

Una herramienta didáctica para el aprendizaje interactivo de expresiones regulares

Reyna Pomol-Acosta, Cinhtia González-Segura, Sergio González-Segura

reyna_pomol@hotmail.com, gsegura@uady.mx, sgsegura@uady.mx
 Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas
 Unidad Multidisciplinaria Tizimín.
 Calle 48 Num. 207 x 31. CP 97700
 Tizimín, Yucatán, México

Resumen: Las expresiones regulares son útiles para representar precisa y compactamente los lenguajes regulares y tienen aplicaciones en diversas áreas tales como las redes sociales, las búsquedas, la predicción de texto, entre otros. En este trabajo se describe el proceso de diseño y desarrollo de una herramienta didáctica creada para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las expresiones regulares, como parte de la asignatura teoría de la computación que se imparte en la licenciatura en ciencias de la computación. El material es un software desarrollado con Adobe Flash CS5 y programado con Action Script 3.0, cuya estructura está diseñada para convertirse posteriormente en un objeto de aprendizaje. El material inicia con una sección expositiva e interactiva, posteriormente se incluyen ejemplos y ejercicios interactivos de opción múltiple; finalmente se cuenta con una evaluación que arroja el puntaje obtenido por el usuario. Se presentan los diagramas de flujo correspondientes a los módulos de la aplicación y se describe el funcionamiento general de estos, así como las pantallas principales de la aplicación final.

Palabras claves: Expresiones Regulares, Software educativo, Teoría de la Computación.

Abstract: Regular expressions are useful to represent accurately and compactly to regular languages, they have applications in such diverse areas as social media, search and text prediction, among others. This paper describes the design and development process of an educational tool created to support the teaching and learning of regular expressions as part of the course Theory of Computation taught at the degree in computer science. The material is software developed with Adobe Flash CS5 and programmed with Action Script 3.0, the structure is designed to later become a learning object. The material begins with an interactive exhibition section then includes examples and interactive exercises of multiple choices; finally have an evaluation resulting in the score obtained by the user. We present flowcharts corresponding to the modules of the application and describes the general operation of these as well as the main screens of the final application, whose main characteristic is to user interaction for the resolution of the following exercises, all they are fed back immediately with detail.

Keywords: Regular Expressions, Educational Software, Theory of Computing.

1 Introducción

Una expresión regular es una forma abreviada de representar cadenas de caracteres que se ajustan a cierto patrón. Existen diversas notaciones para representar las expresiones regulares (ER). Por ejemplo, la notación BNF y otras derivadas de ellas, los comodines usados para designar conjuntos de caracteres o archivos y las notaciones definidas por los lenguajes de programación para este fin.

La utilidad de una ER en el ámbito computacional es tan amplia que éstas se consideran parte fundamental de la teoría computacional incluida en el currículo de los planes de estudio de las ingenierías y licenciaturas del área de tecnología y ciencias exactas, por ejemplo, en la licenciatura en ciencias de la computación. Sin embargo, el dominio de este tema, en ocasiones, resulta de particular dificultad para los estudiantes, como se observa en [González12] donde la asignatura Teoría de la Computación se menciona como una de las que presenta mayor dificultad en la opinión de los estudiantes, lo cual también se refleja en la calificación promedio obtenida por el grupo, la misma que se ubica entre las más bajas de las asignaturas ofertadas en un semestre.

En [González12], se realiza un análisis de las asignaturas con mayor dificultad para estudiantes de la Licenciatura en ciencias de la computación. La asignatura Teoría de la

Computación que incluye este tema es una de las que aparecen en la lista, ya que el 88% de los estudiantes encuestados que cursaron la asignatura afirmaron que habían tenido dificultades al cursarla. Cabe mencionar que el dominio de las ER constituye un importante avance para el aprendizaje de los contenidos posteriores de esta asignatura. En la experiencia de los autores de este trabajo, el tema de las ER se considera un tanto complejo debido a la gran cantidad de reglas implícitas que éstas encierran. En la UMT, los grupos de estudiantes oscilan entre 20 y 30 por grupo, lo cual permite monitorear los avances de los estudiantes con bastante precisión, si así se desea.

Para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, existen programas que ofrecen módulos de conversión entre los Automatas Finitos (AF) y las ER [Sansores13], así como sistemas que utilizan las ER para el procesamiento multilingüe automático [Padró11], el aprendizaje de idiomas [Chacón08] o aplicaciones en línea donde las ER se utilizan para validar una cadena proporcionada en clave [Flores10]. Incluso se han empleado ER para localizar información contenida en textos enviados a través de las redes sociales [Farfán13]. Sin embargo, no se ha encontrado un sistema interactivo que permita al estudiante aprender de forma autodidacta el tema de las ER o bien reforzar los conocimientos básicos que se

posean, lo cual es indispensable lograr en un curso basado en e-learning.

Por lo tanto, en este trabajo se presenta una aplicación interactiva que permite al estudiante aprender o dominar la creación de ER mediante ejemplos, ejercicios y una evaluación, además de la parte teórica que se puede omitir si así se desea.

El resto de este paper está organizado de la siguiente manera. En la siguiente Sección, se hará mención de varios trabajos relacionados con la utilidad de las ER y con materiales creados para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las mismas. Posteriormente, en la Sección 3, se explica la metodología seguida para elaborar la herramienta didáctica que se presenta, así como el esquema general de la aplicación. En la Sección 4, se describen los módulos de la aplicación con algunas pantallas representativas y finalmente se presentan las conclusiones y trabajo futuro en la Sección 5.

2 Teoría del dominio y trabajos previos

Una de las aplicaciones más habituales de las ER es la validación de campos de formularios, ya sea en Javascript, PHP, Perl, Python o algún otro lenguaje de programación. Para ello, se crea una función de validación que contiene una expresión regular por cada tipo de campo que se desea validar. Pero además existe una gran variedad de aplicaciones prácticas en las que se emplean las ER, algunas de las cuales se mencionan a continuación.

Carlos Farfán et. al. [Farfán13] utiliza las ER para localizar cadenas de texto en la red social Facebook. Mediante búsquedas abiertas, los autores trabajan con elementos, tales como felicitaciones de cumpleaños, emoticones y frases comunes, para los cuales se definen patrones que permiten obtener los sinónimos, plurales y singulares de la palabras o frases básicas. Por ejemplo, a la palabra felicitaciones se le asocian las palabras felicidades, feliz, felicito, etc. Así, cuando se realiza una búsqueda, los resultados se obtienen a partir de estas ER definidas.

En [Flores10], se muestra un ejemplo práctico donde las ER se utilizan para validar una cadena proporcionada en clave a través de un servicio web. El trabajo consiste en recibir una petición oral que es transformada en una cadena textual mediante voiceXML para que una aplicación apoyada por un servicio web proporcione información meteorológica útil. La respuesta a dicha petición será una cadena de texto con la información codificada, la cual será procesada (validada mediante una expresión regular) e interpretada por la aplicación, de modo que la información sea devuelta al usuario en forma de voz sintetizada.

Además de los trabajos anteriores, es común observar aplicaciones de las ER en editores de texto que contemplan análisis sintáctico y semántico. Por ejemplo, en [Chacón08], se utilizan las ER para realizar búsquedas en un editor y en su caso, poder reemplazar la palabra buscada. El mismo autor presenta una herramienta para usuarios que están aprendiendo inglés. Su utilidad

consiste en encontrar los errores de escritura y dar posible solución.

En la tesis [Martín10], se describen otras múltiples aplicaciones de las ER en diversas áreas, tales como redes y telecomunicaciones, arquitectura de hardware, sistemas de seguridad, entre otros.

Las ER también se utilizan para aplicaciones de software; por ejemplo, para comandos de búsqueda en Unix y editores de texto, generadores de analizadores-léxicos como Lex o Flex, el proceso de compilación, entre otras. [Altamirano08].

Como se observa, resulta de suma utilidad dominar el proceso de generación y comprensión de las ER para poder aplicarlas en la solución de diversos problemas. Sin embargo, en la literatura actual, se han encontrado escasos trabajos relacionados con el uso de materiales digitales didácticos para la enseñanza de las ER. Únicamente se encuentran presentaciones lineales [Altamirano08] [Franco13], libros [Mayordomo], libros electrónicos [Friedl06][Goyvaerts12] o sitios web [Goyvaerts13]. El tema de los AF presenta un mayor apoyo en este sentido [Castro07].

Ricardo Sansores et. al. [Sansores13] desarrolló una herramienta que permite convertir ER a AF y viceversa, en la que se introduce una expresión regular con la sintaxis especificada y la herramienta proporciona como salida los estados y transiciones del autómata correspondiente. Las transiciones del autómata resultante se especifican mediante una tabla, no de manera gráfica. La herramienta está desarrollada con una interfaz para la web y se emplea HTML, Ajax y JSP. Para su uso, el usuario requiere conocer los fundamentos básicos de las ER y de los AF.

En la web, se puede encontrar diversidad de información con tutoriales, e-books, videos, ejemplos resueltos y demás, como los que se muestran en [Metriplica13], [Hollenhorst05], [Goyvaerts12], [Friedl06], [Goyvaerts13]; pero no se ha encontrado alguna en la que se pueda observar el procedimiento seguido para generar o aceptar alguna palabra o una explicación clara de por qué no se puede generar alguna otra palabra y se rechaza. Los ejemplos encontrados en la literatura son bastante generales, ya que no muestran paso a paso el concepto sino directamente muestran el resultado.

Con base en lo anterior, se observó la necesidad de contar con material didáctico de apoyo para este tema y se decidió crear una nueva herramienta en la que se muestre claramente toda la información teórica con definiciones y ejemplos gráficos, de tal forma que el estudiante acceda al tema de manera interactiva y animada para que su proceso de aprendizaje ocurra de una manera dinámica, atractiva y motivadora. Además, se tendrá la posibilidad de retomar el tema las veces que sea necesario fuera del salón de clases.

En la siguiente sección, se describe el proceso de desarrollo de la herramienta didáctica creada como apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ER.

3 Desarrollo de la herramienta didáctica

El objetivo de la herramienta desarrollada es ayudar al estudiante en el autoaprendizaje de las ER, o bien para repasar este tema sin la necesidad de que un profesor supervise sus avances. En este material se incluye la teoría básica, una serie de ejemplos resueltos, ejercicios prácticos con realimentación y una evaluación final que proporciona una breve realimentación. Al final, el alumno observa el puntaje total obtenido en su evaluación, lo cual le permite conocer un nivel de dominio aproximado que lleva en el tema.

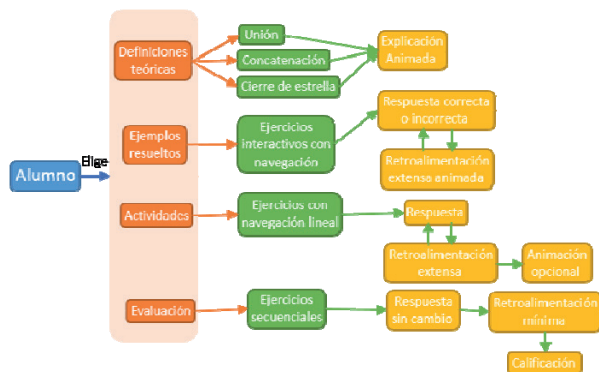


Figura 1. Estructura completa de la herramienta didáctica.

En la Figura 1, se incluyen los 4 módulos con los que interactúa el estudiante. El módulo de definiciones teóricas permite estudiar la teoría fundamental acerca de las operaciones básicas de las ER. La generación de cadenas se basa en las operaciones de unión, concatenación y ciclos denominados cierres de estrella. [Mayordomo12] [Franco13]. La aplicación las ilustra en forma interactiva y animada, como podrá observarse posteriormente.

La sección de ejemplos resueltos muestra varios ejercicios interactivos sobre los que se puede avanzar o retroceder para poder visualizar nuevamente cada uno de los ejemplos y explicaciones. Los ejemplos consisten de ejercicios en los que el usuario debe seleccionar una respuesta, tras la cual se muestra una realimentación extensa animada explicando por qué fue acertada o errónea la respuesta seleccionada.

En la Figura 2, se muestra la secuencia de las definiciones teóricas en las que se incluye un menú con tres diferentes opciones: unión, concatenación y cierre de estrella.

El módulo de actividades comprende varios ejercicios de opción múltiple con navegación lineal. Al seleccionar una respuesta se muestra la realimentación extensa de manera explicativa y opcionalmente se puede visualizar una animación complementaria. El usuario puede cambiar su respuesta en cualquier momento dentro de este módulo de actividades.

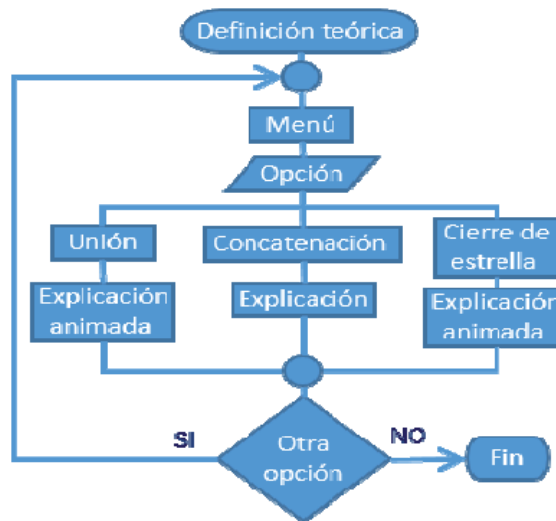


Figura 2. Diagrama del módulo definiciones teóricas.

En la Figura 3, se presenta el diagrama de flujo para el módulo de actividades, el cual incluye nueve ejercicios con cuatro posibles respuestas cada uno.

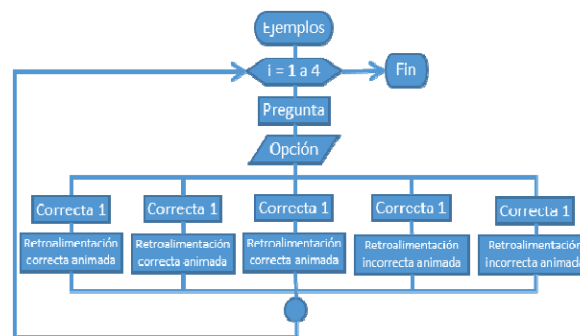


Figura 3. Diagrama del módulo de ejemplos.

El módulo de evaluación engloba varios ejercicios secuenciales en los que únicamente se puede avanzar, no retroceder. Al elegir una respuesta ésta ya no se puede cambiar y por cada respuesta elegida se muestra una realimentación mínima, en la que se indica únicamente si fue correcta o incorrecta. Al finalizar con todos los ejercicios, se muestra la calificación obtenida en función de las respuestas del módulo de evaluación.

En la Figura 4, se muestra el módulo de evaluación que contiene diez preguntas, cada una con sus respectivas respuestas de opción múltiple, por cada correcta se incrementa la calificación y al final se proporciona la calificación final.



Figura 4. Diagrama del módulo de Evaluación.

4 Descripción de la herramienta

Al ejecutar la herramienta, se muestra una interfaz que simula un robot explicando el tema. A continuación, se ilustran los módulos de la aplicación: definiciones (fundamentos teóricos del tema), ejemplos (ejercicios resueltos), actividades (ejercicios de opción múltiple) y evaluación (preguntas finales).

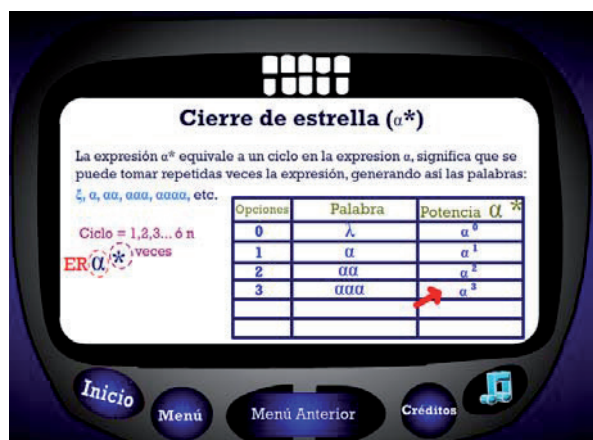


Figura 5. Pantalla con la explicación del cierre de estrella.

En la sección de definición, se explican las tres operaciones básicas válidas en una expresión regular: unión, concatenación y cierre de estrella. En la Figura 5, se observa la explicación teórica animada del cierre de estrella. En la sección de ejemplos, se muestran problemas ya resueltos que se visualizan de forma interactiva con la finalidad de que el tema se comprenda mejor; se van generando las ER de forma paulatina y con explicaciones para clarificar el proceso de aceptación de las palabras del lenguaje (condición de completez) y la imposibilidad de generar otras, a partir de una expresión regular dada (condición de corrección).

En la Figura 6, se ejemplifica la imposibilidad de generar una palabra que no pertenece al lenguaje representado por la expresión regular.

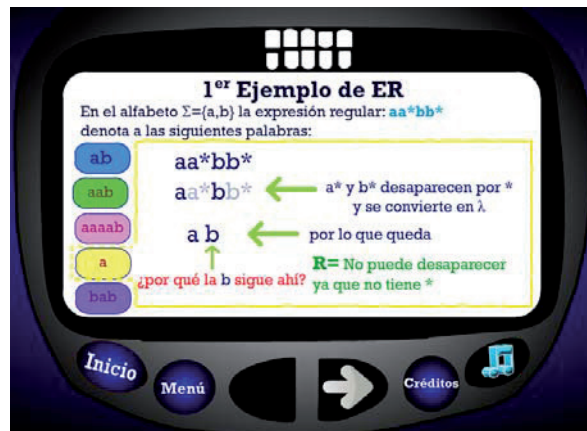


Figura 6. Pantalla con ejemplo explicativo del rechazo de una palabra por la Expresión Regular.

La sección de actividades muestra ejercicios de opción múltiple, cada uno con su respectiva realimentación que indica si la respuesta fue correcta o incorrecta y opcionalmente se puede ver una animación que proporciona una breve explicación de acuerdo con la respuesta elegida, para que el estudiante entienda por qué estuvo bien o mal su respuesta. En esta sección, el estudiante puede navegar avanzando y retrocediendo para observar con detalle las explicaciones las veces que sea necesario. La respuesta puede ser modificada las veces que se desee en cada ejercicio y con cada cambio verá la respectiva realimentación. En Figura 7 se ilustra la retroalimentación tras una correcta selección del estudiante y nuevamente se muestra una explicación animada.



Figura 7. Pantalla con una actividad cuya respuesta seleccionada es correcta.

La sección de evaluación es similar a la de actividades, con la diferencia de que aquí sólo se le indica si la respuesta fue correcta o incorrecta sin posibilidad de retroceder ni cambiar su respuesta. Al finalizar la evaluación, se le proporciona la puntuación sumatoria obtenida según su avance de aprendizaje sobre el tema. Así el estudiante puede deducir si le hace falta o no seguir practicando. En la Figura 8, se ilustra un caso de la evaluación en el que el estudiante ha elegido una respuesta correcta, con lo cual suma un punto más a su favor para la calificación final.

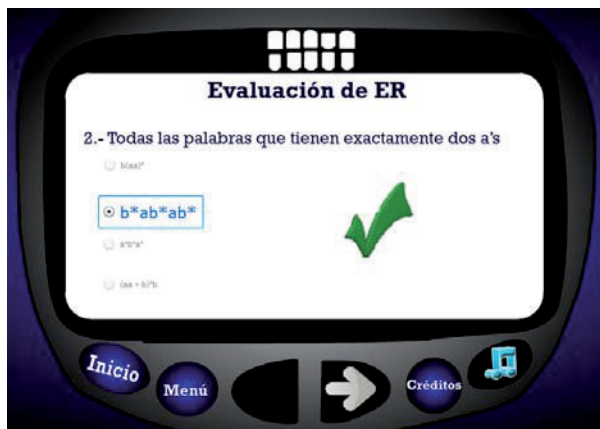


Figura 8. Pantalla con un ejercicio de evaluación y su realimentación para una respuesta correcta.

5 Pruebas y resultados

Para evaluar los beneficios académicos que se obtienen en el aprendizaje de los estudiantes con el uso de esta herramienta didáctica, se planea utilizarla con las futuras generaciones de estudiantes y medir los avances en el dominio del tema de las ER.

Por ahora, como un análisis preliminar se diseñó un instrumento para medir la usabilidad y para conocer la opinión de los estudiantes acerca del uso de esta herramienta. Se invitó a 21 estudiantes del tercer semestre de la licenciatura en Ciencias de la Computación de la Universidad Autónoma de Yucatán, Unidad Multidisciplinaria Tizimín y participaron voluntariamente 12 de ellos. Los usuarios interactuaron con la aplicación durante aproximadamente 30 minutos (el menor tiempo fue de 7 minutos y el mayor de 45 minutos) y, posteriormente, se les aplicó un cuestionario que contenía 10 preguntas con posibilidad de evaluarlas en la escala de Likert de 5 puntos. El instrumento aplicado se basa en el cuestionario diseñado por Hernández et. al [Hernández12] con algunas modificaciones para reducir la cantidad de reactivos. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1: Opinión de los estudiantes respecto a la herramienta.

Aspecto a evaluar	Media
Claridad del objetivo.	4,50
El material contribuye a lograr el objetivo.	4,50
Las DEFINICIONES ayudan a comprender el tema.	4,42
Los EJEMPLOS facilitan la comprensión del tema.	4,75
Las ACTIVIDADES son claras y útiles.	4,83
La interfaz es intuitiva.	4,92
Las imágenes y animaciones ayudan a comprender mejor el tema.	4,17
El tiempo de uso es flexible y se ajusta a mi ritmo.	4,33
Recomendaría este material a otras personas.	4,83
Tuve problemas técnicos para ejecutar el software.	3,67

Además de los resultados de la Tabla 1, los estudiantes externaron los siguientes comentarios:

- El software es divertido y me ayuda a aprender el tema (varios comentarios).

- Me gustaría que me registre como usuario o jugador y guarde la calificación. Recomiendo añadir niveles de dificultad (dos comentarios).

En el instrumento de evaluación también se solicitó la calificación obtenida por cada estudiante. El promedio de los participantes fue de 75 puntos (en escala de 0 a 100). Sin embargo, con el método tradicional de enseñanza, el promedio del grupo ha estado por debajo de 70 puntos (en escala de 0 a 100), como puede observarse en la Tabla 2.

Tabla 2: Calificaciones históricas de los estudiantes.

Curso escolar	No. de estudiantes	Promedio grupal
2010	22	54,8
2011	25	53,2
2012	21	67,7

6 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo, se puede observar la importancia que tienen las ER en diversos aspectos, tanto académicos como de investigación y aplicaciones cotidianas. La herramienta didáctica presentada fue desarrollada considerando las necesidades actuales en el proceso de enseñanza aprendizaje del tema de las ER, proporcionando así un material digital de apoyo para estudiantes y profesores.

Una de las ventajas principales de este material es su lógica interactiva y animada, además de que su estructura está diseñada para poder convertirse posteriormente en un objeto de aprendizaje. Los diagramas de flujo de cada módulo que se presentan describen el funcionamiento general de la lógica de la aplicación y las pantallas ilustran las interfaces diseñadas para las animaciones.

Los resultados indican que esta herramienta presenta una opción viable para mejorar los resultados de los estudiantes, pues en una primera prueba se obtuvo un promedio superior a los históricos obtenidos en los últimos 3 años utilizando los métodos de enseñanza tradicionales, basados en presentaciones, ejercicios y evaluaciones.

Como trabajo futuro, se pretende implementar un módulo que envíe los resultados del estudiante a uno o varios correos electrónicos, con la finalidad de informar acerca de los avances de los estudiantes. También se pretende alimentar un banco de preguntas de donde se elegirán algunas para realizar la autoevaluación final del estudiante. Finalmente, se publicará el material en algún repositorio público para su distribución, además de publicarlo en el curso en línea de la asignatura, bajo la plataforma Moodle.

Referencias

- [Altamirano08] Altamirano L., Arias M., González J., Morales E. y Rodríguez G. Notas del curso Teoría de Automatas y Lenguajes Formales. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. 2008. Disponible en <http://ccc.inaoep.mx/~emorales/Cursos/Automatas/principal.pdf>
- [Castro07] Castro-Schez J.J., Del Castillo, E; Hortolano J.: Una herramienta para la enseñanza y aprendizaje de

lenguajes formales y teoría de autómatas, XIII Conferencias de la Enseñanza Universitaria en la Informática (JENUI 2007), Teruel, España, 2007.

- [Chacón08] Chacón B., R.: El uso de expresiones regulares en la detección de errores escritos: implicaciones para el diseño de un corrector gramatical. Actas del VIII congreso de Lingüística General / Antonio Moreno Sandoval, pág. 27-34. 2008.
- [Farfán13] Farfán, C.; Legaria, M.; Maza, H.; Mejorada, R.; Quiroz, J.; Flores-Pulido, L.; Sánchez-Pérez C.R.: Filter FacER: Expresiones regulares para búsqueda de mensajes en Facebook. Revista Iztatl Computación. No. 2, pp. 51-59. 2012.
- [Flores10] Flores G., O.: Aplicación práctica del estándar VoiceXML para el desarrollo de un sistema de diálogo oral. Proyecto de fin de carrera de la Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III. 2010.
- [Friedl06] Friedl J.E.F. Mastering Regular Expressions, 3rd Edition. o'Reilly Media. 2006. <http://it-ebooks.info/book/341/>
- [Franco13] Franco, E. Material del curso Teoría Computacional impartido en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. 2013.
- [Goyvaerts12] Goyvaerts, J. Levithan S. Regular Expressions Cookbook, 2nd Edition. O'Reilly Media. 2012. <http://it-ebooks.info/book/920/>
- [Goyvaerts13] Goyvaerts J. Sitio web Regular-Expressions.info. 2009-2013. <http://www.regular-expressions.info/>
- [Gonzalez12] Gonzalez S., C.; Montañez M., T.; Chi P., V.; Miranda P., C.; González S., S.: Analysis of subjects with greater difficulty for university students in the area of computer science. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.12 No.10. pp. (2012).
- [Hernandez12] Hernández, Y., Silva A. y Velásquez, C. Instrumento de Evaluación para Determinar la Calidad de los Objetos de Aprendizaje Combinados Abiertos de tipo Práctica. Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje LACLO 2012. Vol 3, No 1. 2012.
- [Martín10] Martín S., I.: Evaluación de Expresiones Regulares sobre Hardware Reconfigurable. Tesis de Maestría en Investigación en Informática, Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid. 2010.
- [Mayordomo12] Mayordomo, E.: Expresiones regulares. Material del curso Teoría de la Computación de la Universidad de Zaragoza. 2012.
- [Metriplica13] Metriplica. Sitio web para probar expresiones regulares. 2013. Disponible en: <http://www.metriplica.com/es/recursos/expresiones-regulares>
- [Padró11] Padró, L.: Analizadores Multilingües en FreeLing. Linguamatica. Vol. 3 Num. 2. pp. 13-20. 2011.
- [Sansores13] Sansores R., Juarez E., Cortes T. Software convertidor de expresiones regulares a autómatas finitos y viceversa, Proyecto Fundamentos de la Computación. Disponible en: http://216.154.208.156:8100/RegularExpressions_AD_F/