5].

Este proyecto implementa la simulación electrónica de la máquina dispensadora mencionada en el artículo anterior [5].

El apartado II muestra el marco conceptual de las herramientas y software que se utilizan en la investigación.

En el apartado III se describe el proceso de desarrollo del tema, enumerando las actividades para la simulación de la máquina dispensadora.

El apartado IV se aboca en la evaluación de los resultados obtenidos, validando y verificando los componentes de la aplicación, además se establecen las conclusiones obtenidas en el tema y se describen algunas recomendaciones para futuras investigaciones.

**Fundamentación Teórica****Raspberry Pi®**

Es un ordenador de placa reducida de bajo coste. Desde su primera versión la Raspberry Pi® ha ido actualizando sus placas para estar a la par con las nuevas tecnologías. Para este proyecto se utiliza la versión 3.0B y su principal ventaja es la utilización de conectividad inalámbrica Wi-Fi [6].

El sistema operativo para instalar en la placa es el Raspbian® de Linux por su bajo consumo de memoria, su entorno gráfico ligero, entre otras características que lo hacen esencial para trabajar en proyectos de desarrollo de software [7].

**C++®**

Existe diferentes tipos de lenguajes de programación que se pueden utilizar para realizar proyectos en una placa Raspberry Pi®.



El lenguaje de programación implementado en el proyecto es C++®, ya que es un lenguaje orientado a objetos que permite incrementar la productividad, calidad y reutilización de código [8].

### QtCreator® en Raspbian®

QtCreator® es un entorno integrado de desarrollo (IDE) creado por Trolltech®, es multiplataforma y fue especialmente hecho para el desarrollo en C++ haciéndolo más fácil y rápido [9].

### MySQL®

MySQL® es un sistema gestor de bases de datos relacional cliente-servidor que incluye programas cliente para acceder al servidor, herramientas administrativas, un servidor SQL y una atractiva interfaz de programación. MySQL® es portable y puede ser ejecutado en muchos sistemas operativos, incluyendo Linux® [10].

### Arduino®

Es una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software. El Arduino® se puede usar para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos con Arduino® pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en una computadora [11].

### Metodología

El proyecto basa su operación en tres actividades principales: a) el análisis de los valores que arroja la aplicación para su posterior uso en la simulación, b) la identificación del software que se instaló en la Raspberry®, para el diseño la interfaz gráfica y c) el desarrollo de la simulación electrónica de la selección y entrega de los alimentos definidos por la aplicación en el menú.

### Aplicación Inteligente

Como se menciona en el artículo “Aplicación inteligente para una máquina dispensadora de alimentos saludables”[5], la aplicación realiza una serie de pasos, los cuales se sintetizan en la Figura 1.

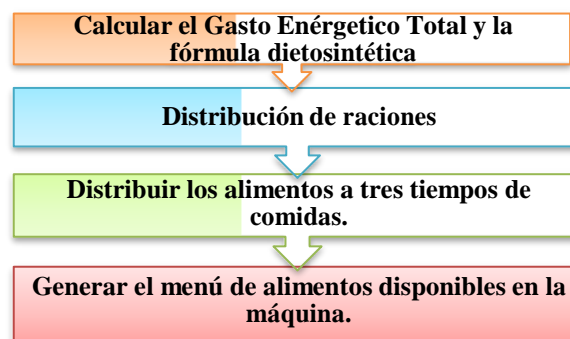


Figura 1 Esquema de la aplicación inteligente

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología de “Aplicación Inteligente para Una Máquina Dispensadora de Alimentos Saludables”. [5]

### Interfaz con Raspberry Pi®

Para la creación de la interfaz con el usuario se realizaron los siguientes pasos como se muestra en la figura2.

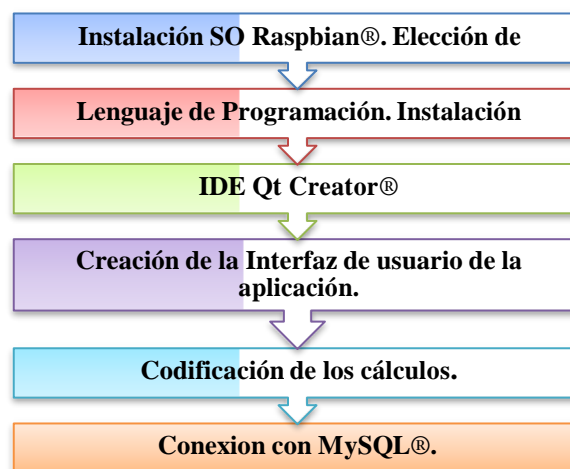


Figura 2 Esquema de la interfaz

Fuente: Elaboración propia

Se instaló Raspbian® como sistema operativo por las características y beneficios que presenta, como, ofrecer una interfaz gráfica sencilla y cómoda, además de una extensa compatibilidad con programas que facilitan la creación del software.

Se utilizó el entorno de desarrollo Qt Creator®, debido a que cuenta con herramientas de diseño de interfaces gráficas fáciles de usar e implementar, además, el lenguaje de programación C++, lo que facilitó la simulación con LED's por la compatibilidad con el Arduino®.

Una vez que se instaló Qt Creator®, se creó la interfaz gráfica de la pantalla que podrá ver el usuario al interactuar con la máquina expendedora. Dicha pantalla permitirá al usuario ingresar sus datos a evaluar y posteriormente mostrale el menú generado (Anexo figura 1).

Después de crear la interfaz, se realiza la codificación de los cálculos, tomando en cuenta los datos de entrada. Una vez realizado el código, se instala el gestor de bases de datos MySQL® y las librerías necesarias para su interacción con la aplicación. En la figura 2 del anexo se muestra el diagrama de librerías implementado en el proyecto.

### Simulación de máquina dispensadora

El proceso para la realización de la simulación de la máquina expendedora se explica en Figura 3.

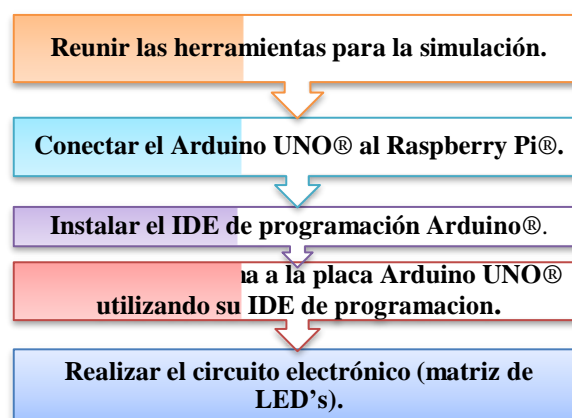


Figura 3 Esquema de simulación

Fuente: Elaboración propia

Para la realización de la simulación fueron necesarias las siguientes herramientas:

- 1) 1 Raspberry Pi 3.0®
- 2) 1 Arduino UNO®.
- 3) 3 Tablillas Protoboard.
- 4) 48 Leds de alta luminosidad.
- 5) 6 Resistencias de 220Ω

Una vez que se identificaron las herramientas a utilizar en la simulación, se realiza la conexión del Arduino UNO® con la Raspberry Pi®, por medio del cable USB. Cabe mencionar que la Raspberry Pi® no tiene puertos COM, y el único puerto que proporciona al Arduino® es el /dev/tty/USB01.

Para poder utilizar el Arduino UNO®, es necesario cargar el programa en esta placa por medio del IDE de programación Arduino, el cuál fue necesario instalar en la Raspberry Pi®. Posteriormente se carga el código de programación en Arduino®, para compilar y subirlo a la placa.

Ya conectado el Arduino UNO® a la Raspberry Pi®, se realiza la conexión de Qt Creator® con Arduino®. Para que esto fuese posible, se instalaron librerías para la interacción con el puerto serial de la Raspberry Pi® (donde está conectado el Arduino UNO®).

Finalmente, al tener el programa cargado en la placa Arduino UNO®, y el código correspondiente en el Qt Creator® para la conexión con el puerto serial de esta placa, se diseñó el esquema con las combinaciones que la aplicación utiliza para saber que alimentos fueron generados por el menú, de acuerdo a la fila y columna seleccionada. Por ejemplo, al generar el menú de alimentos, este podría contener la combinación A8 que sería correspondiente a la fila 1 de la columna 8, la aplicación encenderá el led al que le corresponda dicho alimento (Anexo figura 3). De esta manera se lleva a cabo la representación de los alimentos con la matriz de leds, cabe mencionar que los alimentos estarán organizados de acuerdo a sus propiedades nutricionales acomodadas conforme a los macronutrientes proteínas, lípidos y carbohidratos. (Anexo figura 4 )

## Resultados

La información que a continuación se presenta, explica de forma general como son tratados los datos en la aplicación inteligente para su posterior uso en la simulación.

En la tabla 1 se indica los datos reales que un usuario introduce a la aplicación.

Datos Usuario	Valor
Sexo(H/M)	H
Edad(años)	35
Estatura(cms)	170
Peso(kg)	70
Actividad Física	Sedentaria

**Tabla 1** Ejemplo de datos de entrada del usuario

Fuente: Elaboración propia

Con base a esta información, el procesamiento de datos se explica a continuación.

Se aplica la fórmula para obtener el gasto energético total y la dietosintética de acuerdo a los datos introducidos para posteriormente distribuir las raciones de los alimentos a 3 tiempos de comidas

<b>GET</b>	1847.3
<b>Carbono</b>	230.88
<b>Proteína</b>	92.35
<b>Lípido</b>	41.04

**Tabla 2** Resultados de GET y fórmula dietosintética

Fuente: Elaboración propia

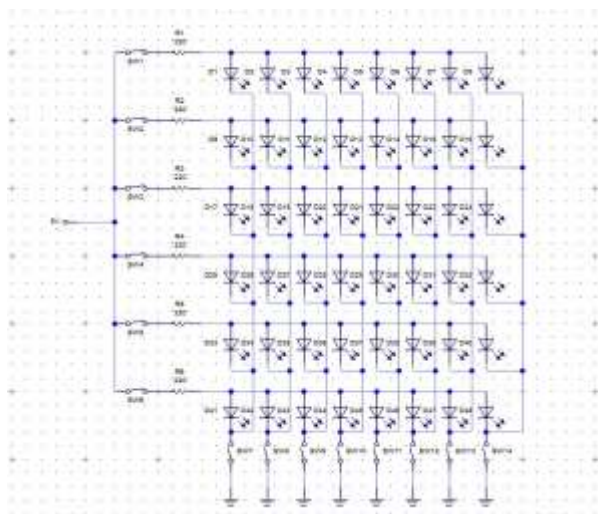
Los tiempos de comida se clasifican de acuerdo al siguiente rango de horario: De 05:00 a 11:59 horas es desayuno, de 12:00 a 17:59 horas es comida y de 18:00 a 23:00 horas es cena, mientras que de 23:01 a 04:59 horas, el sistema queda deshabilitado por ser *vending cautivo*. El sistema verifica la hora en que se realiza la petición del servicio para generar el menú de alimentos disponibles en la máquina.

Grupo		Desayuno	Alimento
Verduras		1	Jugo de Naranja/ Zanahoria
Fruta		1	Jugo de Naranja/ Zanahoria
Cereales	sin grasa	1	Cereal de Maíz
	con grasa	3	Cereal de Maíz
Leguminosas		0	-----
Origen Animal	muy bajo en grasa	0	-----
	baja en grasa	1	Yogurth
Leche descremada		2	Yogurth
Aceites y Grasas	sin proteína	1	Yogurth
	con proteína	0	-----

**Tabla 3** Menú generado por el sistema a las 10:00 hrs

Fuente: Elaboración propia

La simulación permite representar en una matriz de leds de 6 renglones por 8 columnas los alimentos disponibles de la máquina, mandando simultáneamente un pulso eléctrico para encender los leds correspondientes a los alimentos utilizados en el menú generado (Tabla 3). En la figura 4 se muestra el circuito montado en la Protoboard para la matriz de leds.



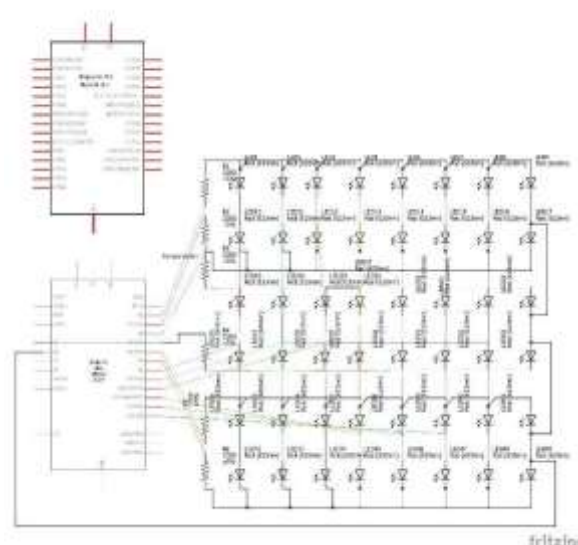
**Figura 4** Representación del circuito correspondiente a la matriz de leds

*Fuente: Elaboración propia*

### **Entorno de Desarrollo: Livewire Professional Edition®**

La matriz de leds se conecta al Arduino UNO® para su control, así mismo este último a la Raspberry Pi®, que por medio de la aplicación envía a la placa de Arduino UNO® la combinación de coordenadas (renglón/columna) del led a encender en la matriz. Las salidas de los pines de la placa Arduino UNO® 2, 3, 4, 5, 6 y 7 están asignados a las filas A, B, C, D, E y F respectivamente, y las salidas 8, 9, 10, 11, 12, 13, A0, A1, a las columnas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

El esquema de la simulación final se muestra en la figura 6

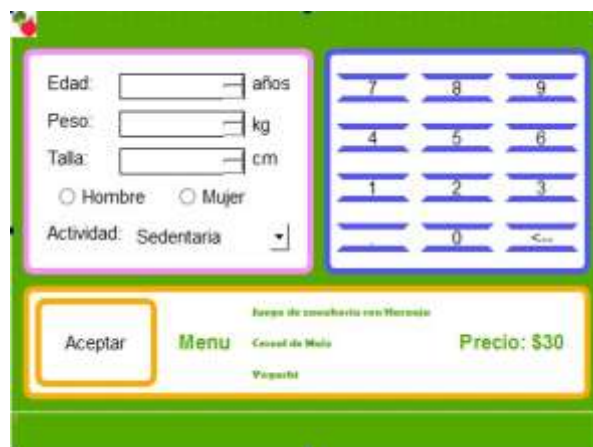


**Figura 5** Esquematización del diagrama Sistema Experto

*Fuente: elaboración propia*

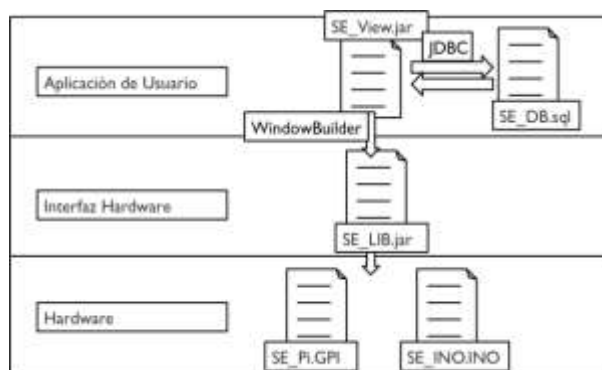
### **Entorno de Desarrollo: Fritzing 0.9.3b 2016®**

### **Anexos**



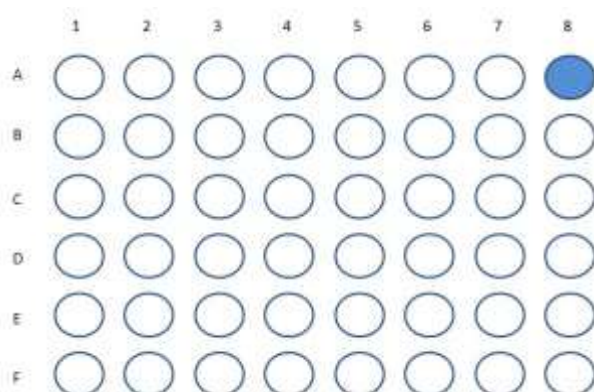
**Figura 6** Diseño de interfaz gráfica

*Fuente: Aplicación Inteligente para Una Máquina Dispensadora de Alimentos Saludables. [5]  
Entorno de Desarrollo: QT Creator®.*



**Figura 7** Diagrama de Librerías

Fuente: Aplicación Inteligente para Una Máquina Dispensadora de Alimentos Saludables. [5]



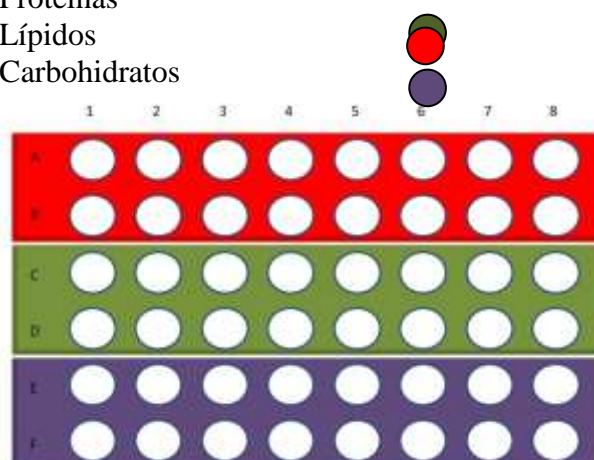
**Figura 8** Representación de la elección de un alimento en la matriz de leds

Fuente: Elaboración Propia

Proteínas

Lípidos

Carbohidratos



**Figura 9** Representación de los alimentos según los macronutrientes color rojo para proteínas, verde para lípidos y morado los carbohidratos

Fuente: Elaboración Propia

## Agradecimiento

Se agradece al Dr. Hesner Coto Fuentes, a los ingenieros Yychel Cabelaris y Luis Salinas, por su valioso apoyo en la realización del proyecto, así mismo, se extiende el agradecimiento a la Subdirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

## Conclusiones

El desarrollo de este proyecto resulta como complemento de la aplicación inteligente, descrita y analizada en el artículo “Aplicación inteligente para una máquina dispensadora de alimentos saludables[5]”, y pretende contribuir a favorecer la globalización de la cultura de una vida saludable, para ofrecer a todas las personas la oportunidad de involucrarse de manera más sencilla a este estilo de vida con la ventaja de reducir el costo y tiempo a invertir al momento de acudir con un profesionalista del área. Es importante aclarar que el uso de esta máquina dispensadora de alimentos no suple la atención médica especializada en casos donde se encuentre en riesgo la salud de los usuarios.

El diseño de la implementación de la simulación de la máquina dispensadora permitirá demostrar que su uso en distintos lugares como escuelas, gimnasios, centro comerciales, entre otros, ayude a incursionar a las personas a un estilo de vida más saludable, favoreciendo a disminuir los altos índices de distintas enfermedades que actualmente han increpado a gran parte de nuestra sociedad, tales como la diabetes, sobrepeso y obesidad, ya que el cálculo de los alimentos a despachar esta fundamentada en normas internacionales reconocidas por expertos en el tema y por la norma “NOM-043-SSA2-2005 Servicios básicos de salud” que se encuentra en la Guía de Alimentos para la Población Mexicana”, escrita por la Secretaria de Salud Mexicana” [4].

Una de las principales características del proyecto que aquí se describe es la facilidad de actualización, ya que en un futuro se pueden incluir dispositivos que permitan hacer más eficiente el proceso. Entre los dispositivos que se pueden acoplar, se encuentran, una báscula digital para la obtención del peso en kilogramos, así como sensores para medir la altura en metros. La principal ventaja en incorporar estos dos dispositivos es el poder obtener los datos reales del usuario y así poder calcular el índice de masa corporal (imc), permitiendo generar un menú de forma más precisa.

Finalmente, en el futuro se pretende utilizar un servidor para almacenar los datos históricos de cada usuario identificado por medio de tarjetas rfid para poder llevar el control y registro de su alimentación en el cuidado de su salud integral y así generar el menú acorde a su evolución analizando los alimentos que han beneficiado a la salud de la persona.

## Referencias

- [1] Basulto, J. (26 de Julio de 2013). *Máquinas expendedoras de comida al alcance de los niños. Obtenido de Eroski Consumer*: [http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender\\_a\\_comer\\_bien/infancia\\_y\\_adolescencia/2013/07/26/217441.php](http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/infancia_y_adolescencia/2013/07/26/217441.php)
- [2] Pérez, D. M. (3 de Julio de 2015). *El suculento negocio de la comida chatarra en México. Obtenido de El País*: [http://economia.elpais.com/economia/2015/07/02/actualidad/1435873418\\_975461.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/07/02/actualidad/1435873418_975461.html)
- [3] Mahan & Escott-Stump & Raymond (2013). *Krause Dietoterapia, 13th Edition. México: ELSEVIER*
- [4] *Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria, Norma Oficial Mexicana, NOM-043-SSA2-2005*, escrita por la secretaría de salud Mexicana. Diario Oficial de la Federación, 23 de Enero de 2006.
- [5] Rodríguez K, Salinas L, Cabelaris Y. "Aplicación Inteligente para Una Maquina Dispensadora de Alimentos Saludables", Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S. ECOFRAN, Vol. 1, No. 1, 10 pág., 2016.
- [6] Tecnología, A. (2013). ¿Qué es Raspberry Pi y para qué sirve? (A. Tecnología, Ed.) Recuperado el 2016 de Septiembre de 22, de <http://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20130716/abci-raspberry-como-201307151936.html>
- [7] RaspberryPi. (2014). Welcome to Raspbian. Recuperado el 16 de Octubre de 2016, de Raspberry Pi Org: <https://www.raspbian.org/>
- [8] Carretero, J., García, F., Anasagasti, P. D., & Pérez, F. (2004). *Sistemas Operativos. Una visión aplicada. Colombia: Mc. Graw Hill.*
- [9] Colh, A. (2009). *Manual Qt-Creator*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de <https://sites.google.com/site/freeunomas/manual-qt-creator>
- [10] MySQL. (2016). MySQL. (O. Corporation, Editor) Recuperado el 01 de Septiembre de 2016, de Overview of MySQL Connector/J: <http://dev.mysql.com/doc/connector-j/5.1/en/connector-j-overview.html>
- [11] RaspberryPi. (2013). *Arduino IDE*. Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=37&t=42530>

100 Ideas para Emprender. (s.f.). *Vending de frutas*. Obtenido de 100 Ideas para Emprender: <http://www.soyentrepreneur.com/100ideas/2010/11/vending-de-frutas/>

Adafruit. (17 de Septiembre de 2014). *Fácil instalación PiTFT 3.5*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2016, de Adafruit: <https://learn.adafruit.com/adafruit-pitft-3-dot-5-touch-screen-for-raspberry-pi/detailed-install>

Arias A. (2015). *Aprende a Programar en Python*. Madrid, España.

Da Costa Carballo C.M. (2009). *Fundamentos de tecnología documental*. Madrid, España: Complutense.

CollabNet. (2009). *CollabNet*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2016, de <http://argouml-stats.tigris.org/documentation/quickguide-0.32/ch01.html#d0e117>

Debrauwer L. & Van Der Heyde F. (2013). EcuRed. (2016). *Qt Creator*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de EcuRed: [https://www.ecured.cu/Qt\\_Creator](https://www.ecured.cu/Qt_Creator)

García, V. S.(2015). *Introducción a Raspberry Pi*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2016, de Hacklab\_armeria: <http://hacklabalmeria.net/recursos/intropi.pdf>

Gieandomenico, E. (1998). *Microprocesadores y Microordenadores*. (D. d. web, Ed.) Recuperado el 01 de Septiembre de 2016, de [http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/digital\\_II/MicroProcesOrdenadores.pdf](http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/digital_II/MicroProcesOrdenadores.pdf)

Gómez, J., Padilla, N., Gil Martínez, J. (Enero 2007). *Administración de sistemas operativos Windows y Linux*. México: Alfaomega.

HostelVending. (14 de Noviembre de 2014). *HostelVending*. Obtenido de <http://www.hostelvending.com/noticias/noticias.php?n=6329>

HostelVending. (25 de Febrero de 2015). *Cada vez más, nuestros clientes nos exigen alternativas que se adecuen a los nuevos hábitos*. Obtenido de Hostel Vending: <http://www.hostelvending.com/noticias/noticias.php?n=6502>

MoocIntef EducaLab. *Glosario de términos y conceptos robóticos*. Creative Commons Reconocimiento.

Nevado M. V. (2010). *Introducción a las bases de datos relacionales*. Madrid, España: Visión

Pérez C. (2009). *MySQL para Windows y Linux*. México: Alfaomega.

“Protocolo para Orientación Nutricional en la prevención y control de enfermedades crónicas, escrita por la secretaria de salud Mexicana Secretaría de Salud (2010)”.

Qt Creator ®. (Octubre 2010). *Aprenda Qt4 desde hoy mismo*. Anónimo

Robert J. Lawrie. (volumen 2). *Biblioteca practica de motores eléctricos*. New York, EU: McGraw-Hill.

Silberschatz, A. (s.f.). *Sistemas Operativos* (Quinta ed.). Estados Unidos: Pearson.

Tanenbaum, A. (2009). *Sistemas Operativos Modernos*. México: Pearson Education.

Upton, E. (29 de Febrero de 2016). *Raspberry pi on sale now at 35\$*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2016, de Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-3-on-sale/>

VENDIBERICA. (s.f.). *Hostel Vending, la herramienta imprescindible en VENDIBERICA. VENDIBERICA, Feria Internacional del Vending*.

Vending, H. (14 de Noviembre de 2014). *Calidad Pascual refuerza su oferta para un vending más saludable*. Obtenido de HostelVending:  
<http://www.hostelvending.com/noticias/noticias.php?n=6329>

Ugalde J. (2000). *Programación de Operaciones*. Costa Rica: EUNED.

Wnight, S. (2014). *MySQL Server on Raspberry Pi*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de [stewright.me](http://www.stewright.me):  
<https://www.stewright.me/2014/06/tutorial-install-mysql-server-on-raspberry-pi/>



## Evaluación de algoritmos bajo métricas definidas, para la identificación de la figura humana a través de patrones implementados en los lenguajes de programación python y c

BENÍTEZ-QUECHA, Claribel\*†, ALONSO-HERNÁNDEZ, Luis, ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol y ACEVEDO-MALDONADO, Josué

*Instituto Tecnológico de Oaxaca*

Recibido Abril 27, 2017; Aceptado Junio 21, 2017

### Resumen

Existen varios tipos de algoritmos de visión artificial que han sido utilizados para captar patrones de imágenes por un medio óptico. Sin embargo, de estos algoritmos de visión artificial, se desconoce cuál es el más eficiente para procesar una imagen y reconocer un patrón. Estos algoritmos efectúan tareas repetitivas con precisión y rapidez, permiten trabajar fuera del alcance visible distinguiendo detalles no visibles por el ojo humano. El presente trabajo se avoca a analizar los diferentes algoritmos para identificar los que recuperan una mayor cantidad de información al procesar una imagen.

**Patrones, algoritmos, visión artificial**

### Abstract

There are several types of artificial vision algorithms that have been used to capture patterns of images by an optical medium, however of these artificial vision algorithms it is unknown which is the most efficient to process an image and recognize a pattern. These algorithms perform repetitive tasks with precision and speed, allow to work out of the visible range distinguishing details not visible by the human eye. The present work aims to analyze the different algorithms to identify those that recover a greater amount of information when processing an image.

**Patterns, algorithms, artificial vision**

**Citación:** BENÍTEZ-QUECHA, Claribel, ALONSO-HERNÁNDEZ, Luis, ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol y ACEVEDO-MALDONADO, Josué. Evaluación de algoritmos bajo métricas definidas, para la identificación de la figura humana a través de patrones implementados en los lenguajes de programación python y c. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-2: 42-52

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: claribelbk@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Para realizar esta investigación se identificó primeramente qué algoritmos de visión artificial existen y/o son los más usados, obteniendo los siguientes:

Escalado de grises, Histograma, Binarización, Desenfoco, Erosión, Dilatación, Detección de bordes y Detección de contornos

Posteriormente se llevó a cabo un proceso de análisis de dichos algoritmos mediante pruebas a través de métricas definidas, con la finalidad de obtener qué algoritmo(s) de reconocimiento de imágenes recababan la mayor información de una imagen, para detectar patrones previamente definidos, en dicha imagen. La cual era obtenida a través de un medio óptico.

En éste trabajo, para efectos de pruebas, usamos el patrón de una mano.

De tal manera que obtenemos una imagen a través de un medio óptico, le aplicamos un procesamiento basado en uno de los algoritmos analizados y nos debe regresar que tan cercana es ésa imagen a un determinado patrón.

Por ejemplo si el patrón a reconocer es la imagen de una mano, al procesar la imagen a partir de alguno de los algoritmos analizados, la información que éste nos regresa es que tan cercana ó similar es la imagen analizada a la forma de una mano (patrón).

El proceso en sí consideró aplicar el ciclo de vida para el desarrollo de software, que implica: análisis, codificación, pruebas, interpretación de resultados y tabla de resultados de pruebas. El ámbito de la visión artificial tiene múltiples beneficios en cuanto a la amplia gama de utilidades que se le puede dar, entre ellas la identificación de patrones al analizar imágenes de piezas en el proceso de control de calidad, en el ámbito industrial.

Ya que es posible detectar detalles que el ojo humano no alcanzaría a visualizar.

**Descripción del problema**

En la actualidad existe una variedad bastante amplia de algoritmos para el reconocimiento de patrones de imágenes obtenidas a través de un medio óptico, pero no se ha hecho un trabajo de análisis que permita identificar cuál de ellos aporta el mayor número de información al tratar una imagen, y bajo qué circunstancias.

**Marco Teórico****Estado del Arte**

Investigadores de Microsoft en Asia en conjunción con el Instituto de Tecnología en Computación de la Academia China de la Ciencia, están haciendo pruebas para que su dispositivo Kinect pueda interpretar el lenguaje de señas utilizando sus capacidades para leer el cuerpo. En su configuración para traducir, Kinect interpreta el lenguaje de señas y lo convierte en texto o sonido utilizando un software llamado "3d trajectory marching" (empate de trayectoria 3D). Con el objetivo de ayudar a las personas que no pueden oír ni hablar. (Saavedra, Y. 2013)

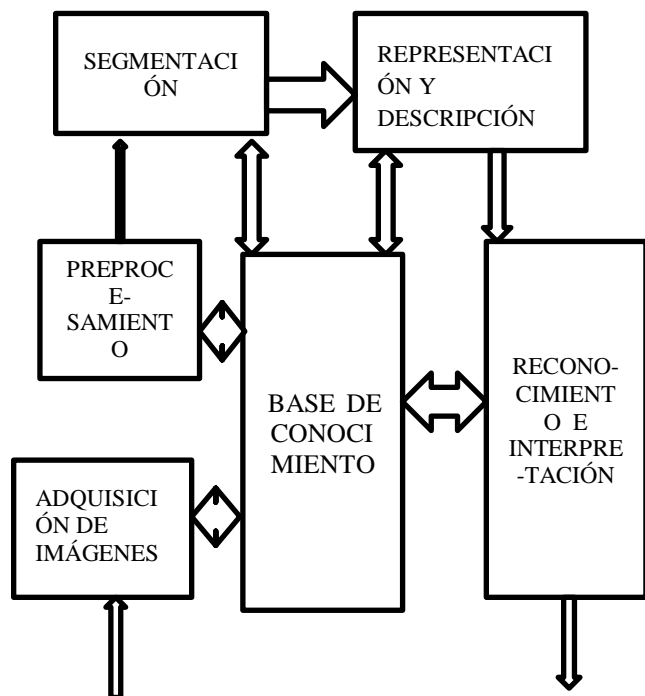
Reconocimiento de gestos manuales utilizando Kinect por Yi Li 2012. Su propuesta se basa en realizar primero la extracción de las manos utilizando para ello el dispositivo Kinect, para posteriormente realizar un cálculo de la envolvente convexa usando el algoritmo de Graham. Con ello se obtiene el contorno de la mano y los defectos de convexidad para identificar y obtener un vector para cada uno de los dedos. Finalmente el reconocimiento de cada seña se clasifica por medio del conteo de dedos, por el dedo específico detectado y por una comparación de vectores de cada dedo. Este algoritmo reconoce 9 señas. (Leal, G.2014).

## Conceptos

Algoritmo: Joyanes (2015), en su libro “Fundamentos de Programación” define algoritmo como “un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema. El algoritmo constituye un método para resolver un problema mediante una secuencia de pasos a seguir”.

“La visión artificial es una rama de la inteligencia artificial que tiene por objetivo modelar matemáticamente los procesos de percepción visual en los seres vivos y generar programas que permitan simular estas capacidades visuales por computadora”. (Pajares Sanz, 2010).

En la figura 1 podemos ver de forma esquemática las diferentes etapas que comprende la visión artificial en el procesamiento de imágenes.



**Figura 1** Etapas de la aplicación de visión artificial (Marcos, 2006, pág. 17)

Patrón: Es la guía para diseñar una imagen u objeto.

Clasificación de patrones en visión artificial

1.-Patrones vectoriales: son aquellos que se encargan de dar una clasificación más detallada de los patrones.

2.-Patrones estructurados: son aquellos que codifican relaciones entre componentes del objeto o descriptores.

3.- Sistema básico de reconocimiento : Un sistema completo de patrones que incluye un sensor que recoja fielmente los elementos del universo a ser clasificado, su propósito es extraer la información importante ,eliminando la información no importante y finalmente la toma de decisiones en la cual se asigna la categoría apropiada de los patrones.

Imagen: Es un objeto iluminado por una fuente radiante. Las que se perciben en las actividades visuales cotidianas provienen, normalmente, de la luz reflejada por una imagen representada por  $\text{I} = \text{I}_0 + \text{I}_r$ . Está caracterizada por dos componentes: la cantidad de luz incidente que procede de la fuente de escena contemplada; y la cantidad de luz reflejada por los objetos de la escena. (Marcos, A.G. 2006)

Procesamiento digital de imágenes: Es la transformación de una imagen del mundo real a un formato digital por medio de una computadora y su posterior procesamiento por parte de este. (López, R. 2006).

Python: Es un lenguaje de programación orientado a objetos, creado por Guido van Rossum a finales de los ochenta, y sus características son las siguientes:

Es sencillo de programar y el pseudo-código es lógico. De propósito general ya que se puede crear todo tipo de programas y así mismo se puede desarrollar páginas web. Es Open Source (Código abierto) esto es, trabaja en diferentes plataformas como Linux, Windows y Mac, y es gratuito.

## Metodología

El primer punto a realizar consistió en identificar los algoritmos más representativos en visión artificial, en función de su frecuencia de uso en ésta área, identificándose los siguientes: Escalado de grises, Histograma, Binarización, Desenfoque, Erosión, Dilatación, Detección de bordes, Detección de contornos.

En el siguiente punto se llevó a cabo la definición de las métricas para la evaluación de los algoritmos. Se definieron en base a las características que debe tener una imagen para su procesamiento, a saber: Tamaño de la imagen, número de valores por cada pixel, número total de pixeles por imagen, peso del archivo (jpg), tiempo para procesar la imagen (seg), precisión con respecto a la imagen original.

Para la codificación de los algoritmos usamos Programación Extrema. En el estudio de los algoritmos se llevó a cabo un proceso de análisis, codificación y pruebas de cada uno de ellos, hasta obtener un resultado de valor, como el umbral necesario para la obtención de las imágenes binarizadas (imágenes en blanco y negro), así como los histogramas de las imágenes digitales, los cuales permiten la identificación de patrones utilizando un rango en el escalado de grises.

Cada uno de estos algoritmos presenta elementos básicos para realizar el proceso de codificación, lo que permite ejecutar una serie de pruebas de forma individual a fin de describir las funcionalidades de los mismos. Fase de análisis. En esta fase se hace referencia a los objetivos de estos algoritmos de visión artificial y se presenta el escenario de pruebas.

**Codificación.** En esta fase se implementó el algoritmo a través de herramientas computacionales, en cuyo caso fue el uso del lenguaje de programación python, con sus herramientas de procesamiento matemático.

**Pruebas.** Para demostración de los algoritmos se ocuparon imágenes digitales que contenían diferentes escenarios en los cuales existían elementos con patrones referentes a manos humanas.

Se resume el análisis en una tabla de pruebas de los algoritmos, donde se describe el tamaño de la imagen obtenida en pixeles, número de valores por cada pixel, número total de pixeles por imagen, peso del archivo (jpg), tiempo (seg) y precisión.

## Desarrollo

### Escalado de grises

**Análisis:** La escala de grises de una imagen digital representa que cada pixel de la misma contenga un valor (color) equivalente a un nivel de gris. Para lograr esto se obtiene de cada punto en la imagen una tonalidad idéntica para asociarla a los tres colores primarios (RGB).

La importancia del escalado a grises de una imagen radica en el uso subsecuente que se le da, ya que el resultado de este algoritmo permite la aplicación de otros algoritmos, como la binarización.

Codificación (parte del código):

```
//función de escalado de grises ocupando las
//librerías numpy y scipy //
def toGray(self):
    self.img=self.img.convert('L')
//utilización del algoritmo//
if __name__ == '__main__':
    f=filter("url-imagen")
```

```
f.toGray()
f.ver()
```

Pruebas: El gráfico 2 muestra la imagen procesada. Los datos de dicho procesamiento sirvieron para evaluar los parámetros mencionados en la tabla 1.



**Figura 2** Aplicación de escala de grises sobre una imagen con un objeto de interés en fondo blanco. Fuente propia.

Tamaño de la imagen en pixeles	Número de valores por cada pixel	Número total de pixeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.5 MB	0.01	1
200x400	3	240,000	0.65 MB	0.02	1
400x400	3	480,000	0.75 MB	0.04	1
400x600	3	720,000	0.88 MB	0.10	1
600x800	3	1,440,000	0.98 MB	0.15	1

**Tabla 1** Tabla de tiempos y pruebas. Escalado a grises de imagen en fondo blanco. Fuente propia

Resultados: Como se muestra en la tabla 1, en las pruebas realizadas es posible obtener el nivel de gris necesario para cada imagen y así lograr su correspondiente tono en escala de grises. Para la obtención del nivel de color correcto se lleva a cabo el cálculo de un promedio de los niveles de color rojo, verde y azul (RGB).

### Histograma

Análisis: Es la representación de la distribución de color que existe en una imagen. En el área de procesamiento de imágenes, representa el número de pixeles de colores en cada uno de los rangos que existen.

Para la detección de los patrones que forman la mano de una persona se utilizaron los histogramas de las imágenes para obtener los pixeles, con valores de un rango de 150 a 200 en escala de RGB.

Codificación (parte del código):

```
//función para obtener y mostrar el histograma
de una imagen ocupando las librerías numpy
y scipy/
def histograma(self):
    if self.img.mode!="L":
        "convirtiendo a grayscale...."
        self.toGray()
        data=list(self.img.getdata());
        bins = np.linspace(0,255,256)
        hist(data,bins)
        show()
```

Pruebas: la figura 3 muestra la imagen procesada, y la tabla 2 los valores obtenidos.



**Figura 3** Histograma de una imagen con fondo gris. Fuente propia

Tamaño de la imagen en pixeles	Número de valores por cada pixel	Número total de pixeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.55 MB	0.8	1
200x400	3	240,000	0.70 MB	0.9	1
400x400	3	480,000	0.77 MB	1.1	1
400x600	3	720,000	0.90 MB	1.3	1
600x800	3	1,440,000	0.99 MB	1.7	1

**Tabla 2** Tabla de tiempos y pruebas. Histograma de imagen con fondo blanco. Fuente propia

Resultados: Mediante el uso de un histograma bidimensional en escala de grises segmentada en 5 grupos, se obtuvieron resultados que permiten evaluar la coincidencia de patrones en las imágenes para obtener formas de manos.

Con base a los histogramas se obtuvo que el valor óptimo para la identificación de patrones se encuentra en el rango 125 a 225 (RGB).

### Binarización

Análisis: De forma general la binarización de las imágenes consiste en utilizar un nivel de gris predeterminado que se conoce como umbral, y con base a ello etiquetar como 0 todos los píxeles con niveles de gris inferior y como 1 a los píxeles que tengan un nivel igual o superior.

Codificación (parte del código):

```
//función de binarizado de imágenes//
def binarizacion(self,umbral):
    mat=self.img.load()
    med=self.img.size
    print med
    for x in range(med[0]):
        for y in range(med[1]):
            if mat[x,y]>umbral:
                mat[x,y]=0
    else:
        mat[x,y]=255
```

Pruebas: La figura 4 muestra la imagen procesada y la tabla 3 los valores obtenidos.



**Figura 4** Binarización de imágenes con diferentes niveles de color blanco. Fuente propia

Tamaño de la Imagen en píxeles	Número de valores por cada pixel	Número total de píxeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.5 MB	0.62	0.71
200x400	3	240,000	0.65 MB	0.84	0.75
400x400	3	480,000	0.75 MB	1.29	0.78
400x600	3	720,000	0.88 MB	1.85	0.80
600x800	3	1,440,000	0.97 MB	3.21	0.82

**Tabla 3** Tabla de tiempos y pruebas. Binarización imagen en blanco. Fuente propia

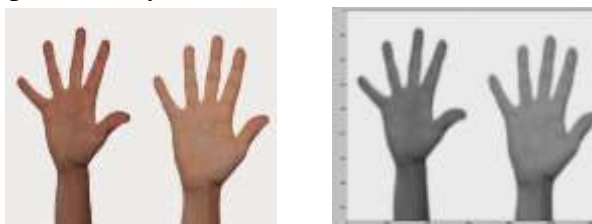
Resultados: El proceso de binarizado de una imagen se calculó sobre una imagen a escala de grises. Observamos que es necesario aplicar el escalado de grises en una imagen RGB para que el procesamiento de imágenes sea más eficiente en la identificación de patrones.

Desenfoque.- El algoritmo de desenfoque tiene como objetivo separar el fondo de los objetos de interés, esto mediante el distanciamiento de píxeles a través de cambios en los colores.

Codificación (parte del código):

```
//función de desenfoque para imágenes//
def desenfo(self,sigma):
    blurred_lena =
    ndimage.gaussian_filter(self.img,
    sigma=sigma)
    plt.imshow(blurred_lena,
    cmap=plt.cm.gray)
    plt.show()
```

Pruebas: La figura 5 muestra la imagen procesada y la tabla 4 los valores obtenidos.



**Figura 5** Aplicación de desenfoque para redondeo de contornos. Fuente propia

Tamaño de la imagen en pixeles	Número de valores por cada pixel	Número total de pixeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.5 MB	0.62	0.80
200x400	3	240,000	0.65 MB	0.74	0.81
400x400	3	480,000	0.75 MB	1.12	0.85
400x600	3	720,000	0.88 MB	1.95	0.87
600x800	3	1,440,000	0.97 MB	3.21	0.9

**Tabla 4** Tabla de tiempos y pruebas. Desenfoque para contornos. Fuente propia

**Resultados:** La aplicación del algoritmo de desenfoque en una imagen con diversos objetos de interés provoca un aumento en el ruido de la misma.

### Erosión

**Análisis:** Las imágenes digitales son un conjunto de pixeles (matrices de datos). Para el algoritmo de erosión, son necesarios dos conjuntos de datos que se utilizan aplicando el concepto de inclusión, en los que los elementos de un conjunto están contenidos en el otro.

Codificación (parte del código):

```
import cv2 //importación del librería con
herramientas matemáticas//
import numpy as np //importación de librería
para el trabajo con matrices de python//
img = cv2.imread('url-imagen') //carga de la
imagen a analizar//
kernel = np.ones((5,5), np.uint8) // ubicación
de puntos para la aplicación del algoritmo //
img_erosion = cv2.erode(img, kernel,
iterations=1) // aplicación del algoritmo //
cv2.imwrite('archivo-destino', img_erosion)
//archivo resultado de la aplicación del
algoritmo/
```

**Pruebas:** La figura 6 muestra la imagen procesada y la tabla 5 los valores obtenidos.



**Figura 6** Aplicación morfológica de erosión en imagen con fondo negro. Fuente propia

Tamaño de la imagen en pixeles	Número de valores por cada pixel	Número total de pixeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.55 MB	1.2	1
200x400	3	240,000	0.70 MB	1.3	1
400x400	3	480,000	0.77 MB	1.5	1
400x600	3	720,000	0.90 MB	1.84	1
600x800	3	1,440,000	0.99 MB	2.17	1

**Tabla 5** Tabla de tiempos y pruebas. Aplicación morfológica de erosión en imagen con fondo negro. Fuente propia

**Resultados:** En las pruebas realizadas, el algoritmo presentó en imágenes binarias, la contracción de colores en los límites de las regiones de los objetos de interés. Lo que posibilita una mejor separación de elementos.

### Dilatación

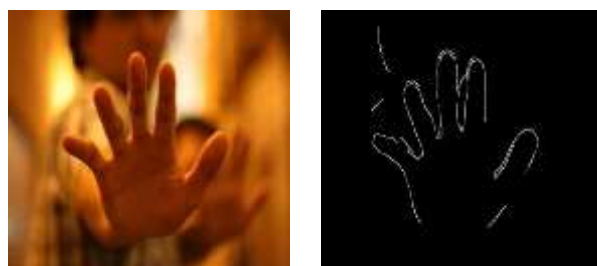
**Análisis:** La dilatación y erosión se conocen como las operaciones primarias de formas geométricas para las imágenes. Estas imágenes permiten componer las operaciones de conjuntos de apertura y clausura. Además estas operaciones tienen relación con la representación de la descomposición y extracción de datos de las imágenes.

Codificación (parte del código):

```
import cv2 //importación del librería con
herramientas matemáticas//
import numpy as np //importación de librería
para el trabajo con matrices de python//
```

```
img = cv2.imread('url-imagen') //carga de la
imagen a analizar//
kernel = np.ones((5,5), np.uint8) // ubicación
de puntos para la aplicación del algoritmo //
img_dilation = cv2.dilate(img, kernel,
iterations=1) // aplicación del algoritmo //
cv2.imwrite('archivo-destino', img_dilation)
//archivo resultado de la aplicación del
algoritmo//
```

Pruebas: La figura 7 muestra la imagen procesada y la tabla 6 los valores obtenidos.



**Figura 7** Aplicación de transformación de dilatación en imagen con fondo claro. Fuente propia

Tamaño de la imagen en pixeles	Número de valores por cada pixel	Número total de pixeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.55 MB	0.9	1
200x400	3	240,000	0.70 MB	1.2	1
400x400	3	480,000	0.77 MB	1.3	1
400x600	3	720,000	0.90 MB	1.6	1
600x800	3	1,440,000	0.99 MB	1.9	1

**Tabla 6** Tabla de tiempos y pruebas. Aplicación de transformación de dilatación en imagen con fondo claro. Fuente propia

**Resultados:** En las pruebas realizadas con diferentes imágenes digitales, se observó que el algoritmo permite la reducción de ruido en las mismas y además agrega un suavizamiento a cada una de ellas, permitiendo una separación de los objetos de interés del fondo de las imágenes. Una desventaja que se observó fue en imágenes cuyo fondo era blanco, debido a que la dilatación provoca una deformación en los objetos de interés.

## Detección de bordes (Canny)

**Análisis:** El objetivo del algoritmo es la identificación de los bordes de un objeto de interés, en las imágenes. Para llevar a cabo el proceso se basa en la identificación de puntos en una imagen digital en la que el brillo de la imagen cambia drásticamente (tiene discontinuidades).

### Codificación (parte del código):

```
import cv2 //importación del librería con
herramientas matemáticas//
import numpy as np //importación de librería
para el trabajo con matrices de python//
img = cv2.imread('url-imagen',0) //carga de la
imagen a analizar//
edges = cv2.Canny(img,100,200) //aplicación
de detección de bordes //
cv2.imwrite('archivo-destino', edges) //archivo
resultado de la aplicación del algoritmo//
```

Pruebas: La figura 8 muestra la imagen procesada y la tabla 7 los valores obtenidos.



**Figura 8** Detección de bordes en imagen con luz natural. Fuente propia

Tamaño de la imagen en pixeles	Número de valores por cada pixel	Número total de pixeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.55 MB	1.3	0.63
200x400	3	240,000	0.70 MB	1.36	0.74
400x400	3	480,000	0.77 MB	1.57	0.80
400x600	3	720,000	0.90 MB	1.9	0.81
600x800	3	1,440,000	0.99 MB	2.2	0.82

**Tabla 7** Tabla de Tiempos y pruebas. Detección de bordes en imagen con luz natural. Fuente propia



Resultados: La detección de bordes se llevó a cabo mediante la utilización del algoritmo de Canny debido a su principal ventaja que es la gran adaptabilidad para ser aplicado a diversos tipos de imágenes, además de no disminuir el rendimiento de detección con respecto a los recursos computacionales del equipo, ante la presencia de ruido en las imágenes originales.

Aunque exista ruido en las imágenes el algoritmo logró la detección del 80 al 100 % de los bordes.

Las imágenes para las cuales este algoritmo no tiene una buena aceptación son aquellas en las que el ruido es muy alto, o en las que el suavizado difumina demasiado los bordes haciendo la detección más difícil por la aplicación.

### DetECCIÓN DE CONTORNOS

Análisis: Al igual que el algoritmo de detección de bordes, la detección de contornos se basa en los cambios drásticos de los puntos de color de las imágenes digitales, este último se apoya de los cambios de niveles de grises que ocurren en ubicaciones específicas de las imágenes. Mientras el nivel presenta un cambio alto, la detección de contornos tiene un mejor resultado.

Codificación (parte del código):

```
import cv2 //importación del librería con
herramientas matemáticas//
img = cv2.imread('url-imagen') //carga de la
imagen a analizar//
edges = cv2.Canny(img,100,200) //aplicación
de detección de bordes //
im2, contours, hierarchy =
cv2.findContours(edges,cv2.RETR_TREE,cv
2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
//identificación de contornos en la imagen //
cv2.drawContours(img, contours, -1,
(0,255,0), 3) //marcado de contornos en la
imagen con color verde//
```

```
cv2.imwrite('archivo-destino', img) //archivo
resultado de la aplicación del algoritmo//
```

Pruebas: La figura 9 muestra la imagen procesada y la tabla 8 los valores obtenidos.



**Figura 9** Detección y pintado de contornos en imagen con fondo blanco. Fuente propia.

Tamaño de la imagen en pixeles	Número de valores por cada pixel	Número total de pixeles por imagen	Peso del archivo (jpg)	Tiempo (seg)	Precisión
100x200	3	60,000	0.5 MB	0.62	0.80
200x400	3	240,000	0.65 MB	0.74	0.81
400x400	3	480,000	0.75 MB	1.12	0.85
400x600	3	720,000	0.88 MB	1.95	0.87
600x800	3	1,440,000	0.97 MB	3.21	0.9

**Tabla 8** Tabla de tiempos y pruebas. Detección y pintado de contornos en imagen con fondo blanco. Fuente propia

Resultados: En las pruebas realizadas de la implementación, se obtuvo un porcentaje del 75% al 100% de aceptación del algoritmo en imágenes con poco ruido, con cambios de colores entre el objeto de interés y su entorno, y sin elementos encimados.

### Resultados

Al analizar los algoritmos se observó que para la obtención de información referente a la mano de una persona, sólo el algoritmo de detección de contornos y/o de Canny, es el algoritmo capaz de regresar dicha información. Dado que en las imágenes el algoritmo logró la detección del 80 al 100 % de los bordes.

Para obtener una mayor precisión en la detección de contornos se deben aplicar algoritmos de eliminación de ruidos en las imágenes.

Las imágenes de 400 x 400 píxeles son las que propician un análisis más eficiente en tiempo y precisión así como menor uso de recursos computacionales.

Observamos que si la resolución de una imagen se encuentra en el rango de 400 a 800 de ancho y de 400 a 800 de alto, la eficiencia del algoritmo de detección de contornos es de un 76% a 85% con un tiempo aproximado entre 1.25 a 1.68 segundos, destacando la necesidad de utilizar algoritmos de eliminación de ruido.

Se analizaron los algoritmos sobre las métricas de complejidad en tiempo y en espacio. Y como se muestra en las tablas la aplicación de los algoritmos son óptimos en ambos lenguajes de programación, pero la velocidad de ejecución en el lenguaje C, es menor, por lo que muestra una mayor eficiencia para el análisis realizado.

### Conclusiones

En base al análisis efectuado la conclusión a la que llegamos es que el Algoritmo de Canny, también conocido como de Detección de Bordes, proporciona la mayor información respecto a una imagen obtenida por un medio óptico, para identificar un determinado patrón.

La velocidad de ejecución en el lenguaje C, es menor, por lo que muestra una mayor eficiencia para el análisis realizado.

### Agradecimiento

Al Instituto Tecnológico de Oaxaca.

### Referencias

Blázquez Pérez, L. (28 de 01 de 2013). *Luis\_Blázquez Reconocimiento Facial Basado en Puntos*. Recuperado el 01 de 09 de 2016, de Universidad Autónoma de Madrid: [http://atvs.ii.uam.es/seminars/PFC\\_Luis\\_Blazquez.pdf](http://atvs.ii.uam.es/seminars/PFC_Luis_Blazquez.pdf)

Canny. (1986). A Computational Approach to Edge Detection. En *canny, Canny. A Computational Approach to Edge Detection* (págs. 679,698).

Davies, R. (1977). *Theory Algorithms*. En E. R. Davies, *Theory Algorithms* (pág. 750). Londres: Academic Press.

De la Fuente, E., & Trepardeme, F. (15 de 04 de 2002). *Imágenes Binarias*. Recuperado el 12 de 05 de 2016, de Empleado cámaras, Software y un hardware convencional, los sistemas de visión moderno : <http://www.librovision.eii.uva.es/pdf/cap4.pdf>  
Dueñas, C. P. (2009). *Electrónica, Automática e Informática Industrial*. E.U: GNU.

Escolano, O.F.(2006). *Visión Artificial: Extracción de Características*. En O. F. Escolano, *Visión Artificial: Extracción de Características* (pág. 17). España: Mc Graw Hill.

Grimaldos, J. J. (20 de 08 de 2005). *Tratamiento digital de imágenes*. Recuperado el 07 de 09 de 2016, de Tipos de imágenes: <http://www.grimaldos.es/cursos/imgdig/tipos.html>

Joyanes, A.L.(2015). *Fundamentos de programación*. En A. L. Joyanes, *Fundamentos de programación* (pág. 20). España: McGraw-Hill.

Karina. (13 de 11 de 2015-11-13). *StarMedia México*. Recuperado el 20 de 09 de 2016, de ¿Qué es la digitalización?: <http://tecnologia.starmedia.com/especificaciones/que-digitalizacion.html>

Leal, G. (25 de 03 de 2014). *Prezi*. Recuperado el 07 de 09 de 2016, de Reconocimiento de patrones visión artificial: <https://prezi.com/ycspmf5khan9/reconocimiento-de-patrones-vision-artificial/>

López, R. (20 de 08 de 2006). *Departamento de procesamiento de señales*. Recuperado de verona.fi-p.unam.mx: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec\\_9.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec_9.htm)

Lozano Mantilla, G. A. (20 de 12 de 2012). *Visión Artificial e interacción sin mandos*. Recuperado el 03 de 30 de 2016, de <http://sabia.tic.udc.es/>: <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/3D/VisiónArtificial/>

Marcos, A. G. (2006). *Técnicas y Algoritmos Básicos de Visión Artificial*. España: edmans.  
Pablo, L. (2011). *Cuattroriestecnologías*. Recuperado el 12 de 10 de 2016, de Principales Características del Lenguaje Python: [http://www.cuattrorios.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161:principales-caracteristicas-del-lenguaje-python&catid=39:blogsfeeds](http://www.cuattrorios.org/index.php?option=com_content&view=article&id=161:principales-caracteristicas-del-lenguaje-python&catid=39:blogsfeeds)

Pajares Sanz, M. (20 de 12 de 2010). *Definición de visión artificial*. Recuperado el 12 de 03 de 10, de Visión artificial e interacción sin mandos: <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

Saavedra, Y. (24 de 07 de 2013) *Microsoft planea usar Kinect para interpretar el lenguaje de señas*. Recuperado el 12 del 10 de 2016 de <https://hipertextual.com/2013/07/kinect-lenguaje-senas>

## Elaboración de videotutoriales con windows movie maker para el aprendizaje de la matemática

FELICIANO-MORALES, Angelino\*† y CUEVAS-VALENCIA, René Edmundo

*Universidad Autónoma de Guerrero*

Recibido Abril 4, 2017; Aceptado Junio 7, 2017

### Resumen

En el presente artículo se describe el proceso de elaboración de videotutoriales con el software Windows Movie Maker, el cual debe contribuir al desarrollo de habilidades en los docentes para adquirir la competencia tecnológica que les permita preparar un material didáctico visual que facilite la presentación del contenido de la matemática. En particular, se aspira diseñar una estrategia que permita presentar el contenido sobre el cálculo del área de una región limitada por dos funciones de forma adecuada. Como resultado del trabajo, se ha generado un videotutorial, desarrollado con Windows Movie Maker, el cual puede ser utilizado por los docentes y estudiantes del nivel superior que estén interesados en el aprendizaje del Cálculo Integral. Finalmente, es importante destacar las bondades de este software de edición de videotutoriales para fortalecer el aprendizaje de la matemática y con ello coadyuvar al logro de las competencias que debe apropiarse los estudiantes. Además, esta herramienta cuenta con un entorno amigable, lo cual facilita su utilización por parte de los docentes en su quehacer formativo.

**Software, Movie Maker, Área, Funciones**

### Abstract

This article describes how to make Video Tutorials with Windows Movie Maker for developing visual didactic material that facilitates the presentation of the content of the math. In particular, it is hoped to design a strategy that allows presenting the content on the calculation of the area of a region limited by two functions in an appropriate way. As a result of the work, a video tutorial, developed with Windows Movie Maker, has been generated, which can be used by teachers and students of the higher level who are interested in learning the Integral Calculus. Finally, it is important to highlight the benefits of this video editing software to strengthen the learning of mathematics and thereby contribute to the achievement of the skills that should be appropriated by students. Windows Movie Maker has many advantages for editing or making video tutorials for improving the knowledge on mathematics: for instance, this software is very user friendly.

**Software, Movie Maker, Area, Functions**

**Citación:** FELICIANO-MORALES, Angelino y CUEVAS-VALENCIA, René Edmundo. Elaboración de videotutoriales con windows movie maker para el aprendizaje de la matemática. *Revista de Cómputo Aplicado* 2017, 1-2: 53-62

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: afmorales@uagro.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El aprendizaje de la matemática en el nivel superior ha sido un problema sin resolver, a pesar de los esfuerzos realizados por educadores e investigadores quienes plantean adaptar el software educativo existente a las necesidades de cada grupo académico por el facilitador. Por otro lado, no es fácil aplicar las recomendaciones sobre las teorías educativas para elaborar un software de acuerdo a la necesidad de cada Institución Educativa con el enfoque apropiado, considerando su especialidad formativa; (Cataldi, Z., Lage, F., Pesacq, R., y García-Martínez, R., 2007). Por otro lado, el uso de la tecnología en la educación superior facilita la presentación de contenidos de las Unidades de Aprendizaje (UAp) de los planes de estudio de los Programas Educativos (PE) y de manera particular en el aprendizaje de la Matemática. (Rodríguez, I., Medina, L.A., González, S. y López, G.A. 2017)

En la actualidad se hace necesaria la incorporación de nuevas alternativas tecnológicas en la educación para facilitar la solución de la problemática sobre el aprendizaje de la Matemática en el nivel superior; En particular, atender la problemática del cálculo de áreas de una región plana limitada por dos funciones y/o relaciones, (Aviles, J. Feliciano, A. Cuevas, R.E. y Alonso, G. A., 2015). ). Los vídeos es una opción que tiene todo profesor para adaptar o elaborar e incorporar a su práctica docente y estar acorde con la utilización de la herramienta tecnológica. (Olvera, Y., Gea, M. y Barrón, J. 2016)

Las nuevas tecnologías y redes sociales son herramientas que permiten incorporar algunos recursos en formato digital, los cuales ofrecen la posibilidad de diseñar materiales de naturaleza virtual, como la elaboración de videotutoriales que contribuyan en el aprendizaje de la Matemática (Feliciano, A., Cuevas, R.E. y Catalán, A. 2016).

Es necesario señalar que la elaboración de material didáctico es de vital importancia en la práctica educativa para facilitar el desarrollo de habilidades en el estudiante que le permita lograr la competencia de la UAp. (Luna, G; Sabino, B., Márquez, J. y Sánchez, M. 2016)

Por tanto, es importante destacar que el objetivo principal del presente trabajo es describir una técnica para elaborar videotutoriales a través de Movie Maker, misma, que permita a los docentes con poca habilidad realizar sus materiales de clase de una manera sencilla e intuitiva, principalmente para el área de las matemáticas aplicadas a la computación. De manera específica se describen las acciones realizadas de un caso de éxito relacionado con la temática del cálculo de áreas de una región plana limitada por dos funciones y/o relaciones. Lo anterior pretende incidir en el modo de abordar las matemáticas usando las TIC (para este caso el apoyo de videotutoriales) como una estrategia didáctica para fortalecer las competencias de los estudiantes y de esa forma incidir en beneficio del estudiantado.

## Antecedentes

A pesar de la escasez de información respecto a la elaboración de videotutoriales sobre el Cálculo de Áreas de una Región Plana Limitada dos Funciones y/o Relaciones matemáticas; sin embargo, es importante señalar que se ubicaron en youtube.com un buen número de ejemplos relativos al tema en cuestión. Además, cabe mencionar que existen asociaciones de matemáticas y física quienes han señalado la importancia del uso de la tecnología en la educación. Algunos estudios realizados sobre el uso de la tecnología en el aula (Medina y Hernández 2012) muestran cómo desarrollar habilidades de visualización a través del uso de ambientes virtuales.

Por otro lado, (Trouche y Drijvers, 2010) presentan una visión del futuro en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias exactas, con la utilización de la tecnología. El Newton Gymlab, es un sitio web con temas relacionados a cursos del Departamento de Física y Matemáticas de nivel profesional. (Artigue, 2007)

En este sitio, los profesores ponen a disposición el material generado y utilizado, dentro y fuera del salón de clase. El Newton Gymlab es enriquecido por las aportaciones de los profesores del departamento y del Tecnológico de Monterrey que han ido desarrollando material para innovar con el uso la tecnología en sus respectivos cursos. (Medina, L. M., Jaquez, J., Noguez, J. J., y García, R. M, 2013).

Los métodos de enseñanza - aprendizaje en todos los niveles de educación y específicamente el superior, han ido evolucionando y adaptándose a la tecnología actual para fortalecer el quehacer educativo del docente facilitador. (Rodríguez, I. y Madrigal, A. 2016)

Por otro lado, el resultado de las investigaciones realizadas en el Laboratorio de Informática Educativa (LIE), sobre el diseño y evaluación de software educativo, están centrados en dos pilares de las teorías del aprendizaje y las metodologías propias de la ingeniería de software. Con relación a la Ingeniería de Software, la investigación documental se orientó hacia a la identificación de metodologías de diseño que contienen los métodos, las herramientas y los procedimientos específicos para la construcción de software. (Cataldi, Z., Lage, F., Pessacq, R., y García-Martínez, R., 2007)

### **Metodología de Trabajo**

La metodología consiste en describir el procedimiento para elaborar un videotutorial para ponerlo a disposición en un repositorio en la plataforma del Cuerpo Académico Académico “Desarrollo Tecnológico Aplicado” con clave UAGRO - CA-178.

Para generar vídeostutoriales como material didáctico que sirva de apoyo a la exposición magistral del docente en el salón de clase para fortalecer las competencias que debe adquirir el estudiante. Para ello se requieren algunos elementos fundamentales, tales como hardware, software específico (Movie Maker) para crear vídeos como apoyo a la educación. También se hace mención que se utilizó una cámara para grabar la exposición del docente sobre el problema de Cálculo de Áreas de una Región Plana Limitada por dos funciones y/o Relaciones. Además, se utilizaron notas, gráficas y diapositivas elaboradas en PowerPoint sobre el tema planteado. (García, P., 2011)

La generación de vídeos es un recurso didáctico que puede utilizar el docente en el proceso de aprendizaje del estudiante tanto en aula como fuera de ella. Generalmente, algunos estudiantes requieren de mayor tiempo para asimilar conceptos o procesos de elaboración conocimientos que se expresan a través del vídeo puesto a su disposición. Esto se favorece la repetición de la visualización del videotutorial por parte del educando de forma autónoma, las veces que sea necesario hasta lograr la comprender la explicación del profesor. El vídeo en cuestión fue generado para fortalecer las competencias de la UAp de Cálculo Diferencial e Integral, de los PE que se ofertan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro).

Este vídeo aborda en un primer momento las operaciones previas sobre álgebra elemental, graficación de funciones y/o relaciones, así como la evaluación de la Integral Definida, competencias que el estudiante debe tener. La segunda parte, corresponde a la grabación de la exposición realizada por el docente sobre el Cálculo de Área de una Región Plana Limitada por dos Funciones y/o Relaciones. Este material fue preparado con la intención de que el estudiante pueda repasar el tema en el caso de que haya algún concepto u operación que no haya quedado claro olvidado. De esta manera, los educando tienen una guía para el repaso de conocimientos previos, la realización de ejercicios y problemas del mismo tipo para fijar y mejorar su conocimiento.

Para producir el vídeo se requiere una herramienta que involucre funciones, opciones, así como el equipo de cómputo que realice la captura de todas las acciones, movimientos y sucesos que se producen, tales como: Captura de imágenes, desde una cámara de vídeo digital conectada mediante un cable USB al PC. Se ordena el material disponible. Se edita el vídeo para realizar correcciones. De ser necesario se agregan efectos. Agregar títulos o subtítulos del vídeo. De ser necesario agregar color para homogenizar imágenes. Agregar sonido ambiente o música. Una vez finalizada la edición, se tienen listo el video para ponerse a disposición de los estudiantes.

Con relación a la evaluación del producto se hace la aclaración que sólo ha sido conocido por un grupo académico de 23 estudiantes, sin embargo la mayoría de ellos emitió una opinión aceptable. No obstante, algunos estudiantes opinaron que debe mejorarse el material con una segunda versión. Para complementar la metodología se tiene a continuación un análisis de la herramienta seleccionada

### **Análisis del Software existente**

La edición de videos está al alcance de cualquier persona que posea una computadora, en particular, aquellas que se dedican a formar recursos humanos. Además, el facilitador debe tener disposición de obtener nuevos conocimientos que le permita diseñar material didáctico que sea de utilidad para la práctica docente (Serrano, R.R. y Casanova, O. 2017). Sabiendo que existe una variedad de programas de edición de videos, se hizo necesario seleccionar que tipo de herramienta utilizar, por lo cual, se consideraron versiones gratuitas de las plataformas de Mac OS y Windows, de modo que el usuario no tenga la necesidad de realizar un gasto extra. A continuación se describirán las características principales de Mac OS y Windows (Del Pilar, M., Salinas, O., Velázquez, E. y Adán, E. 2015).

### **Herramientas de Mac OS**

**Apple iMovie:** Esta herramienta viene incorporada en los equipos nuevos de Mac (OS X). La última versión de iMovie 11 es un editor de video genial, equipado con una buena cantidad de funciones, como tráiler de película, efectos en un sólo paso, edición de audio, etc. Además, permite, en sólo unos clics, compartir tus películas en YouTube o exportar tus videos al iPhone, iPad, etc. iMovie es uno de los mejores programas para la edición de video, lo que le ha permitido mantener una buena reputación. Es importante señalar que los formatos de video compatibles con iMovie son pocos y se limitan a MP4, MOV y M4V (González, 2017).

**Xilisoft Movie Maker:** es una aplicación simple, sin embargo, es eficaz en la edición de películas y archivos de video. El programa es fácil de usar, no obstante, tiene buena selección de efectos y capacidades de edición. La interfaz es sencilla, facilita la edición con una gran ventana de vista previa. (Lynch, N. 2016).

**Blender:** Es un software para crear y manipular gráficos 3D, considerado como uno de los mejores editores de video para Mac. Puede ser utilizado para modelado, creación de texturas, animación, generación de formas 3D, simulaciones acuáticas y de humo. También es útil para la edición no lineal, composición y creación de aplicaciones 3D interactivas incluyendo films animados, videojuegos, y otros efectos visuales. (Álvaro, T. 2017)

### Herramientas de Windows

**Avidemux:** Es un editor de video diseñado para realizar tareas sencillas de corte, filtrado y codificación. La herramienta es completamente de código abierto y funciona en todas las plataformas, por lo que es ideal para quienes trabajan tanto en Mac OS como PC. Soporta varios tipos de archivos, incluyendo AVI, DVD MPEG, MP4 y ASF, usando una variedad de codecs de vídeo como DivX, Xvid, MPEG, Huffvuv, RAW o DV y de audio (MP3, WMA, AC3, MP2). (Mead, N. 2017).

**VideoLAN Movie Creator:** Este sistema es rápido, confiable y compatible con la mayoría de los formatos de vídeos, permite reproducir los formatos “mkv” con subtítulos. Además, está disponible para todos los sistemas operativos. (López, J.M. 2017)

**Wax:** Esta herramienta puede funcionar como plugin y de forma independiente, siendo su especialidad las transiciones y efectos. También cuenta con una rica biblioteca llena de imágenes y sonidos para los vídeos que se deseen editar, además, las secciones están llenas de filtros y de diversas transiciones con reproductor integrado y línea de tiempo múltiple que facilitan el trabajo. (Wax, 2016)

### AVS Video Editor

Este programa de edición cuenta con más de 100 efectos, su interfaz es diferente y al mismo tiempo “peculiar” en comparación con los demás proyectos, los cuales requieren un tiempo de adaptación. Cuenta con características de rotación, distorsión de imagen, etc. Además, cuenta con un buen nivel de compatibilidad y permite importar formatos como MPG, WAV, AVI, JPG y BMP. También brinda la posibilidad de exportar los vídeos editados a formatos populares como: AVI, WAV, WMV, BMP o RM. Indudablemente, AVS Video Editor es uno de los mejores editores de vídeo gratuitos. Se encuentra disponible en Internet. (Softonic, 2017)

**Microsoft Movie Maker:** Este programa es ideal para crear montajes de vídeo, usando el audio y las imágenes que se deseen. Cuenta con múltiples efectos que permiten acelerar o desacelerar la velocidad de un vídeo, rotarlo, cambiar la gama de colores, entre algunos efectos importantes. También permite capturar vídeo para usarlo de forma directa en algún proyecto al igual que trabajar en el nivel de sonido para resaltar lo que se requiere escuchar o que sea con mayor intensidad. (Ferri, F. 2016).

Una vez realizado el análisis del software existente en el ámbito computacional y considerando que Windows Movie Maker tiene ciertas ventajas sobre los demás programas para elaborar videotutoriales. En consecuencia se ha tomado la decisión de utilizar este programa para elaborar un video sobre el aprendizaje y enseñanza de la Matemática en la educación superior (Migueltorena, G., Vidal, A. y Ruiz, G. 2016).

### Resultados

Definir criterios e instrumentos para seleccionar, utilizar o adaptar materiales educativos existentes es tan importante como elaborarlos.



Evidentemente que su elaboración es una gran responsabilidad, debido a que se debe considerar el contexto de los estudiantes y no es fácil lograr este cometido. Además, vale la pena recordar que el esfuerzo de contextualizar el material elaborado puede ser realizado por los propios participantes del proceso educativo. (Kaplún, G., 2016).

A continuación se describe el resultado obtenido respecto a la elaboración de un video tutorial con Microsoft Movie Maker para la enseñanza – aprendizaje de la matemática en el nivel superior. En particular, se trata el problema de calcular el área limitada por dos funciones, dirigida a estudiantes de la Facultad de Ingeniería del PE de Ingeniero en Computación, dependiente de la Universidad Autónoma de Guerrero. Cabe señalar que el Cuerpo Académico “Desarrollo Tecnológico Aplicado” con clave UAGRO - CA-178 está diseñando una plataforma digital para utilizarla como repositorio en la cual se almacenaría la información que se genere y sea puesta a disposición de los estudiantes. A continuación se describe el proceso de elaboración del videotutorial.

## Procedimiento

- a. Primer paso: Pestaña principal del programa, luego se da clic en el botón “Agregar videos y fotos”.

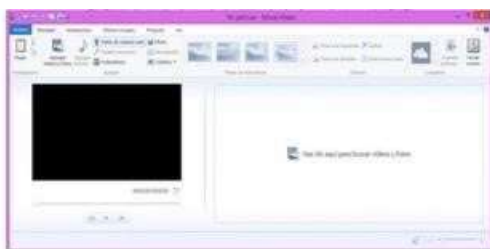


Figura 1 pantalla principal

Fuente de edición propia

- b. Enseguida, se arrastran los archivos desde otra carpeta a la ventana de Windows Movie Maker para agregarlos. Una vez agregados, algunos clips o imágenes, se arrastran y sueltan para reorganizarlos.



Figura 2 Pestaña principal

Fuente de edición propia

- c. Posteriormente, se agregan movimientos, seleccionando la imagen y dando clic en la pestaña de animaciones. La sección de transiciones mostrará animaciones que se pueden colocar en las imágenes.



Figura 3 Inicio del videotutorial

Fuente de edición propia

También, se puede agregar música de fondo e insertar una narración. Esto permitirá grabar voz. Para agregar un archivo de música, se da clic en el botón de “Agregar música”.



Figura 4 Insertando audio

Fuente de edición propia

- d. Se agrega el título, esto permite abrir una ventana y muestra la pestaña de formato. Una vez agregado el texto, se continúa con el desarrollo. Luego se añade una imagen nueva, insertando en ella el texto y se colocan algunas animaciones.

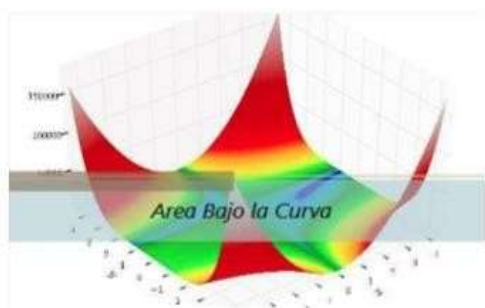


Figura 5 Imagen con texto

Fuente de edición propia

- e. En seguida, se muestra el inicio de la solución problema, proporcionando la definición del concepto.



Figura 6 Definición de concepto

Fuente de elaboración propia

- f. A continuación se presenta el desarrollo del problema paso a paso con su respectiva narración, hasta obtener los puntos que se requieren calcular. Comienza el video tutorial explicando el problema resuelto en el primer paso

1. Calcular los puntos Intersección.  
Resolver el sistema de ecuaciones.

$$-x^2 + 2x + 3 = x^2 - 4x + 3$$

$$x^2 - 4x + 3 + x^2 - 2x - 3 = 0$$

$$2x^2 - 6x = 0$$

$$x^2 - 3x = 0$$

$$x(x-3) = 0$$

$$x = 0$$

$$x - 3 = 0 \Rightarrow x = 3$$

iguando la ecuación queda  
Dividido por 2  
Facilitando el termino comun  
Igualar a cero los dos terminos

Figura 7 Calcular valores críticos

Fuente de elaboración propia

Continuando con el proceso de solución, ver figura 8.

Sustituyendo cada uno de los valores obtenidos en la ecuación 2.

$$x - 3 = 0 \Rightarrow x = 3$$

$$y = 0 - 4(0) + 3 \Rightarrow y = 3$$

$$p(0,3)$$

$$y = 3^2 - 4(3) + 3$$

$$y = 9 - 12 + 3 = 0$$

$$q(3,0)$$

Figura 8 Puntos de intersección

Fuente de elaboración propia

- g. Graficando las funciones para determinar la región plana limitada por las funciones dadas, ver figura 9.

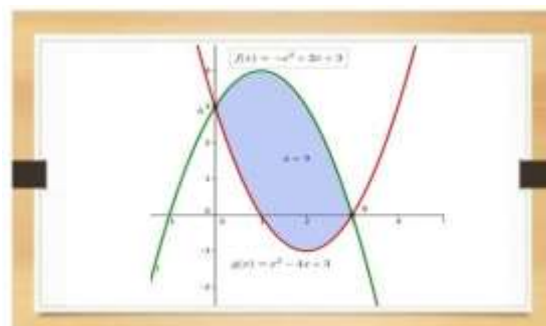


Figura 9 Área cimorendida entre dos regiones.

Fuente de elaboración propia

- h. Posteriormente se plantea y resuelve la integral para determinar el área de la región definida por las dos funciones, ver figura 10.

$$\begin{aligned}
 A &= \int_0^3 (-x^2 + 2x + 3 - (x^2 - 4x + 3)) dx \\
 A &= \int_0^3 (-x^2 + 2x + 3 - x^2 + 4x - 3) dx \\
 A &= \int_0^3 (-2x^2 + 6x) dx \\
 A &= -\frac{2}{3}x^3 + 3x^2 \Big|_0^3 \\
 A &= -\frac{2}{3}(3)^3 + 3(3)^2 \\
 A &= -\frac{2}{3}(3)^3 + 3(3)^2 \\
 A &= -18 + 27 \\
 A &= 9u^3
 \end{aligned}$$

Figura 10 Determinación del Área

Fuente de elaboración propia

- i. Una vez que se hayan agregado las imágenes, narración y música se agregar video.



Figura 11 Película concluida.

Fuente de edición propia

Con esto se concluye la elaboración del videotutorial, el cual se encuentra alojado para su consulta en el siguiente enlace. <http://www.cadesatecnoaplicado.uagro.mx/mate/index.php>.

### Agradecimiento

Un agradecimiento especial a los integrantes del Cuerpo Académico **Desarrollo Tecnológico Aplicado** con clave UAGro-CA178 por su colaboración al Diseñar e implementar una plataforma tecnológica-educativa para el fortalecimiento de habilidades y competencias matemáticas de los estudiantes.

### Conclusiones

Una vez generado el videotutorial con la herramienta seleccionada, se considera lo siguiente.

- Es evidente que la generación de vídeos son importantes por el apoyo que proporcionan a la educación matemática.
- Indudablemente que los videotutoriales son una herramienta para mejorar el aprendizaje del estudiante en su formación matemática.
- Es obvio que la calidad del vídeo generado debe mejorarse para tener un impacto mayor en los estudiantes del nivel superior.
- Se recomienda a los docentes utilizar software educativo para elaborar material didáctico que permita fortalecer las estrategias didácticas en el aprendizaje de la matemática o de cualquier otra UAp.
- Es importante señalar que el uso de la tecnología en la educación superior contribuye favorablemente en el desarrollo de habilidades de los estudiantes.

### Referencias

- Avilés, J; Feliciano, A; Cuevas, R. E; y Alonso, G.A. (2015). *Aplicación de GeoGebra en la Determinación de Máximos y Mínimos en Línea*. En Congreso Internacional de Computación México-Colombia, pág. 189 – 196.
- Begueria, A. (2017). Manual de Básico de Windows Movie Maker. 14 de julio de 2017, de Mosaic Sitio web: [http://mosaic.uoc.edu/wp-content/uploads/Manual\\_Basico\\_de\\_Windows\\_Movie\\_Maker.pdf](http://mosaic.uoc.edu/wp-content/uploads/Manual_Basico_de_Windows_Movie_Maker.pdf)

- Cataldi, Z., Lage, F., Pesacq, R., & García-Martínez, R. (2007). Metodología Extendida para la Creación de Software Educativo desde una Visión Integrador. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa – RELATEC*, 9, 9-40.
- Del Pilar, M; Salinas, O; Velázquez, E. y Adán, E.. (2015). *Diseño y elaboración de material didáctico multimedia como apoyo al aprendizaje de habilidades matemáticas por y para estudiantes de Ingeniería en T.I.* *Revista de Docencia e Investigación Educativa*, 1, No. 2, 119-126.
- Equipo de Softonic. (2017). AVS Video Editor. 2017, de Softonic Sitio web: <https://avs-video-editor.softonic.com/#app-softonic-review>
- Equipo Editorial de Softonic. (2016). wax. 2017, de softonic Sitio web: <https://wax.en.softonic.com/>
- Feliciano, A; Cuevas, R.E; y Catalán, A. (2016). *Aplicación de GeoGebra para Calcular en Área entre dos Funciones.* *TLAMATI*, 7, pág. 84-90.
- Ferri, F. (2016). *Windows Movie Maker*. 14 de julio de 2017, Recuperado de Softonic Sitio web: <https://windows-movie-maker.softonic.com/#app-softonic-review>.
- González, M. (2017). *Los 7 mejores editores de vídeo gratuitos para Mac*. 3 de junio 2017. Recuperado de Sitio web: <https://filmora.wondershare.es/video-editor/editores-de-video-gratuitos-para-mac.html>
- López, J. M.. (2017). videolan-movie-creator. 2017, de softonic Sitio web: <https://videolan-movie-creator.softonic.com/#app-softonic-review>
- Luna, G; Sabino, B; Márquez, J. y Sánchez, M. (2016). Una Interfaz Natural de Usuario para la Manipulación de un Videojuego Orientado a la Memoria Viso-Espacial. *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's*, 2, No. 5, 66-72.
- Lynch, N. (2016). *Xilisoft Movie Maker para Mac* 6. 12 de julio de 2017, Recuperado de Sitio web: <https://xilisoft-movie-maker.en.softonic.com/mac#app-softonic-review>.
- Mead, N. (2017). *Avidemux*. 12 de julio de 2017, Recuperado de Softonic Sitio web: <https://avidemux.en.softonic.com/#app-softonic-review>.
- Medina, L. M.; Jaquez, J; Noguez, J. J.; García, R. M. (2013). Newton Gymlab: gimnasio-laboratorio virtual de física y matemáticas. *Tecnológico de Monterrey*, 1, 31-43.
- Migueltoarena, G., Vidal, A. Ruiz, G. (2016). *Orientaciones para la elaboración de materiales educativos con formato accesible.* *Universidad Provincial de Córdoba*.
- Olvera, Y; Gea, M. y Barrón, J. (2016). *Creación de Videojuego Didáctico sobre Matemáticas para Estudiantes Primaria.* *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's*, 2, No. 5, 9-16.
- Rodríguez, I. y Madrigal, A. (2016). *Rendimiento Académico y Estrategias de Aprendizaje.* *Revista de Docencia e Investigación Educativa*, 2, no. 6, 26 - 34.
- Rodríguez, I; Medina, L.A; González, S. y López, G.A.. (Marzo 2017). *Objeto de Aprendizaje en una App -Android como Estrategia Didáctica de las Estructuras de Control.* *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's*, 3 No. 7, 25-30.

Rojano, T. (2014). El futuro de las tecnologías digitales en la educación matemática: prospectiva a 30 años de investigación intensiva en el campo. 2017, de redalyc.org Sitio web: <http://www.redalyc.org/pdf/405/40540854002.pdf>

Serrano, R.M; Casanova O. (2017). Acercar la Flipped Classroom Al Aula de Música Universitaria Mediante el Uso de Aplicaciones para Realizar y Gestionar Videos. Percepción y Valoración de los Estudiantes. European Cientific, 13, No. 1, 89 - 101.

Toledo, A. (2017). Blender. 2017, de Blender Foundation Sitio web: <http://blender.uptodown.com/mac>

## Un estudio de la aceptación de sistemas de información geográfica: Una perspectiva de jóvenes universitarios

CASTILLO, Víctor H.†, EVANGELISTA-SALAZAR, Martha E., RIVERA-GARCÍA, José y OCHOA-URIBE, Juan

*Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad de Colima*

Recibido Abril 5, 2017; Aceptado Junio 8, 2017

### Resumen

Los sistemas de información geográfica (SIG) permiten gestionar información geográficamente referenciada. Esta característica les da utilidad en muchos dominios de aplicación, entre los que se encuentra la orientación geográfica. En una sociedad donde es importante economizar tiempos de desplazamiento entre puntos de interés, ésta clase de aplicación tiene gran importancia, ya que permite mejorar servicios y hacer más eficiente el uso de recursos materiales. En la actualidad existen varias propuestas sobre el uso de sistemas de información geográfica para aplicaciones de orientación geográfica, sin embargo, la literatura sobre estudios de aceptación de éstos sistemas es escasa. El objetivo del presente trabajo es analizar la aceptación de un SIG por parte de jóvenes universitarios, quienes son usuarios potenciales. Para analizar éste fenómeno se realizó un estudio de aceptación de tecnología a estudiantes de nivel superior en una universidad pública en México. Los resultados muestran altos niveles de aceptación y dan origen a líneas de investigación futuras que son discutidas en éste estudio.

**Sistemas de información, sistemas de información geográfica, aceptación de tecnología**

### Abstract

Geographic information systems allow the management of geographically referenced information. This makes them useful in many application domains, including geographic targeting. In a society where it is important to economize travel times between points of interest, this application is important because of allows service improvement and an efficient use of material resources. To date, there are several proposals to use geographic information systems for geographic targeting applications, however, the acceptance studies of these systems are scarce. The objective of the present work is to analyze the acceptance of a geographic information system by university students, who are potential users. In order to analyze this phenomenon, a study of technology acceptance was carried out to upper level students at a public university in Mexico. The results show high levels of acceptance for a geographic information system among university students and give rise to future lines of research that are discussed in this study.

**Information systems, geographical information systems, technology acceptance**

**Citación:** CASTILLO, Víctor H., EVANGELISTA-SALAZAR, Martha E., RIVERA-GARCÍA, José y OCHOA-URIBE, Juan. Un estudio de la aceptación de sistemas de información geográfica: Una perspectiva de jóvenes universitarios. *Revista de Cómputo Aplicado* 2017, 1-2: 63-69

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los sistemas de información geográfica (SIG) son un conjunto de herramientas para coleccionar, almacenar, recuperar, y transformar datos espaciales del mundo real con un propósito específico (Heywood, Cornelius et al. 2012). Esta característica les da utilidad en diversos dominios de aplicación, como agricultura (Zhang 2017), oceanografía (Guðmundsson, Ágústsdóttir et al. 2016), o la orientación geográfica (Bennett, Zielinski et al. 2014, Ya'acob, Azize et al. 2016). En una sociedad donde es importante economizar tiempos de desplazamiento entre puntos de interés, las aplicaciones de orientación geográfica tienen gran importancia, ya que permiten mejorar servicios y hacer más eficiente el uso de recursos materiales. Como se describe previamente, en la actualidad existen varias propuestas sobre el uso de SIG para aplicaciones de orientación geográfica, sin embargo, la literatura sobre estudios de aceptación de éstos sistemas es escasa. Los estudios de aceptación de tecnología son importantes porque permiten conocer el grado al cual una tecnología es bien recibida en un dominio de aplicación particular. Según estudios de uso de tecnología en México, en conjunto, los jóvenes de preparatoria y licenciatura son quienes más utilizan la tecnología es ese país (INEGI 2015), lo que convierte a esa población en una referencia obligada para estudios de adopción de tecnología en cualquier sector. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo es analizar la aceptación de un SIG para orientación geográfica por parte de jóvenes universitarios de las áreas de ingeniería, quienes son sus usuarios potenciales.

El presente artículo está organizado como sigue. La segunda sección describe la teoría básica sobre estudios de aceptación de tecnología. Enseguida se detalla la metodología seguida en este estudio. Posteriormente se discuten resultados para, finalmente, en la quinta sección relatar una conclusión del presente trabajo.

## Estudios de aceptación de tecnología

Los estudios de aceptación de tecnología se enfocan en estudiar la forma en que los usuarios perciben una tecnología (Davis 1989). Esos estudios se basan en modelos de aceptación de tecnología, mismos que tienen su origen en el estudio de las actitudes y comportamiento hacia distintos fenómenos (Ajzen 2005). El trabajo de Davis (1989), llamado modelo de aceptación de tecnología – TAM por sus siglas en inglés-, es un estudio seminal en los modelos de aceptación de tecnología y en éste se describen dos predictores importantes para dicha aceptación. El primero de ellos es la facilidad de uso percibida, misma que describe el grado al cual un individuo considera que el uso de una herramienta tecnológica facilita la realización de sus actividades laborales. El segundo es la utilidad de uso percibida, que se describe como el grado al cual un individuo considera que el usar una tecnología le ayudará a realizar su trabajo con mayor calidad.

A partir del trabajo de Davis (1989) se desarrollaron otros modelos de aceptación de tecnología. Por ejemplo, Moore y Bembasat (1991) se enfocaron en la percepción del uso real de tecnología, más que una suposición de uso, como propuso inicialmente Davis (1989). Existen extensiones importantes al TAM, entre las más notables están las de Venkatesh y otros (Venkatesh and Davis 2000, Venkatesh, Morris et al. 2003). En una primera modificación de TAM, Venkatesh y Davis (2000) incluyen otro predictor importante de la aceptación de tecnología al TAM, mismo que refieren como norma social. Según ese estudio, las normas sociales explican la utilidad y facilidad de uso percibidas en términos de una influencia social (normas subjetivas, voluntad e imagen).

En ese mismo sentido, Venkatesh y otros (Venkatesh, Morris et al. 2003) proponen la teoría unificada de aceptación y uso de tecnología –UTAUT por sus siglas en inglés-, en la identifican cuatro determinantes directos de la aceptación del usuario y su comportamiento hacia el uso de una tecnología: expectativa de rendimiento, expectativa de esfuerzo, influencia social y condiciones facilitadoras. Tanto TAM como UTAUT son la base de algunas herramientas actuales para estudiar la aceptación de tecnología, un ejemplo de ellos es la escala de usabilidad de sistema (U.S.Gov 2006), SUS por su acrónimo en inglés, propuesta por Brooke (1996). Con su base en modelos de aceptación, como TAM, SUS ayuda a caracterizar reacciones subjetivas de los usuarios de sistemas de información, las cuales están sujetas a un contexto. En el presente estudio, el contexto son los sistemas de orientación geográfica.

### Metodología

En esta sección se describen las actividades realizadas para alcanzar el objetivo de investigación.

### Selección de la muestra

Los sujetos de estudio se eligieron mediante un muestreo dirigido (Hernández Sampieri, Fernández Collado et al. 2006), el cual es conveniente porque el subgrupo de la población se ajusta al objetivo del estudio. La población considerada fueron los alumnos del campus de las Ingenierías de la Universidad de Colima. Así, se les envió un correo electrónico con invitación. La participación de estos fue voluntaria, respondieron un total de 25 personas, de los cuales el 44% son mujeres y el 56% restante hombres (ver gráfico 1). Al momento de responder el instrumento, el promedio de edad de los participantes era de 22.6 años.

Los participantes manifestaron alta competencia en el manejo de aplicaciones de internet, el 4% declaró tener poca experiencia en el uso de éstas, el 52% que tenía una experiencia media o regular, y el 44% restante expresó tener mucha experiencia en el manejo de esas aplicaciones.

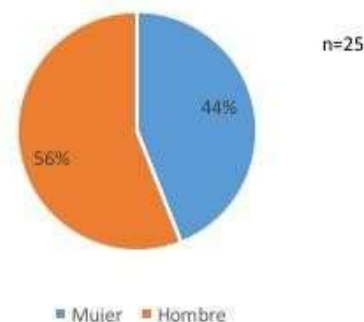


Gráfico 1 Sexo de los participantes

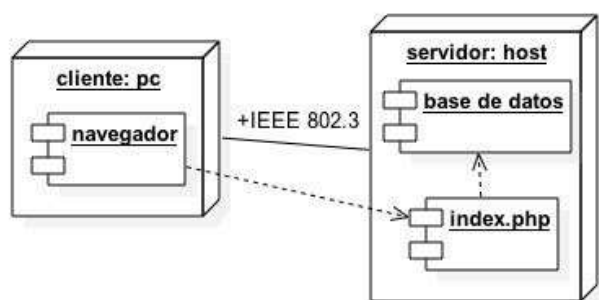
### Instrumento

Para medir la aceptación del SIG propuesto en este estudio se utilizó SUS (Brooke 1996). El sistema fue desarrollo por alumnos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Colima específicamente para el presente estudio. Por otra parte, para la aplicación del instrumento se realizó su traducción al idioma español y se diseñó un formulario electrónico. Éste se distribuyó vía correo electrónico a respondientes potenciales, accediendo a listas de correo de los representantes estudiantiles en cada programa educativo del campus. En el correo se describió el propósito del estudio, así como el SIG a evaluar y dos tareas a realizar en el mismo: 1) visualizar la ruta óptima para llegar al edificio de Análisis clínicos en el campus; y 2) consultar la ruta hacia el edificio de servicios estudiantiles en un formato *Street view*. El SIG está disponible en la intranet universitaria.

El SIG evaluado permite orientar a transeúntes en el citado campus a fin de ubicarles y guiarles en su tránsito por los espacios universitarios.



La arquitectura del mismo está basada en una propuesta arquitectónica estándar para SIG (Rodríguez Luaces 2004) y se muestra en la figura 1. Esta ilustra un diagrama de emplazamiento en el que hay dos tipos de nodos: 1) cliente, que son computadoras personales (PC), ese nodo tiene un componente navegador que permite acceder al SIG; y 2) un servidor (que es de tipo host), en el que se incluyen dos componentes, la página web principal y el motor de base de datos. Como se observa en la misma figura, la arquitectura propuesta es web y los nodos están interconectados mediante un enlace IEEE 802.3.



**Figura 1** Arquitectura del sistema de información geográfica

Por otra parte, la figura 2 muestra los servicios que ofrece el SIG, así como sus consumidores. El SIG puede proveer al transeúnte los servicios de despliegue de mapas, mostrar información de facultades y maestros en el campus, así como proveer avisos al mismo. La opción de desplegar mapas condicionalmente puede mostrar una ruta específica al transeúnte. El administrador es responsable de actualizar la información que despliegue el sistema.



**Figura 2** Servicios provistos por el sistema de información geográfica

La figura 3 muestra una sección de la interfaz gráfica de usuario del SIG, en la que se observa a la izquierda el menú de servicios y en la parte central el mapa del campus. En éste último se describen las rutas que el usuario elige para que le sean ilustradas.



**Figura 3** La interfaz gráfica de usuario del sistema de información geográfica

## Descripción de tareas

Los participantes en la evaluación de la propuesta realizaron dos tareas en el SIG, las cuales se relacionaron con orientación geográfica y consistieron en la ilustración de dos distintas rutas para llegar a dos recintos dentro del campus. Una vez realizadas las tareas, los participantes respondieron el instrumento electrónico provisto en el ya mencionado correo electrónico, mediante el mismo se evaluó la aceptación del SIG a través de SUS. Enviadas las respuestas del instrumento terminó la intervención de los participantes.

## Análisis de resultados y discusión

Para evaluar la aceptación del SIG propuesto, los porcentajes obtenidos en la prueba SUS se analizaron desde la perspectiva del trabajo de Bangor, Kortum, & Miller (2009). Con lo anterior, el resultado del porcentaje de aceptación obtenido de la aplicación de SUS puede convertirse en un adjetivo que va desde lo “peor imaginable” hasta “lo mejor imaginable” respecto a un software. El análisis estadístico mostró que el porcentaje de aceptación del SIG es de 78.75% por parte de los participantes, lo que según Bangor, Kortum, & Miller (2009) representa una aceptación del sistema percibiéndolo entre “bueno” y “excelente”.

Asimismo, se realizaron pruebas de correlación entre las variables sexo y experiencia en el uso de páginas web con respecto al porcentaje de aceptación del SIG desde la perspectiva de SUS. Las pruebas fueron computadas en R (R-Core-Team 2016). Estas pruebas son importantes porque buscaron explicar si había una asociación entre esas dos variables independientes con respecto a la aceptación del SIG.

En primera instancia se calculó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman para determinar la relación entre el sexo de los 25 estudiantes y el porcentaje de aceptación del SIG propuesto. El resultado indica que no existe correlación entre el sexo del participante y el porcentaje de aceptación del SIG ( $r_s(2)=-.3564$ ,  $p=0.08026$ ). Por otra parte, se calculó también el coeficiente de correlación por rangos de Spearman para determinar la relación entre la experiencia en el uso de aplicaciones web (bajo, medio, alto) de los mismos 25 estudiantes y el porcentaje de aceptación del SIG propuesto. El resultado de este cómputo muestra que no existe correlación entre el nivel de experiencia en uso de aplicaciones web del participante y el porcentaje de aceptación del SIG ( $r_s(3)=.1968$ ,  $p=0.3456$ ). El resultado de estas pruebas podría indicar que la percepción del SIG no está influenciada por dos variables independientes importantes, el sexo del participante y su nivel de experiencia en el uso de aplicaciones web. Lo anterior indica una aceptación consistente de la herramienta SIG. Independientemente de los resultados, el presente trabajo exhibe algunas limitantes. La más importante se refiere a la representatividad de la muestra, la cual, por su método de selección y tamaño, podría considerarse limitada. No obstante, el muestreo por conveniencia ha demostrado ser una herramienta válida cuando la muestra se ajusta a las características de la población estudiada (Hernández Sampieri, Fernández Collado et al. 2006), como es el presente caso en el que el promedio de edad del campus es similar al promedio de edad de los estudiantes seleccionados. Por lo anterior también se justifica el tamaño de la muestra. Sin embargo, se requiere de más trabajo de investigación para poder generalizar estos resultados a otros estratos de la población universitaria.

Como se observa, la aceptación de la propuesta es alta, no obstante, como lo refieren algunos comentarios de los participantes, sería conveniente incluir más información del campus, de los profesores, así como de las materias incluidas en los programas de estudio ofertados, e incluso información de los proyectos que dirigen los investigadores adscritos a las facultades del campus. Esos aspectos podrían modificar el nivel de aceptación de la propuesta. Relacionado con lo anterior, también sería importante analizar la aceptación de una propuesta como la ilustrada en este estudio por parte de otros segmentos de la población que también son importantes, como los usuarios externos de servicios a la comunidad, que igualmente visitan el campus donde se realizó el estudio. Eso requiere de otro estudio que tome en cuenta algunas variables independientes distintas a las consideradas en el presente trabajo. Como la propuesta fue realizada bajo una arquitectura web, en terminales PC, otra línea de investigación futura se relaciona con la extensión de la arquitectura para entornos móviles, una tecnología con mucha difusión entre los jóvenes en la actualidad.

### Conclusión

En este estudio se presenta la evaluación de la aceptación de un SIG por parte de estudiantes de nivel superior en una universidad pública. La evaluación se realizó desde una perspectiva de la prueba SUS (Brooke 1996). Como se explica en secciones previas, los resultados de aceptación fueron altos y explican que no hubo diferencias significativas de aceptación entre grupos muy importantes de la muestra, como lo son el sexo de los entrevistados y su experiencia con el uso de aplicaciones web.

Considerando estos resultados y los altos niveles de adopción de los dispositivos móviles entre los jóvenes, este estudio puede servir como base para el estudio de la aceptación de aplicaciones SIG en tales dispositivos, lo que proporcionaría guías de diseño que eventualmente beneficiaría a la comunidad de desarrolladores y a los usuarios potenciales de esas aplicaciones.

### Referencias

- Ajzen, I. (2005). *Attitudes, Personality and Behavior*. New York, Open University Press.
- Bangor, A., P. Kortum and J. Miller (2009). "Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale." *The Journal of Usability Studies* 4(3): 114-123.
- Bennett, R., D. J. Zielinski and R. Kopper (2014). Comparison of interactive environments for the archaeological exploration of 3D landscape data. 2014 IEEE VIS International Workshop on 3DVis (3DVis).
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry. P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester and I. McClelland. UK, Taylor & Francis: 4-7.
- Davis, F. D. (1989). "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology." *MIS Quarterly* 13(3): 318-340.
- Guðmundsson, K., K. Ágústsdóttir, N. McGinty, Á. Magnússon, H. Guðfinnsson and G. Marteinsdóttir (2016). "A regional correction model for satellite surface chlorophyll concentrations, based on measurements from sea water samples collected around Iceland." *Methods in Oceanography* 17: 83-96.

- Hernández Sampieri, R., C. Fernández Collado and P. Baptista Lucio (2006). Metodología de la Investigación. México, Mc Graw Hill.
- Heywood, I., S. Cornelius and S. Carver (2012). An Introduction to Geographical Information Systems, Pearson.
- INEGI (2015). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares 2015. México, INEGI.
- Moore, G. C. and I. Benbasat (1991). "Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation." Information Systems Research 2(3): 192-222.
- R-Core-Team (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- Rodríguez Luaces, M. A. (2004). A Generic Architecture for Geographic Information Systems. PhD, Universidade da Coruña.
- U.S.Gov (2006). Dept. of Health and Human Services. The Research-Based Web Design & Usability Guidelines, Enlarged/Expanded edition. Government Printing Office. Washington: U.S., .
- Venkatesh, V. and F. D. Davis (2000). "A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies." Management Science 46(2): 186–204.
- Venkatesh, V., M. G. Morris, G. B. Davis and F. D. Davis (2003). "User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View." MIS Quarterly 27(3): 425-478.
- Ya'acob, N., A. M. Azize and N. M. R. N. Z. Alam (2016). Parking system using Geographic Information System (GIS). 2016 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC).
- Zhang, Z. (2017). Shucheng tea plantation optimal ecological zoning based on GIS spatial soil properties. 32nd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC).

## Instrucciones para Autores

---

### [Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor  
*Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva*

(Indicar Fecha de Envio:Mes,Dia, Año); Aceptado(Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

#### **Resumen**

#### **Abstract**

---

Titulo

Title

Objetivos, metodología

Objectives, methodology

Contribución

Contribution

(150-200 palabras)

(150-200 words)

**Keyword**

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y  
Negritas No.11**

---

**Cita:** Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper.  
Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

---

---

† Investigador contribuyendo como primer autor.

# Instrucciones para Autores

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

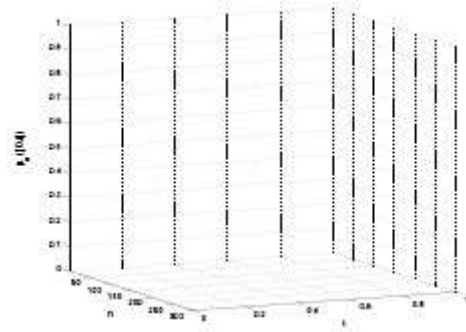
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

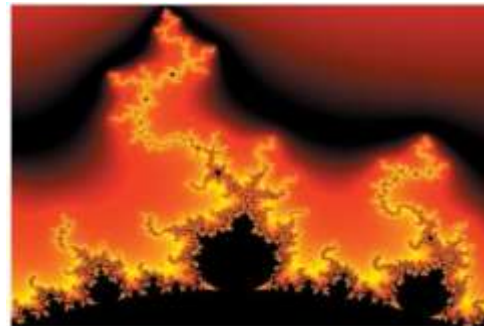
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

## Instrucciones para Autores

---

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

### Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

### Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

### Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

### Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

### Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo

en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

### Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

**Formato de Originalidad**



Madrid, España a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)



**Formato de Autorización**



Madrid, España a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Spain difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Spain to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

# Revista de Cómputo Aplicado

“Revisión de técnicas de pre-procesamiento de textos para la clasificación automática de tweets en español”

**GARCÍA-AMARO, Jesús Fidencio, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, José Lázaro, GARCÍA-AMARO, Ernesto y REYNA-ÁNGELES, Omar**

*Universidad Politécnica de Francisco I. Madero*

“Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada en dispositivos móviles como apoyo a la promoción de la Universidad Politécnica de Zacatecas”

**VEYNA-LAMAS, Manuel, VELA-DÁVILA, José Alberto, VELÁZQUEZ-MACÍAS, Jesús y TORRES-GARCÍA, Cecilia**

*Universidad Politécnica de Zacatecas*

*Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo*

“Solución a la cinemática directa de robot paralelo empleando sensor de 9 grados de libertad”

**ARROYO-DÍAZ, Salvador Antonio, OSORIO-PÉREZ, Eduardo, SÁNCHEZ-PÉREZ, Daniel y LUNA-HERNÁNDEZ, Irene**

*Universidad Politécnica de Puebla*

“Simulación electrónica de una máquina dispensadora de alimentos saludables para una aplicación inteligente”

**RODRÍGUEZ-LOZANO, Karla Verónica y MENDOZA-RUELAS, Antonio**

“Evaluación de algoritmos bajo métricas definidas, para la identificación de la figura humana a través de patrones implementados en los lenguajes de programación python y c”

**BENÍTEZ-QUECHA, Claribel, ALONSO-HERNÁNDEZ, Luis, ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol y ACEVEDO-MALDONADO, Josué**

*Instituto Tecnológico de Oaxaca*

“Elaboración de videotutoriales con windows movie maker para el aprendizaje de la matemática”

**FELICIANO-MORALES, Angelino y CUEVAS-VALENCIA, René Edmundo**

*Universidad Autónoma de Guerrero*

“Un estudio de la aceptación de sistemas de información geográfica: Una perspectiva de jóvenes universitarios”

**CASTILLO, Víctor H., EVANGELISTA-SALAZAR, Martha E., RIVERA-GARCÍA, José y OCHOA-URIBE, Juan**

