



# tic

Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC

Edición nº 17  
Volumen 5 Número 2  
Junio - septiembre '16  
ISSN: 2254 - 6529  
**Publicación trimestral**

## INDEXACIÓN



**REBIUN**  
Red de Bibliotecas Universitarias



## CATÁLOGOS



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



Biblioteca  
Valenciana



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS




## OBJETIVO DE 3C TIC

Revista científica de investigación que intersecciona dos ámbitos del conocimiento como son la información y la comunicación, dos ciencias que agrupan los elementos y las técnicas usadas en el tratamiento y la transmisión de las informaciones, principalmente de informática, internet y telecomunicaciones.

**3Ciencias** como editorial científica pretende transmitir a la sociedad las ideas y proyectos más innovadores, ingeniosos y reflexionados, plasmados en los artículos originales y en los libros publicados con la más alta calidad científica y técnica.

## PÚBLICO AL QUE VA DIRIGIDA LA REVISTA

- **Personal investigador.**
- **Doctorandos.**
- **Profesores** de universidad.
- **Oficinas de transferencia de resultados de investigación. (OTRI)**
- **Empresas** que desarrollan **labor investigadora** y quieran publicar alguno de sus estudios.

	<p><b>3C Tic, cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC</b></p> <p><b>Periodicidad trimestral</b></p> <p><b>Edición nº 16</b></p> <p><b>Volumen 5 Número 1</b></p> <p><b>(Marzo – junio 2016)</b></p> <p><b>DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2016.51">http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2016.51</a></b></p> <p><i>Tirada nacional e internacional</i></p> <p><i>Artículos revisados por el método de evaluación por pares de doble ciego.</i></p> <p><b>ISSN: 2254 – 6529</b></p> <p><b>Depósito legal: A 298 - 2012</b></p> <p><i>Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando la fuente y el autor. (This publication may be reproduced by mentioning the source and the authors).</i></p>	<p>Editorial: <b>Área de Innovación y Desarrollo, S.L.</b> Empresa de transferencia del conocimiento al sector empresarial.</p> <p>C/ Els Alzamora, nº 17 Alcoy, Alicante (España) Tel: 965030572</p> <p>E-mail editor: <a href="mailto:info@3ciencias.com">info@3ciencias.com</a></p> <p><b>Copyright © Área de Innovación y Desarrollo, S.L.</b></p>
---	--	--

**NORMATIVA DE PUBLICACIÓN**

- Los artículos, que serán inéditos, tendrán una extensión máxima de 3.500 palabras, incluyendo notas a pie de página y bibliografía, aunque se apreciarán extensiones más breves. No deberá utilizarse un número excesivo de referencias bibliográficas. El resumen no excederá de 200 palabras.
- El título del artículo deberá estar expresado tanto en castellano como en inglés.
- Los artículos deberán estar escritos en castellano.
- Cada artículo deberá ir precedido de un pequeño resumen, en castellano e inglés, y de cinco palabras clave en ambos idiomas.
- Se valorará la inclusión de cuadros y gráficos que apoyen las tesis desarrolladas en el artículo.
- Deberá aparecer el nombre del autor/es en la primera hoja, junto a su titulación académica oficial y la universidad, institución o empresa en la que presten sus servicios.
- Las referencias irán al final del artículo bajo el epígrafe Referencias bibliográficas, ordenadas alfabéticamente por apellidos de los autores y de acuerdo con el siguiente orden: apellidos (mayúscula la primera letra) del autor o autores, iniciales del nombre en mayúsculas, año de publicación (entre paréntesis y distinguiendo a, b, c, en caso de que el mismo autor tenga más de una obra citada en el mismo año), título del artículo (entre comillas) y título de la revista a la que pertenece el artículo (en cursiva). Seguir la normativa sobre referencias bibliográficas y citas textuales APA.
- No se admitirán artículos con errores ortográficos. Los contenidos de los artículos deben ser cuidadosamente leídos y revisados antes de su envío, tanto por el autor como por un amigo o colega crítico.
- Los originales estarán editados electrónicamente en formato "Word" o compatible y a color.
- Las imágenes de la publicación se enviarán en formato jpg.
- La revista se reserva la posibilidad de editar y corregir los artículos, incluso de separar y recuadrar determinadas porciones del texto particularmente relevantes o llamativas, respetando siempre el espíritu del original.
- Se debe evitar utilizar un lenguaje de corte excesivamente especializado, en beneficio de una más fácil comprensión de las ideas expuestas y en la medida de lo posible, el abuso en la utilización de lenguaje y funciones matemáticas.
- Los autores deben ceder los derechos de publicación de los artículos a ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

**RULES OF PUBLICATION / INSTRUCTIONS TO AUTHORS**

- The articles, which are unpublished, have a maximum length of 3,500 words, including footnotes and bibliography page, even shorter extensions appreciate. You should not use too many references. The abstract should not exceed 200 words.
- The title of the article should be expressed both in Spanish and English.
- The articles should be written in Spanish.
- Each article should be preceded by a short summary, in Spanish and English, and five key words in both languages.
- It will assess the inclusion of charts and graphs that support the thesis developed in the article.
- You should see the name of the author/s on the first page, along with their academic qualifications and university official, institution or company in which they are employed.
- References appear at the end of the article under the heading References, arranged alphabetically by authors' last names and in accordance with the following order: surname (capitalizing the first letter) of the author, initials of the name in capital letters, publication year (brackets and distinguishing a, b, c, if the author has more than one work cited in the same year), title of article (in quotation marks) and title of the journal in which the article (in italics). Follow the rules for APA citations bibliography.
- The originals will be published electronically in "Word" or compatible and color.
- The images of the publication will be sent in jpg format.
- The magazine reserves the right to edit and correct items, including certain portions separate and square up the particularly relevant or bold text, respecting the spirit of the original.
- Avoid using excessively cutting a language specialist, the benefit of an easier understanding of the ideas and to the extent possible, the use abuse language and mathematical functions.
- The authors must assign the rights to the articles published INNOVATION AND DEVELOPMENT AREA, SL

## **ARTÍCULOS:**

<b>¿SE PUEDE USAR UNA PC SIN ANTIVIRUS? .....</b>	<b>1</b>
CAN YOU USE A PC WITHOUT ANTIVIRUS? .....	1

**Romel Vera Cadena**

<b>LA HOJA DE CÁLCULO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS POR EL MÉTODO DE POLYA .....</b>	<b>13</b>
SPREADSHEET AS AN EDUCATIONAL RESOURCE FOR MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING USING POLYA'S METHOD .....	13

**Alfonso J. González Regaña**

<b>ALGORITMO DE BOOTH EN OPERACIONES DE INVERSO MODULAR.....</b>	<b>28</b>
BOOTH ALGORITHM MODULAR REVERSE OPERATIONS .....	28

**Jesús Ayuso Pérez**

<b>EL USO DE LAS TIC EN LA FORMACIÓN EN SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTE EN LAS INSTALACIONES DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>42</b>
THE USE OF ICT FOR TRAINING IN SMART METERING TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION SITE MANAGERS .....	42

**Francisco Javier Cárcel Carrasco y Elisa Peñalvo López**



**Recepción:** 17 de septiembre de 2015

**Aceptación:** 13 de junio de 2016

**Publicación:** 29 de junio de 2016

# ¿SE PUEDE USAR UNA PC SIN ANTIVIRUS?

---

**CAN YOU USE A PC WITHOUT ANTIVIRUS?**

Romel Vera Cadena<sup>1</sup>

1. Consultor de Seguridad Informática. Ecuador. E-mail: [romel.vera.cadena@gmail.com](mailto:romel.vera.cadena@gmail.com)

## RESUMEN

En la actualidad el uso de la tecnología es imprescindible para la mayoría de las actividades que se realizan a lo largo del día, sin embargo existen amenazas latentes capaces de interrumpir estas actividades e incluso lucrar a costa nuestra. Dada esta situación el presente documento tratará acerca del *malware*, antivirus y expondrá estrategias claves de seguridad de la información para evitar ser infectados por *malware*. Se establecerá además, los motivos de la existencia de estas amenazas.

## ABSTRACT

Currently the use of technology is essential for most of the activities that take place throughout the day, however there are latent threats that can disrupt those activities and even profit at our expense. Given this situation, this paper will address malware, antivirus, security strategies and will present key information to avoid being infected by malware. Also we will explain the motives of existence of these threats.

## PALABRAS CLAVE

Antivirus; Seguridad informática; Educación; Entrenamiento; Estadísticas Malware.

## KEYWORDS

Antivirus; Information Security; Education; Security Awareness; Malware Statistics.

## INTRODUCCIÓN

Desde antes que las computadoras se conviertan en equipos populares e importantes, han existido los virus informáticos cuyo fin para la época era destruir la información almacenada o saturarla para que se quede sin espacio disponible. Ante tal situación, se creó un software capaz de eliminar estas amenazas de los sistemas denominado antivirus. Pero con la masificación del internet, los problemas con los virus dejan de ser simples puesto que ahora existen nuevos tipos de amenazas llamadas *malware* (Panda, s.f.).

Como nuevos *malwares* que se han encontrado tenemos del tipo bancario que roba dinero de las tarjetas de crédito o de las cuentas bancarias de las víctimas, también existen del tipo que secuestran datos denominados *ransomware* que cifran los datos de la víctima con una clave única y les piden dinero a cambio de ella, del tipo *botnet* que reúne un conjunto de equipos infectados y los ponen a realizar operaciones ilegales, entre otros (Kaspersky, s.f.).

Por consiguiente, las empresas antivirus de todo el mundo hacen seguimiento al *malware* y elaboran estadísticas de infecciones de *malware* y hay que tener en cuenta estas estadísticas, como la de Microsoft del año 2014, en donde se observa que Ecuador tiene un porcentaje de infección de *malware* del 23.5% versus el resto del mundo con un 15.9%. Es decir, que de cada 1,000 equipos que se escanean, 13.3 tienen *malware* versus el resto del mundo con una cifra promedio de 5.9 (Microsoft, 2015).

Como consecuencia de las infecciones por *malware* en los medios de comunicación, se difunden noticias como robos masivos de tarjetas de crédito, robo de claves personales, filtraciones de información empresarial e incluso fotos privadas de artistas conocidos. Sin embargo todos estos casos pudieron haber sido evitados.

Por esta razón existen lineamientos de seguridad de la información dirigidos a usuarios del hogar y a usuarios empresariales en las que explican estrategias simples para evitar ser infectados por *malware* (Broida, 2014; Gee, 2014).

El presente documento discute acerca del *malware*, antivirus y expone estrategias básicas que se usan para evitar ser infectados por *malware*. Estas técnicas sirven tanto para usuarios del hogar como para los usuarios que laboran en empresas.

## ANTIVIRUS Y MALWARE

### CÓMO FUNCIONA UN ANTIVIRUS EN UNA PC?

Los antivirus son programas que sirven para proteger a los equipos informáticos de virus, *trojans*, *worms*, *adwares*, entre otros programas maliciosos denominados *malware* que puedan infectar el sistema operativo de su computador. La protección que se brinda cubre todas las actividades comunes tales como navegación por internet, redes sociales, juegos en línea, entre otras. Normalmente, los programas antivirus monitorean las actividades del *malware* en tiempo real realizando escaneos constantes o, a petición del usuario, el antivirus realiza una búsqueda contra *malware* y si son detectados entonces el antivirus los elimina o los pone en cuarentena (Microsoft, n.d; Kaspersky, n.d.).

### QUÉ ES EL MALWARE?

El *malware* es conocido también como software malicioso y es un término que se le otorga a varios tipos de amenazas como virus, *worms* y *trojans*. De todos estos, el que predomina en la lista de amenazas es el *trojan*.

Las personas tienden a creer que estos tipos de *malware* son lo mismo cuando en realidad cada uno tiene una función en específica, por ejemplo:

El virus está diseñado para infectar objetos en un disco y se propaga automáticamente de computadora a computadora. Usualmente, la forma de infección se debe a la interacción del usuario al abrir un correo con un archivo infectado.

Los *worms* también se propagan automáticamente aunque en lugar de infectar varios objetos en el disco, éste se instala una sola vez y luego busca otro equipo para infectar. Algunos *worms*, por ejemplo, el *worm* de los emails, para propagarse requiere la interacción del usuario, en cambio los *worms* de red no necesitan la interacción del usuario para infectar computadoras.

Los *trojans* poseen este nombre proveniente del mítico “Caballo de Troya” porque igual como en la historia los *trojans* se escudan en algo que aparentemente parece benigno o útil cuando en realidad una vez ejecutados o instalados estos realizan operaciones maliciosas sin consentimiento del usuario. Algunos *trojans* se instalan de manera oculta cuando el usuario navega en una página de internet que haya sido comprometida. Los *trojans*, a diferencia de virus y *worms*, no se replican pero dependen de la conexión de internet.

Los *trojans* del tipo puerta trasera conocidos como *backdoors* permiten control remoto del equipo, es decir, acceso total al ordenador por medio del internet. Algunos incluyen *keylogger*, que graban la actividad del teclado en busca de contraseñas o algún otro tipo de información confidencial con el fin de realizar actividades ilegales como los *trojans* bancarios que están diseñados para robar dinero de las cuentas bancarias de las víctimas.

También existe *malware* híbrido que mezcla funcionalidades de otros tipo de *malware* creando nuevas funciones o dándoles una mejor flexibilidad al momento de infectar nuevos equipos, como es el caso de la *Botnet*. Ésta conecta computadoras entre sí creando una red de equipos infectados para luego el delincuente informático darles órdenes por medio del internet para que realicen operaciones ilegales que van desde el envío de correos no deseados hasta realizar ataques a organizaciones específicas (Kaspersky, s.f; US-CERT, n.d.).

## MOTIVACIONES DETRÁS DEL MALWARE

En la actualidad, el *malware* es creado con el fin de obtener dinero de forma ilegal; usualmente obteniendo información privada de las víctimas. Para lograrlo, el *malware* se instala de una manera discreta, es decir, se está ejecutando sin molestar las actividades que realiza el usuario. Existe especulación del impacto financiero de los delitos informáticos, buscando en internet *el costo del cibercrimen*<sup>1</sup> le aparecerán cifras que van desde millones hasta billones de dólares. Lo que sí es seguro es que, debido al incremento de ataques de ciberdelincuentes<sup>2</sup>, se han creado mercados negros en todo el mundo; que son lucrativos para los que son miembros del cibercrimen.

Desde el año 2003 en el mercado negro del cibercrimen existen servicios que contratan las personas por diferentes motivos, tales como: robo de datos confidenciales, robo de propiedad intelectual, daño a la reputación, sabotaje a las funciones de alguna entidad o para realizar declaraciones políticas (Rosenthal, 2014).

Otra forma en la que los ciberdelincuentes obtienen dinero es cuando hacen uso de un *malware* denominado *Ransomware*, que es usado para extorsionar por medio del secuestro de archivos; que consiste en la encriptación de sus contenidos usando una clave única y piden dinero a cambio de la clave. El *Ransomware* es muy lucrativo porque según la importancia del contenido de los equipos secuestrados las empresas o personas estarían predispuestas a pagar el valor que pide el ciberdelincuente (McDermott, 2015).

---

<sup>1</sup> Cibercrimen: Delitos que involucra el uso de computadoras.

<sup>2</sup> Ciberdelincuente: Delincuente que comete actos ilegales mediante uso de computadoras.

## SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

### ¿EN QUÉ CONSISTE LA SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN?

La seguridad de la información es el proceso de proteger la disponibilidad, privacidad y la integridad de los datos. Sin embargo, este término es usado usualmente para describir medidas y métodos para aumentar la seguridad de las computadoras.

Uno de los dichos de los expertos en el área es que ningún sistema es a prueba de todo pero al tomar medidas elementales y prácticas se pueden proteger mejor los datos (Montenegro, s.f.).

Uno de los peligros más graves de la seguridad de la información es el error humano y la ignorancia. Las personas deben tener un entrenamiento elemental de seguridad para evitar dar acceso accidental a los ciberdelincuentes. Se considera obligatorio que las personas responsables de información crítica en una empresa reciban entrenamiento elemental de seguridad de la información. En el hogar, los miembros de la familia deben poder identificar las amenazas más comunes del internet con el fin de proteger al equipo y la información personal (Wagner, 2006).

### ANTIVIRUS VS ESTRATEGIAS DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

La razón principal por la que muchos entusiastas y profesionales de la seguridad de la información no usan antivirus es que si alguien va a intentar atacarlos lo más probable es que usen técnicas nuevas y seguramente el antivirus no los va a proteger. Aunque a nivel empresarial el uso del antivirus es obligatorio debido a las exigencias de los estándares de industria, muchos de estos profesionales actualmente creen que en las empresas el uso del antivirus no es efectivo (McMillan, 2012).

El antivirus solo detecta amenazas viejas o conocidas, es decir, que siempre va a estar un paso atrás versus los miles de nuevos *malware* que se construyen a diario por los ciberdelincuentes. Sin embargo, el factor humano (errores humanos) dado a la falta de una educación elemental de seguridad de la información hace posible que el antivirus sea una línea adicional de seguridad (Broida, 2014; McMillan, 2012).

## ESTRATEGIAS PARA EVITAR INFECTARSE DE MALWARE

Aprendiendo de los estándares, lineamientos y artículos de los profesionales de la seguridad de la información, se consigue evitar ser víctimas de *malware* tanto en el hogar como en la empresa.

A continuación expongo tres estrategias esenciales que sirven contra el *malware*.

### 1. RECONOCER LOS ARCHIVOS EJECUTABLES

Un archivo ejecutable contiene un programa con la habilidad de realizar tareas automatizadas. A diferencia de otros tipos de archivos que solo contienen datos para ser mostrados o reproducidos como un video o audio. Es decir, que si abre un archivo ejecutable en una computadora este podría realizar cualquier tipo de acción sin requerir su permiso continuo y si fuera un *malware* serían acciones dañinas.

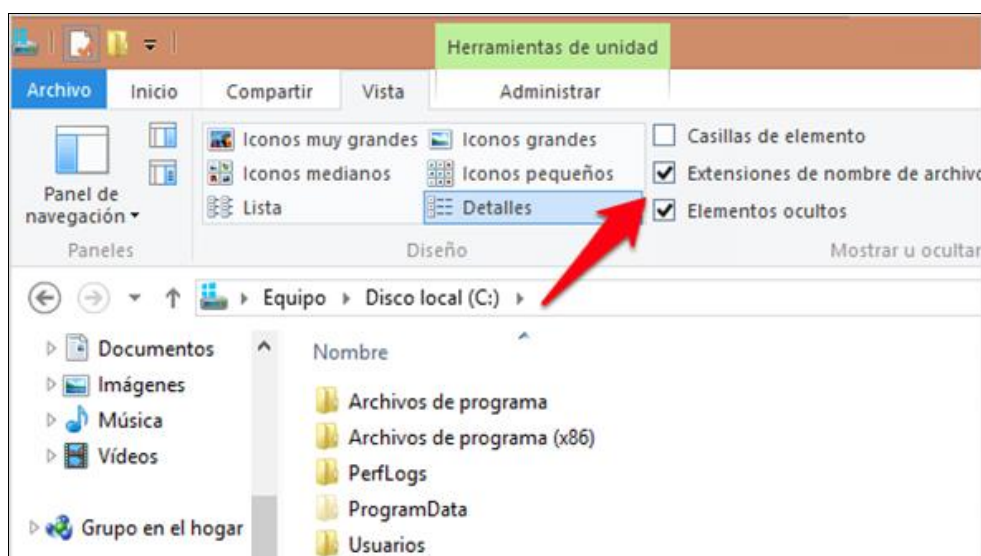
En el caso del sistema operativo, Windows se puede identificar el tipo de archivo por su extensión. Se llama extensión porque va al final del nombre del archivo y siempre va después de un punto. Por ejemplo en un archivo que se llame *léeme.txt* la extensión es *txt* y esta extensión le dice al Windows que se trata de un archivo de texto y que se puede abrir con el programa *notepad* (Microsoft, s.f.).

Los archivos ejecutables que los *malware* comúnmente abusan son los que tienen extensiones: *exe*, *bat*, *cmd*, *vb* y *vbs*.

Por ejemplo el archivo *informatica.exe* sería un ejecutable porque su extensión es un *.exe*

Hay que tener en cuenta que Windows por defecto no muestra las extensiones de los archivos para verlos siga los siguientes pasos:

- 1) Abra el explorador, o presione las teclas Windows+E.
- 2) Vaya a la pestaña *Vista*.
- 3) En el lado derecho habilite *extensiones de nombre de archivo*.
- 4) Opcionalmente habilite *elementos ocultos*

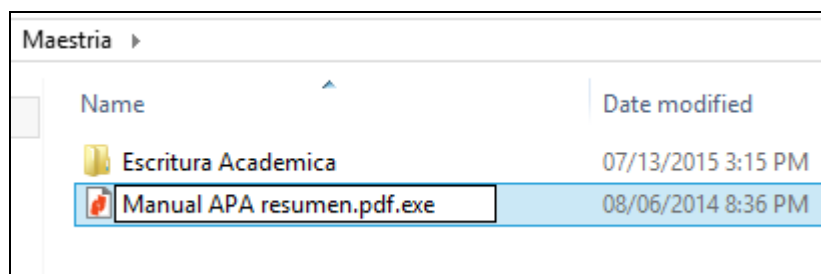


**Figura 1:** Procedimiento para habilitar las extensiones de los archivo.

Una vez que haya habilitado la opción de ver las extensiones de los archivos, entonces podrá identificar fácilmente los diferentes tipos de archivo.

## 2. DISTINGUIR TRAMPAS COMUNES DE LOS CIBERDELINCUENTES

La trampa más común de los ciberdelincuentes consiste en disfrazar ejecutables de *malware* como si fueran archivos de documentos, audios o videos ejemplo:



**Figura 2:** Un ejecutable que aparenta ser un documento pdf.

En la Figura 2 se puede distinguir con facilidad que el archivo aparenta ser un documento PDF cuando en realidad es un ejecutable porque termina en .exe.

Evite prestar atención al ícono del archivo porque los archivos ejecutables pueden tener cualquier gráfico como ícono. Sin embargo, solo podrá distinguir un documento original de un ejecutable siempre y cuando tenga habilitada la opción de ver las extensiones ocultas.

Al descargar documentos por internet deberá fijarse en el nombre completo del archivo, si el archivo supuestamente es un documento entonces no deberá terminar con una extensión de un ejecutable, ejemplo:

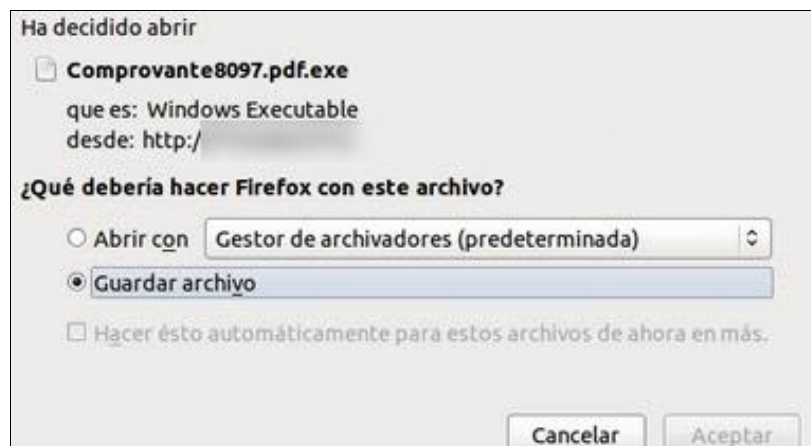


Figura 3: Error ortográfico en un ejecutable.

A veces, los creadores de *malware*, al realizar traducciones cometen faltas ortográficas al momento de ponerle nombre a los ejecutables, como se puede apreciar en la Figura 3.

### 3. CONFIRMAR FUENTES

Siempre debe confirmar el origen de los documentos o programas, es decir, antes de descargar un archivo o programa deberá hacerlo de su sitio oficial o de algún sitio externo pero que sea avalado por el oficial. Por ejemplo:

El software WinRAR de RARLAB es un programa compresor de archivos muy popular. El sitio web oficial es [www.rarlab.com](http://www.rarlab.com). Sin embargo, existen varios sitios no oficiales que permiten descargarlo y en muchos de estos sitios el archivo es un malware.

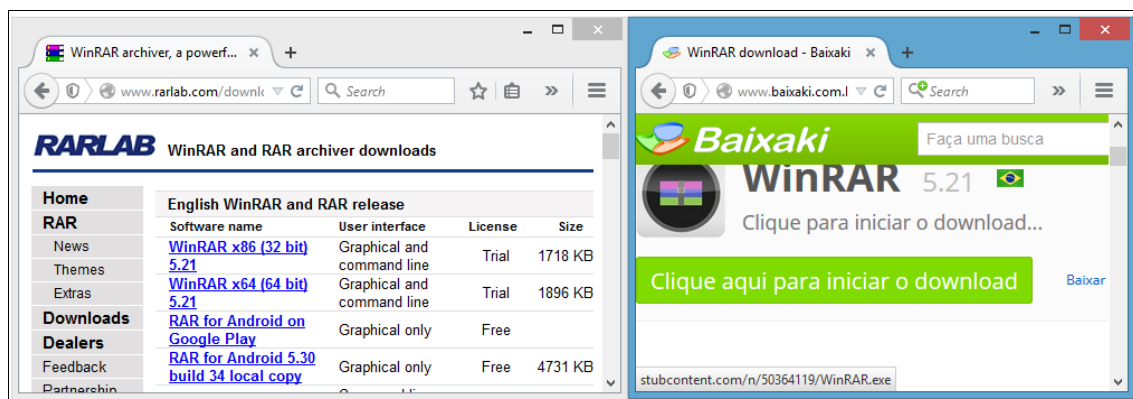
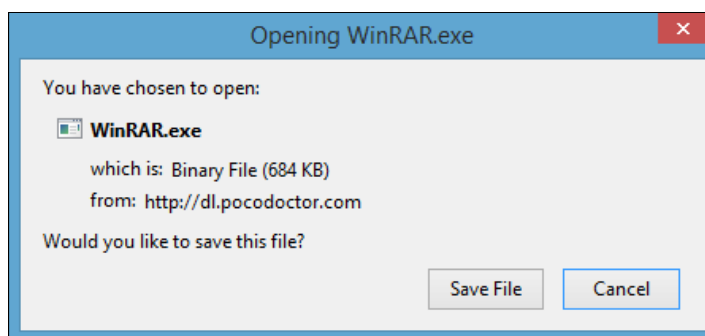


Figura 4: Descarga de un ejecutable.

En este caso, al hacer la descarga del sitio *Baixaki*; como se muestra en la Figura 4, el archivo que se descarga del sitio web no oficial es un ejecutable lo cual es correcto porque se trata de un programa y si comparamos el archivo es evidente que el tamaño en KiloBytes (KB) del archivo es diferente del original. Incluso la procedencia del archivo es otra; su nueva procedencia es *pocodoctor.com*.



**Figura 5:** Opción para abrir un ejecutable.

Si realizamos un escaneo contra virus el resultado será obvio.

ESET-NOD32	a variant of Win32/TrojanDropper.Addrop.J	20150716
Emsisoft	Gen:Variant.Adware.Graftor.190520 (B)	20150716
F-Prot	W32/S-018f1eb2IEldorado	20150716
F-Secure	Gen:Variant.Adware.Graftor	20150716
GData	Gen:Variant.Adware.Graftor.190520	20150716

**Figura 6:** Archivo ejecutable descargado.

Este archivo ejecutable descargado de la web de *Baixaki* cuya procedencia es de un sitio que se llama *pocodoctor.com* y que simula ser el programa WinRAR, en realidad es un *malware*.

En este caso los anti-virus lo han detectado, sin embargo si el *malware* fuera nuevo no se contaría con la misma suerte.

En cuanto a los emails, es preferible no abrir archivos extraños y si es un email de alguna entidad conocida aplicar las mismas estrategias para evitar *malware*.

También evite abrir vínculos que encuentre en un email, por ejemplo: si en un mail le dicen que *haga clic para ver su estado de cuenta del banco*, no lo haga y abra el navegador y escriba la dirección oficial del banco para ver su estado de cuenta de forma segura.

En las redes sociales, si al hacer *clic* a un video o algún otro tipo de vínculo le piden instalar algo adicional para proceder, no lo instale o si se le presenta una ventana para descargar un ejecutable entonces no lo haga porque se trata de *malware*.

## CONCLUSIONES

El *malware* es una amenaza constante que no solo afecta a los equipos de computación, sino que también puede llegar a afectarnos convirtiéndonos en víctimas de ciberdelincuentes.

Un ciberdelincuente crea *malware* por varios motivos tales como dañar, sabotear, lucrar e incluso hay quienes lo hacen por diversión. Aunque en la actualidad el motivo que prevalece sobre los demás es el de lucro.

Los antivirus son una línea de defensa obligatoria para las empresas que deben cumplir estándares de industria. Sin embargo, los antivirus están un paso por detrás de los ciberdelincuentes que crean a diario nuevos *malware* y es por este motivo que actualmente se está dando importancia a los temas de seguridad de la información que involucra directamente al usuario.

Los profesionales de seguridad de la información aconsejan que se de entrenamiento de seguridad a las personas que laboran en cualquier empresa y a las personas del hogar que se eduquen y ayuden a transmitir el conocimiento adquirido.

Existen varias estrategias de seguridad de la información que cubren diferentes áreas como son, la defensa contra ataques informáticos, prevención de infección por *malware*, seguridad de datos, respaldos de información entre otras.

En este artículo solo tratamos tres estrategias claves que sirven para evitar *malware* que es el principal vector de ataque de los ciberdelincuentes.

1. Reconocer los archivos ejecutables.
2. Distinguir trampas comunes de los ciberdelincuentes.
3. Confirmar fuentes.

Cabe destacar que estas estrategias se pueden aplicar en cualquier sistema operativo. Sin embargo, los ejemplos en este artículo se enfocan al sistema operativo Windows.

Para terminar, se concluye que haciendo uso de conocimientos esenciales de seguridad de la información es posible evitar *malware*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Broida, R. (2014, June 25). *I still don't use anti-virus software. Am I still nuts?* Recuperado de: <http://www.cnet.com/how-to/i-dont-use-anti-virus-software-am-i-nuts/>

Gee, G. (2014). *Cyber Security Principles*. Paper Street Publishing.

Kaspersky. (s.f.). *Seguridad 101: Los tipos de malware*. Recuperado de: <http://support.kaspersky.com/sp/viruses/general/614/>

Kaspersky. (n.d.). *Viruses & Worms*. Recuperado de: [https://usa.kaspersky.com/internet-security-center/threats/viruses-worms#.VaK1p\\_lOnIU/](https://usa.kaspersky.com/internet-security-center/threats/viruses-worms#.VaK1p_lOnIU/)

McDermott, I. E. (2015). Ransomware. *Online Searcher*, pp. 35-37.

McMillan, R. (2012). *Wired*. Recuperado de: <http://www.wired.com/2012/03/antivirus/>

Microsoft. (2015). *Microsoft Security Intelligence Report Volume 18*. Recuperado de: [http://download.microsoft.com/download/7/1/A/71ABB4EC-E255-4DAF-9496-A46D67D875CD/Microsoft\\_Security\\_Intelligence\\_Report\\_Volume\\_18\\_English.pdf/](http://download.microsoft.com/download/7/1/A/71ABB4EC-E255-4DAF-9496-A46D67D875CD/Microsoft_Security_Intelligence_Report_Volume_18_English.pdf/)

Microsoft. (s.f.). *Nombres de archivo y extensiones de nombre de archivo*. Recuperado de: <http://windows.microsoft.com/es-es/windows/file-names-extensions-faq#1TC=windows-7/>

Microsoft. (n.d.). *What is a computer virus?* Recuperado de: <https://www.microsoft.com/security/pc-security/virus-what-is.aspx/>

Montenegro, L. (s.f.). *Seguridad de la Información: Más que una actitud, un estilo de vida*. Recuperado de: <http://www.microsoft.com/conosur/technet/articulos/seguridadinfo/>

Panda. (s.f.). *Classic Malware: su historia, su evolución*. Recuperado de: <http://www.pandasecurity.com/spain/homeusers/security-info/classic-malware/>

Rosenthal, A. (2014, September 15). *Security 101*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=sdpxddDzXfE/>

US-CERT. (n.d.). *Virus Basics*. Recuperado de: <https://www.us-cert.gov/publications/virus-basics/>

Wagner, C. G. (2006). Information Security's Biggest Enemy. *Futurist*, 11.

**Recepción:** 27 de noviembre de 2015

**Aceptación:** 15 de junio de 2016

**Publicación:** 29 de junio de 2016

# **LA HOJA DE CÁLCULO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS POR EL MÉTODO DE POLYA**

---

## **SPREADSHEET AS AN EDUCATIONAL RESOURCE FOR MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING USING POLYA'S METHOD**

Alfonso J. González Regaña <sup>1</sup>

1. Doctor en Matemáticas. Profesor del Dpto. de Didáctica de las Matemáticas.

Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla. E-mail: [agonzalez@us.es](mailto:agonzalez@us.es)

## RESUMEN

La resolución de problemas matemáticos es un aspecto fundamental en el aprendizaje de los estudiantes de matemáticas a todos los niveles. Aunque tradicionalmente esta resolución se ha utilizado para establecer planes de estudio o escribir libros de texto, no se ha hecho explícita la forma de llevarla a cabo. En este artículo utilizamos el modelo de cuatro fases para la resolución de problemas matemáticos propuesto por George Polya en un contexto de estudiantes de Primer curso del Grado de Educación Primaria, e incorporamos la tecnología TIC (a través del uso de la hoja de cálculo) para crear conexiones y mejoras entre diferentes estrategias de resolución.

## ABSTRACT

Mathematical problem solving is an essential aspect of the learning process for students at all levels. Although this resolution is traditionally used in terms of setting up curriculum or writing textbooks, it has not been established explicitly the way to perform it or to reach it to its completion. In this paper, we use the model created by George Polya, who has structured this problem solving process in four steps. We present this model to first year' students of the undergraduate degree of Elementary Education, and we integrate the technology (through the spreadsheet usage) to create potential connections and improvements between different resolution' strategies.

## PALABRAS CLAVE

Resolución de problemas matemáticos; Formación de profesores de Primaria; Método de Polya; TIC.

## KEYWORDS

Mathematical problem solving; Elementary teachers training; Polya's method; TIC Technologies.

## INTRODUCCIÓN

Los estudiantes de todos los niveles deben incorporar la resolución de problemas como uno de los ejes principales de su formación matemática (NCTM, 2000; [1]).

La Orden ECD/65/2015, de 21 de Enero de 2015, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, publicada en BOE de 29 de Enero de 2015 [2], en su artículo 7, afirma que:

Por ello, para poder evaluar las competencias es necesario elegir, siempre que sea posible, estrategias e instrumentos para evaluar al alumnado de acuerdo con sus desempeños en la resolución de problemas que simulen contextos reales, movilizandolos sus conocimientos, destrezas, valores y actitudes.

Además, en el punto 2. *Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología* de su Anexo I, se añade que:

Se trata, por tanto, de reconocer el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo y utilizar los conceptos, procedimientos y herramientas para aplicarlos en la resolución de los problemas que puedan surgir en una situación determinada a lo largo de la vida. La activación de la competencia matemática supone que el aprendiz es capaz de establecer una relación profunda entre el conocimiento conceptual y el conocimiento procedimental, implicados en la resolución de una tarea matemática determinada.

Por último, también en el Anexo I, en el punto 3. *Competencia digital*, se concluye que:

La resolución de problemas: esta dimensión supone conocer la composición de los dispositivos digitales, sus potenciales y limitaciones en relación a la consecución de metas personales, así como saber dónde buscar ayuda para la resolución de problemas teóricos y técnicos, lo que implica una combinación heterogénea y bien equilibrada de las tecnologías digitales y no digitales más importantes en esta área de conocimiento.

No obstante, en ningún momento se establece de manera concreta y explícita cómo incorporar al currículo la resolución de problemas matemáticos.

Históricamente, han sido varios los autores que han propuesto diferentes modelos centrados en la descripción del desarrollo del proceso de resolución de problemas en el ámbito de las matemáticas (Polya, 1945 [3]; Schoenfeld, 1985 [4]; Mason et al., 1988 [5]; Guzmán, 2006 [6]).

En la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, los alumnos de la asignatura “Matemáticas Específicas para Maestros” del 1º curso del Grado en Educación Primaria, desde el Curso 2014/2015, completan su formación mediante la introducción del método de resolución de problemas de George Polya.

Dicho método se basa en la identificación de cuatro fases principales en el proceso de resolución de un problema:

- Fase 1.- Comprender el problema;
- Fase 2.- Elaborar un plan;
- Fase 3.- Ejecutar el plan; y
- Fase 4.- Mirar hacia atrás.

En la primera de estas fases, generalmente mediante preguntas realizadas a tal efecto, el docente facilita la comprensión del enunciado del problema distinguiendo entre los datos presentados en el mismo, las incógnitas y las relaciones que, tanto implícita como explícitamente, puedan aparecer entre ambos elementos. No obstante, es bastante habitual obviar esta fase en las clases de resolución de problemas lo que provoca que muchos estudiantes se bloqueen a la hora de enfrentarse con el enunciado de un problema.

En la segunda fase, el alumno debe trazar un plan explicitando qué estrategia o estrategias va a utilizar para la resolución del problema. Aquí, es de vital importancia dotar a los alumnos del mayor número de estrategias posibles. Las más comúnmente utilizadas incluyen la algebraica (uso de ecuaciones, funciones, etc.), la representación mediante dibujos, diagramas o gráficos, la simplificación en problemas más simples, el ensayo-error o el análisis de posibilidades.

Una vez escogida la estrategia, en la tercera fase, el alumno debe ejecutar el plan que describió en la fase anterior. Si la ejecución es correcta, debería obtener la respuesta al problema planteado.

Finalmente, en la cuarta fase el alumno debe comprobar que la solución propuesta verifica todas las exigencias establecidas en el enunciado del problema. Además, siempre que sea posible, debería tratar de buscar y plantear una forma alternativa de resolución.

En este artículo, hacemos uso de la hoja de cálculo para generar conexiones entre algunas de las estrategias antes mencionadas y mejorar la comprensión de los procedimientos matemáticos involucrados en ellas. Este recurso ha sido utilizado por algunos alumnos desde sus dispositivos móviles (a través de aplicaciones que suelen ser gratuitas).

En esta línea, estudios de autores como Madrid Vivar et al.[7], en Primaria, o Lozano Ortiz et al.[8], en Secundaria, tratan sobre el estado del *Mobile Learning o Aprendizaje Móvil* en España y concluyen que, aunque los estudiantes se desenvuelven bien con estas tecnologías, con frecuencia el uso de estos dispositivos en las aulas es muy limitado, no entendiéndose aún como un método de aprendizaje.

Sin embargo, en [9], Camacho Martí muestra que el *Aprendizaje Móvil* ofrece oportunidades para fomentar estrategias de colaboración y profundizar a la vez en mecanismos de aprendizaje y construcción de conocimiento compartido. Brazuelo Grund y Gallego Gil [10], exponen una investigación (a partir de un estudio de revisión descriptivo de la producción científica nacional en el período 2009-2013), en la que los resultados muestran un creciente interés por el establecimiento de bases teóricas y experimentales para la integración de las tecnologías móviles en educación, aspecto que consideramos del todo necesario.

## DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

El método de Polya para la resolución de problemas matemáticos se introdujo en las clases prácticas de la asignatura de “Matemáticas Específicas para Maestros” del primer año del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Sevilla en el curso 2014/15. Se trabajó con unos 40 estudiantes, en períodos de una hora semanal, durante 28 sesiones. Los estudiantes se distribuían en grupos de 4 ó 5 personas.

Al inicio del curso, se proporcionó bibliografía y se mostraron las principales claves del método ideado por George Polya. También se presentaron varias de las estrategias más utilizadas para la resolución de problemas. Las sesiones centrales se estructuraron alrededor de un problema planteado al principio de la clase. Los docentes subrayaron, en todo momento, la importancia de aplicar el método y la necesidad de hacerlo explícito. Al término de la clase, el problema era resuelto mediante la exposición de alguno de los grupos o por el profesor (asegurándose la participación activa de los alumnos a través de preguntas y comentarios). Para seleccionar los problemas planteados en cada sesión, el profesorado siguió el criterio de que con ellos fuese posible desarrollar un múltiple número de estrategias.

## METODOLOGÍA

### DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Proponemos un modelo de enseñanza-aprendizaje de carácter *constructivista* donde tanto los estudiantes como el profesorado ejercen un papel activo. El objetivo es que el alumno, partiendo de sus conocimientos e interactuando con las nuevas informaciones y experiencias que le son proporcionadas, pueda ser protagonista y constructor de su propio aprendizaje.

Se trata de partir del alumno antes que de la disciplina y que los estudiantes sean conscientes de ese proceso de forma explícita (Bain, 2005; [11]), fomentando en el aula un entorno para el “aprendizaje crítico natural” que capture la atención del estudiante y la mantenga a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO

A través del planteamiento de dos problemas con ciertas analogías pero de diferente grado de dificultad, detectamos los principales errores que cometen los estudiantes cuando resuelven el problema mediante el empleo de “Lápiz y Papel”, concretamente nos centraremos en cómo desarrollan la Fase 3 del método (Ejecutar el Plan).

Posteriormente, con la hoja de cálculo, reflexionamos sobre las distintas estrategias y procedimientos de resolución buscando un doble objetivo: hacer que el alumno tome conciencia de la naturaleza y características matemáticas que encierran las estrategias (algunas de las cuales garantizan la obtención de ciertos parámetros, como la unicidad de solución, que con otras no se pueden establecer); así como que el estudiante se percate de la importancia de introducir la tecnología cuando el estudio se complica.

En la sesión inicial, se plantea a los estudiantes el problema siguiente:

#### Problema 1

*En una granja hay conejos y gallinas. Contando cabezas se obtienen 60 y contando patas 188. ¿Cuántas conejos y gallinas hay en la granja?*

Para resolver este problema no se requieren conocimientos matemáticos avanzados y, por esa razón, fue seleccionado para la sesión inicial. Además, en el proceso de resolución pueden ser empleadas estrategias diferentes. A continuación, pasamos a describir aquellas que fueron utilizadas por los grupos de estudiantes.

#### ***Resolución usando la estrategia algebraica***

### *Fase 1*

En esta fase el alumno debe hacer referencia de manera clara y precisa a los datos e incógnitas que aparecen en el problema y describir las potenciales relaciones existentes entre ellos.

En este caso, el estudiante debe mostrar que se desconocen dos cantidades: el número total de conejos y el de gallinas (por las que se pregunta explícitamente en el enunciado). También, debe percatarse de que el número total de animales debe ser 60 y de que cuatro veces el número de conejos junto con dos veces el número de gallinas tiene que dar como resultado 188. Es decir, hacer explícita una información implícita (el hecho de que un conejo tiene cuatro patas y una gallina dos).

### *Fase 2*

Si opta por la estrategia algebraica, el alumno debe señalar qué variables usará para designar el número total de conejos y de gallinas (por ejemplo, “x” e “y”) y, posteriormente, debe trasladar las relaciones descritas en el enunciado a expresiones algebraicas.

### *Fase 3*

En esta fase, el alumno debe ejecutar meticulosamente la estrategia planteada anteriormente y comprobar cada paso realizado tratando de asegurarse de su corrección.

Consecuentemente, deberá escribir las dos ecuaciones obtenidas:

$$\begin{cases} x + y = 60 \\ 4x + 2y = 188 \end{cases}$$

De dicho sistema se deduce que  $y = 60 - x$ ;  $4x + 2(60 - x) = 188$  y, por tanto, que  $x = 34$ . Sustituyendo en la primera ecuación, se concluye que  $y = 26$

Por tanto, la solución sería que en la granja hay 34 conejos y 26 gallinas.

### *Fase 4*

El estudiante debe comprobar que su solución satisface las condiciones del enunciado (no es suficiente con sustituirla en el sistema de ecuaciones).

En efecto, 34 (conejos) + 26 (gallinas) = 60 animales (cabezas)

Por otro lado, como 34 (conejos) x 4 (patas) = 136 patas y 26 (gallinas) x 2 (patas) = 52 patas, su suma, 136 (patas de conejo) + 52 (patas de gallina) = 188 patas totales.

## **Resolución usando la estrategia de ensayo-error**

### *Fase 1*

Análoga a la descrita en la resolución mediante estrategia algebraica.

## Fase 2

En la estrategia de ensayo-error, el alumno debe ir probando con distintos números de conejos y gallinas para ver si se satisfacen las condiciones del enunciado.

## Fase 3

Para la ejecución, se puede plantear una tabla en la que se recojan los ensayos realizados hasta obtener la solución correcta.

Nº de conejos	Nº de gallinas	Nº de cabezas	Nº de patas
10	50	$10+50=60$	$4 \times 10 + 2 \times 50 = 140$
20	40	$20+40=60$	$4 \times 20 + 2 \times 40 = 160$
30	30	$30+30=60$	$4 \times 30 + 2 \times 30 = 180$
34	26	$34+26=60$	$4 \times 34 + 2 \times 26 = 188$

**Tabla 1.:** Tabla de ensayo-error.

## Fase 4

Análoga a la descrita en la resolución mediante estrategia algebraica.

Evidentemente, también sería posible el uso de otras estrategias (*estrategia gráfica, estrategia de análisis de posibilidades, estrategia de hacer un dibujo o diagrama, etc.*).

Sin embargo, como veremos más adelante en los resultados, los potenciales maestros las obvian, incluso cuando son comentadas por los docentes, ya que muchos de ellos aún consideran que lo importante es obtener el resultado por encima de la vía utilizada para ello.

Para evitarlo, el profesorado debe insistir aquí en la importancia del método poniendo de relieve que, por ejemplo, abordando nuestro problema con una estrategia adecuada (como el empleo de un diagrama adaptado a la situación descrita en el enunciado), podría ser resuelto por alumnos de Primaria que no tengan ningún tipo de conocimiento algebraico. Además, deben encontrarse en la Fase 1 de comprensión del Sistema de Numeración Decimal descrita por Resnick (1983; [12]), donde los estudiantes sólo son capaces de hacer representaciones canónicas de los números, por ejemplo:  $188=100+80+2$ , y usar la aritmética informal en un contexto cardinal o de posible recuento.

Otra cuestión relevante es que, cuando plantean la estrategia de ensayo-error, los alumnos para maestro no son conscientes de que el resultado obtenido podría ser solo uno de muchos, y cuando son cuestionados acerca de la unicidad de la solución no encuentran un argumento válido que aplicar de manera efectiva.

Para que comprendan este importante matiz y la dificultad que podría conllevar asegurar la unicidad de la solución en algunos casos, planteamos un segundo problema del que sólo haremos explícita aquí la ejecución de la estrategia (Fase 3).

## Problema 2

En la granja se venden quesos, botellas de leche y yogures. Los quesos cuestan 4 euros, las botellas de leche 2 euros y los yogures 50 céntimos de euro. Si se han vendido un total de 100 productos y se ha obtenido una venta de 100 euros. ¿Cuántos quesos, botellas de leche y yogures se han vendido?

### Obtención de una posible solución usando la estrategia de ensayo-error

#### Fase 3

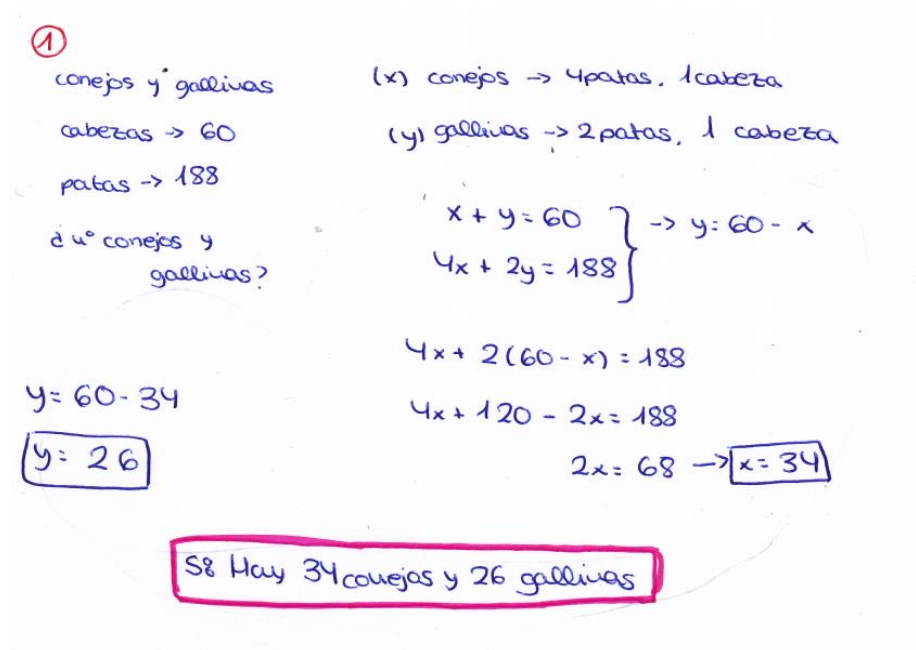
Quesos	Botellas de leche	Yogures	Número de productos vendidos	Euros obtenido en la venta
40	30	30	$40+30+30=100$	$40 \times 4 + 30 \times 2 + 30 \times 0,5 = 235$
20	20	60	$20+20+60=100$	$20 \times 4 + 20 \times 2 + 60 \times 0,5 = 130$
10	20	70	$10+20+70=100$	$10 \times 4 + 20 \times 2 + 70 \times 0,5 = 115$
10	10	80	$10+10+80=100$	$10 \times 4 + 10 \times 2 + 80 \times 0,5 = 100$

**Tabla 3.** Resolución incompleta del Problema 2 mediante Tabla de ensayo-error.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Primeramente, se presentan algunos de los resultados obtenidos en la recogida de datos que se les realizó a los distintos grupos de estudiantes. Comenzamos con la ejecución de la Fase 3 dada por uno de los grupos (Figura 1).



① conejos y gallinas  
cabezas  $\rightarrow 60$   
patas  $\rightarrow 188$   
¿cuántos conejos y gallinas?

(x) conejos  $\rightarrow 4$  patas, 1 cabeza  
(y) gallinas  $\rightarrow 2$  patas, 1 cabeza

$$\begin{cases} x + y = 60 \\ 4x + 2y = 188 \end{cases} \rightarrow y = 60 - x$$

$$4x + 2(60 - x) = 188$$

$$4x + 120 - 2x = 188$$

$$2x = 68 \rightarrow x = 34$$

$y = 60 - 34$   
 $y = 26$

Se Hay 34 conejos y 26 gallinas

Figura 1.: Resolución del problema mediante Estrategia algebraica.

Aunque en el caso anterior la resolución proporcionada fue correcta, el no ser conscientes de la naturaleza matemática de una determinada estrategia, puede suponer el hecho de no obtener la solución adecuada, lo que podemos apreciar en la resolución que uno de los grupos de alumnos llevó a cabo usando la estrategia de ensayo-error (Figura 2).

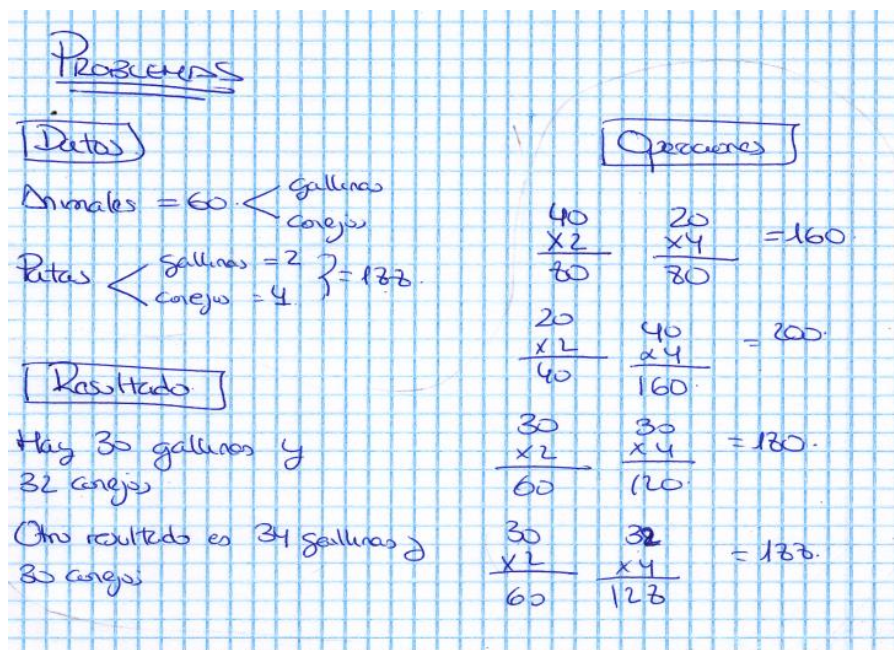


Figura 2.: Resolución incorrecta del problema mediante Estrategia de ensayo-error.

Posteriormente, para hacer hincapié en este hecho y establecer conexiones entre varias estrategias de resolución, se realizó el problema con el empleo de la hoja de cálculo (Figura 3).

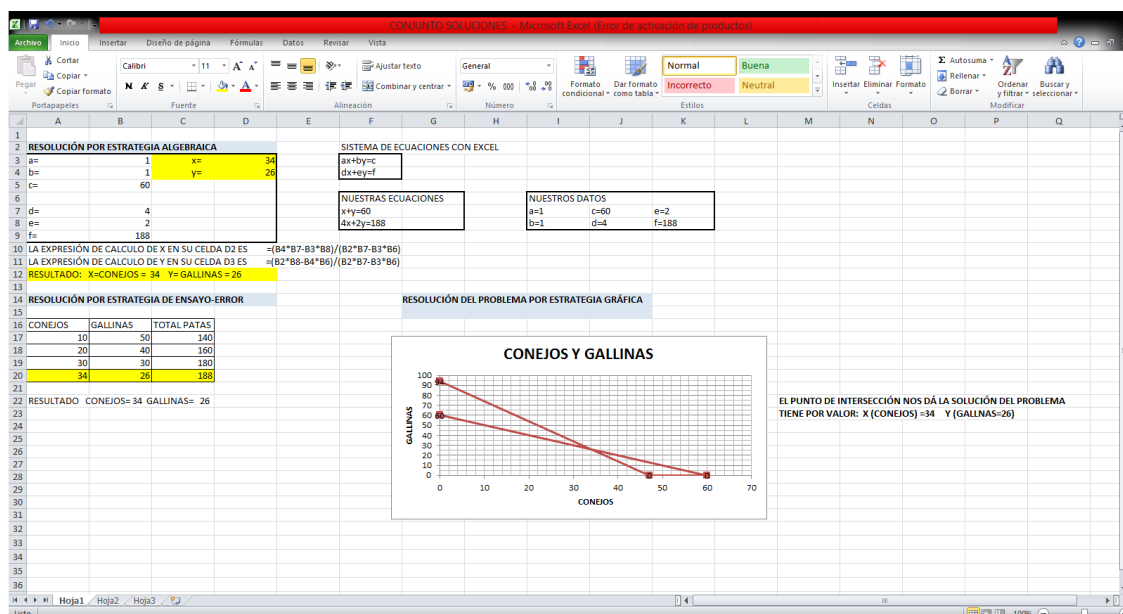


Figura 3.: Resolución Problema 1 por Estrategia algebraica, ensayo-error y gráfica.

Como puede observarse, la *Resolución Gráfica* contribuyó a favorecer que los alumnos estableciesen conexiones entre el procedimiento algebraico y el geométrico, lo que mejoró su comprensión de la naturaleza de ambos procesos.

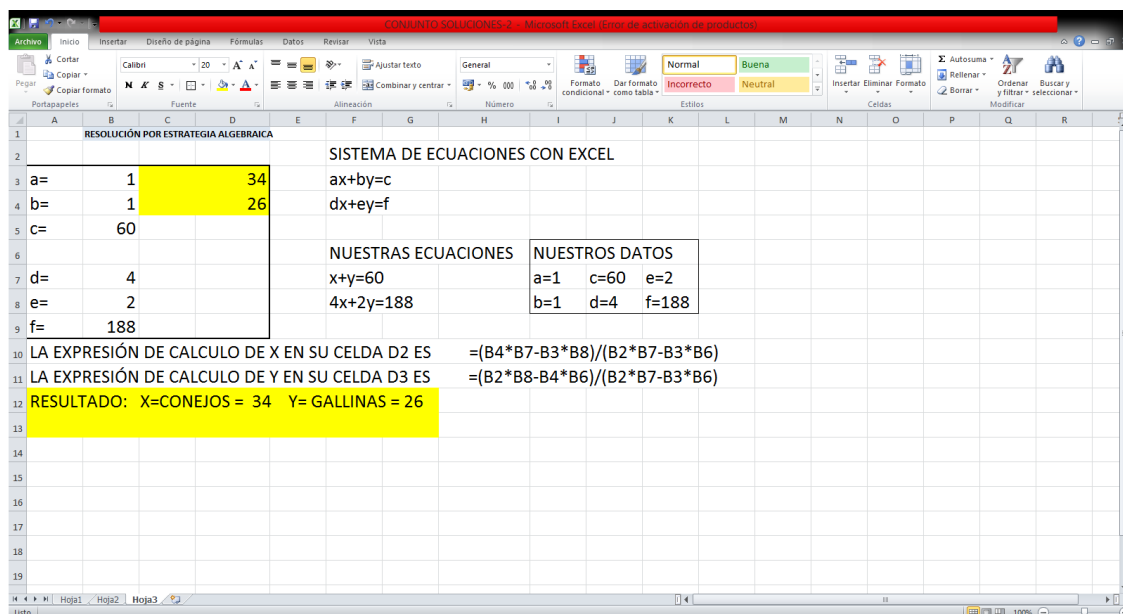


Figura 4.: Detalle Resolución Problema 1 por Estrategia algebraica.

Se detectaron también problemas a la hora de responder a la pregunta de cómo demostrar la unicidad de solución si se había usado la estrategia de ensayo-error (en la estrategia algebraica este detalle se deduce directamente por la obtención de un sistema compatible determinado), se propuso realizar un análisis de posibilidades (que los estudiantes a menudo confunden con las pruebas de ensayo-error). Este cambio de estrategia garantiza la obtención de todos los resultados posibles y, por tanto, de las soluciones (Figura 4), aunque sin el uso de la tecnología puede convertirse en un proceso demasiado costoso.

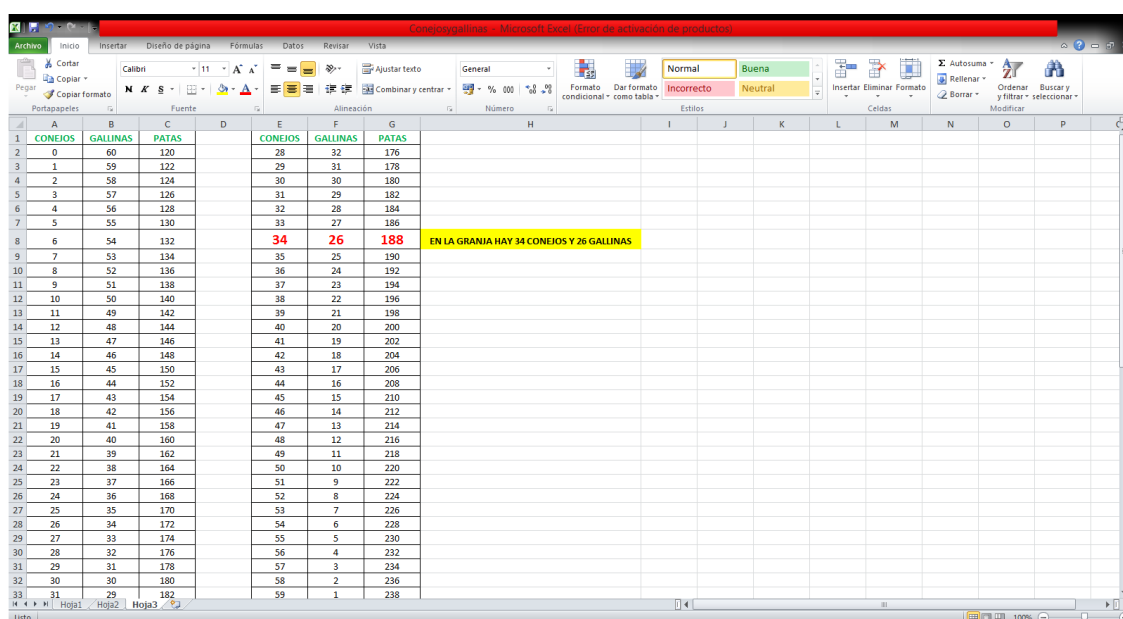


Figura 4.: Resolución Problema 1 por Estrategia de análisis de posibilidades.

Para subrayar el argumento anterior y destacar la importancia del uso de la hoja de cálculo, se resolvió el Problema 2 por este procedimiento (Figura 5), concluyendo que existían 5 soluciones posibles, hecho que contrasta con la única solución obtenida cuando se resolvió sin el empleo de este recurso.

## CONCLUSIONES

El método de Polya para la resolución de problemas dota a los alumnos de herramientas para aprender contenido matemático y alcanzar un conocimiento acerca de qué capacidades y procesos se ponen en marcha durante dicha resolución, lo que resulta de gran utilidad para los futuros docentes de Primaria puesto que las matemáticas y su didáctica son uno de los ejes fundamentales de su conocimiento profesional.

Por otra parte, el empleo de la hoja de cálculo permite que los alumnos tomen conciencia de las conexiones existentes entre las distintas estrategias de resolución planteadas y hace posible que reflexionen sobre lo que significa la unicidad de soluciones (por ejemplo, a través del paso de la estrategia de ensayo-error a la de análisis de posibilidades). De este modo, los estudiantes pueden ampliar el conocimiento relativo a los procesos matemáticos (clasificar, demostrar, etc.) que se encuentran implícitamente involucrados en este contexto.

Además, la potencia de la hoja de cálculo permite una gestión razonable de estrategias (por ejemplo, del análisis de posibilidades) siendo un recurso con el que el estudiante puede desplazarse en todo momento (*Mobile learning*). Por tanto, es necesario incorporarlo a los procesos de enseñanza-aprendizaje adaptando el conocimiento de los docentes a este nuevo entorno tecnológico.

Como ha señalado en sus estudios el profesor Jon R. Star de la Universidad de Harvard, la capacidad de los alumnos para seleccionar el camino más adecuado hacia la solución de un problema cuando disponen de más de una manera de hacerlo es, en la actualidad, uno de los problemas principales del sistema educativo español. La consideración de la flexibilidad nos obliga a pensar qué métodos de instrucción pueden ayudar a promover esta importante capacidad en los estudiantes para maestro. Por tanto, la conclusión principal que se extrae del estudio realizado recientemente y reflejado en el artículo es que el uso de la tecnología para promover la flexibilidad matemática como elemento formativo básico en el desarrollo profesional de los futuros profesores de Primaria se ha revelado significativamente positiva, dotando a los docentes en período de formación de mecanismos que les facilitan un pensamiento más flexible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston: NCTM.
- [2] Gobierno de España. (2016). *Boletín Oficial del Estado*, BOE-A -215-738, pp. 6986-7003.
- [3] Polya, G. (1945). *How to solve it*. New Jersey: Princeton University Press.
- [4] Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Orlando: Academic Press Inc.
- [5] Mason, J., Burton, L. y Stacey, K. (1988). *Pensamiento matemático*. Madrid: MEC, Labor.
- [6] Guzmán, M. (2006). *Para pensar mejor: desarrollo de la creatividad a través de los procesos matemáticos*. Madrid: Pirámide.
- [7] Madrid Vivar, D., Mayorga Fernández y M.J., Núñez Avilés, F. (2013). Aplicación del M-learning en el aula de primaria: experiencia práctica y propuesta de formación para docentes. *EduTec-e: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (45). Recuperado de: [http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec45/pdf/EduTec-e\\_n45-Madrid-Maryorga-Nunez.pdf/](http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec45/pdf/EduTec-e_n45-Madrid-Maryorga-Nunez.pdf/)
- [8] Lozano Ortiz, I., Vicent Safont, L., Luque Hernández, A. (2013). Motivate and learn with mobile phones by creating an app for android, through a ludic, constructivist and social methodology. *RED: Revista Educativa a Distancia*, (3). Recuperado de: <http://www.um.es/ead/red/36/lozano.pdf/>
- [9] Camacho Martí, M. (2011). Mobile learning: aproximación conceptual y prácticas colaborativas. UT: *Revista de Ciències de l'Educació*. Pp. 43-50. Recuperado de: <http://pedagogia.fcep.urv.cat/revistaut/revistes/2011desembre/article03.pdf/>
- [10] Brazuelo Grund, F., Gallego Gil, D.J. (2014). Estado del mobile learning en España. *Educación en Revista*, (4).
- [11] Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Traducido por Óscar Barberá. València: Publicacions de la Universitat de València. (1ª ed. inglesa 2004).
- [12] Resnick, L.B. (1983). *Mathematics and science learning: a new conception*. American Assn for the Advancement of Science.

**Recepción:** 19 de noviembre de 2015

**Aceptación:** 17 de junio de 2016

**Publicación:** 29 de junio de 2016

# **ALGORITMO DE BOOTH EN OPERACIONES DE INVERSO MODULAR**

---

## **BOOTH ALGORITHM MODULAR REVERSE OPERATIONS**

Jesús Ayuso Pérez<sup>1</sup>

1. Compositor musical y desarrollador software. Licenciado en Ingeniería Informática por la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). E-mail: [ayusoperez@terra.com](mailto:ayusoperez@terra.com)

## RESUMEN

El algoritmo dado por Andrew Donald Booth en 1950, además de permitir apoyarse en la operación inversa a aquella que compone el cómputo que estamos calculando, también nos permite pivotar sobre el elemento inverso con respecto de la misma. De esa doble interpretación, en el presente documento propondremos un algoritmo para el cálculo del inverso modular basado en el concepto ideado por Booth aplicado en este caso al algoritmo de Euclides. Veremos distintas aportaciones para realizar ese cómputo, y con el añadido de apoyarnos en operaciones que igualmente ya explotan el concepto introducido por Booth.

## ABSTRACT

The algorithm given by Andrew Donald Booth in 1950, besides allowing rely on inverse operation to that composing the computing we are calculating operation, also it allows us to pivot on the inverse element with respect to the same. That double interpretation propose an algorithm for calculating the inverse modular based on the concept devised by Booth applied in this case the Euclidean algorithm. We will see different contributions to make that calculation, and with added support in operations and also exploit the concept introduced by Booth.

## PALABRAS CLAVE

Booth; Algoritmo; Multiplicación; Inverso; Modular.

## KEYWORDS

Booth; Algorithm; Multiplication; Inverse; Modular.

## INTRODUCCIÓN

Como es conocido, el concepto de Booth aplicado dentro de un contexto modular permite trabajar con inversos, simplemente teniendo constancia de que, en ese punto, el elemento con el que se está trabajando en los cálculos, no es el elemento tal cual, sino su inverso con respecto a la operación algebraica con la que estamos jugando. Esto se traduce a nivel de implementación en llevar un variable auxiliar en la que dejamos constancia de ese cambio de papel, o de esa proyección algebraica del elemento, en forma de una acción según la tabla dada originariamente por Booth. Entrando en el caso que nos ocupa, tenemos que trabajar con los inversos aditivos de los elementos en lugar de tener que calcular los congruentes positivos de los mismos; ahorrándonos así ese paso, es decir, coste en cómputo.

Partiendo de esto, se van a utilizar las operaciones primitivas referenciadas: adición, sustracción... que a su vez, como se sabe, explotan la idea de Booth, para construir un método propio para el cálculo del inverso modular. Concretamente, el presente trabajo se basará en la versión binaria del algoritmo de Euclides Extendido. Dicho método está de sobra documentado, y se hace referencia en la bibliografía al trabajo de Euclides donde éste es descrito.

## MÉTODOS

En este apartado, lo primero que se hará será dar la implementación de las operaciones primitivas sobre las que nos vamos a basar. Más concretamente, vamos a dar varias versiones partiendo de las implementaciones que se describen en las referencias bibliográficas tituladas: '*Booth algorithm operations addition and subtraction*' y '*Booth algorithm modular arithmetic operations of addition and subtraction*'.

Para empezar, se verá una primera versión del algoritmo de suma basándonos, como ya se ha dicho, en la bibliografía referenciada. Tendríamos que la suma de dos número,  $a$  y  $b$ , de longitud  $n$ .

```
result = a;
for(int i = 0; i < n; i++) {
    if(b[i] == 1) result = successor(result, i);
}
```

**Figura 1:** Algoritmo de suma 1 (addition1).

Analizando el código, vemos que no existe absolutamente ninguna diferencia con la versión del algoritmo tomada de las referencias bibliográficas, es exactamente la misma. También se aprecia que hemos etiquetado la operación (al pie del código), con el nombre de *addition1*, lo destacamos porque nos referiremos a esa implementación con ese nombre, en lo que resta de documento.

En el caso de la resta de dos números,  $a$  y  $b$ , de longitud  $n$  sería:

```
result = a;
for(int i = 0; i < n; i++) {
    if(b[i] == 1) result = predecessor(result, i);
}
```

**Figura 2:** Algoritmo de resta 2 (subtraction1).

A continuación, se dará otra versión del algoritmo de sustracción. Para este caso, a diferencia de los 2 algoritmos previamente descritos, necesitaremos un comportamiento modular. El motivo de que para las anteriores versiones no fuera necesario tener en cuenta ese detalle, lo entenderemos más adelante al verlos incrustados dentro del algoritmo de Euclides Extendido.

Concebimos la resta de dos números,  $a$  y  $b$ , módulo  $m$ , los 3 de longitud  $n$ , que etiquetaremos como *mSubtraction2*, de la siguiente manera:

```
result = a;
if(b > a) {
    for(int i = 0; i < n; i++) {
```

```

switch(actionBooth(b[i], m[i])) {
    case ( 0 1 ):
        result = successor(result, i);
        break;
    case ( 1 0 ):
        result = predecessor(result, i);
        break;
}
}
} else {
    for(int i = 0; i < n; i++) {
        if(b[i] == 1) result = predecessor(result, i);
    }
}
}

```

**Figura 3:** Algoritmo de resta modular 2 (mSubtraction2).

Se mostrarán ahora otras de las implementaciones descritas en la bibliografía. Pero en esta ocasión sí haremos uso de inversos aditivos de los elementos congruentes. Éstos nos servirán para tener un comportamiento más natural en los cálculos, al trabajar siempre con elementos dentro del conjunto que conforman nuestra estructura algebraica y ahorrándonos la constante reducción para obtener el congruente positivo de un elemento negativo.

Empezaremos con la adición, veremos una primera versión del algoritmo de suma modular basándonos en la bibliografía referenciada. Tendríamos que la suma de dos números,  $a$  y  $b$ , módulo  $m$ , los 3 de longitud  $n$ , sería:

```

result = a;
for(int i = 0; i < n; i++) {
    if(b[i] == 1) result = successor(result, i);
    if(m[i] == 1) result = predecessor(result, i);
}
if(result[n + 1] == 1) {
    for(int i = 0; i < n + 1; i++)
        result[i] = ~result[i];    // OP. DE NEGADO EN ANSI
C

```

```

        result = successor(result, 0);

        return BOOTH(0, 1); // OPERACION INVERSA
    } else
        return BOOTH(1, 0); // OPERACION

```

**Figura 4:** Algoritmo de suma modular 3 (mAddition3).

Como se puede observar, la anterior implementación es exactamente igual que la que se expone en el trabajo '*Booth algorithm modular arithmetic operations of addition and subtraction*' con la salvedad de que devolvemos una acción de Booth, dependiendo de si el cómputo final desborda el módulo sobre el que trabajamos o no. Dependiendo de esto, el resultado será un número positivo, o será el inverso aditivo del entero en cuestión. Cabe subrayar que éste método siempre reduce, ya que es complicado saber a priori si el resultado de la adición desbordará o no el módulo en que estamos trabajando.

Vayamos ahora a la sustracción, al caso de la resta de dos número,  $a$  y  $b$  módulo  $m$ , de longitud  $n$ . Para esta versión, *mSubtraction3*, la modularidad la vamos a gestionar con una primera comprobación de si el sustraendo es mayor que el minuendo:

```

if(b > a) {
    result = b;
    for(int i = 0; i < n; i++) {
        if(a[i] == 1) result = predecessor(result, i);
    }
    return BOOTH(0, 1); // OPERACION INVERSA
} else {
    result = a;
    for(int i = 0; i < n; i++) {
        if(b[i] == 1) result = predecessor(result, i);
    }
    return BOOTH(1, 0); // OPERACION
}

```

**Figura 5:** Algoritmo de resta modular 1 (mSubtraction3).

Si nos fijamos, para esta implementación, el valor del módulo  $m$  no interviene en los cálculos. El motivo es porque nosotros mismos gestionamos que el resultado se encuentre siempre dentro del conjunto de elementos sobre los que trabajamos con la comprobación de que, en caso de que el sustraendo sea mayor que el minuendo, intercambiamos el papel de los valores en la operación (el sustraendo pasa a ser el minuendo y viceversa). De manera que, en tal caso, devolvemos el inverso aditivo del elemento negativo que genera nuestro cómputo. Y por supuesto, devolvemos la acción de Booth acorde con ese detalle; es decir, que ese elemento debe implicar una operación inversa: en el caso que nos ocupa, de sustracción aunque se trate de un valor positivo.

Por un lado, cabe destacar que se da por sentado que, en las todas versiones anteriores se calcula el resultado del cómputo en la variable llamada *result*, retornando el valor de la misma. Salvo en los últimos algoritmos, los cuales hacen uso de elementos inversos, y en los que entendemos que retorna un valor que hace referencia a una acción de Booth y deja el resultado del cómputo en la variable llamada *result*.

Por otro lado, de cara a una buena comprensión del método de cálculo del inverso modular que queremos exponer, vamos a recordar algunas de las propiedades en las que se basa la versión binaria del algoritmo de Euclides Extendido. Resaltando primero ciertas propiedades del máximo común divisor,  $mcd$ , de las que se vale, que son:

1. Si  $a$  y  $b$  son pares,  $mcd(a, b) = 2 * mcd(a/2, b/2)$

2. Si  $a$  es par y  $b$  impar,  $mcd(a, b) = mcd(a/2, b)$

3. Si  $a$  y  $b$  son impares,

si  $a > b$ , entonces  $mcd(a, b) = mcd(b, a - b)$

si  $b \geq a$ , entonces  $mcd(a, b) = mcd(a, b - a)$

Y por otra parte, también haremos uso de una propiedad del inverso modular,  $minv$ , que reza:

4. Si  $-a$  es el inverso aditivo de  $a$  módulo  $b$ ,  $minv(a, b) = -minv(-a, b)$

denotando con  $-minv(a, b)$  el valor  $-d$  siendo  $d = minv(a, b)$

Ahora repasemos la tabla dada por Booth para reducir el número de operaciones necesarias, apoyándonos en la propiedad invertible de la operación con la que se construye nuestro cálculo sobre cierta estructura algebraica:

bit menos significativo	bit extra	Interpretación	Acción
0	0	intermedio cadena de 0s	ninguna
0	1	final cadena de 1s	operación
1	0	comienzo cadena de 1s	operación inversa / inverso misma operación
1	1	intermedio cadena de 1s	ninguna

Tabla 1: Tabla de acciones de Booth.

Partiendo de la tabla anterior, vamos por fin a entrar en la operación que nos ocupa: el inverso modular. Nuestra primera versión del algoritmo de Booth aplicado al cálculo del inverso multiplicativo del entero,  $a$  módulo  $m$ , los 2 de longitud  $n$  quedaría:

```

r0 = m
r1 = a
t0 = 0
t1 = 1
while(r1 != 0) {
    if(r0[0] = 0) {
        r0 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
        if(t0[0] = 1)
            t0 = addition1(t0, m);
        t0 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
    } else if(r1[0] = 0) {
        r1 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
        if(t1[0] = 1)
            t1 = addition1(t1, m);
        t1 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
    } else {
        if(r0 > r1) {
            r0 = subtraction1(r0, r1);
            t0 = mSubtraction2(t0, t1, m);
        } else {
            r1 = subtraction1(r1, r0);
            t1 = mSubtraction2(t1, t0, m);
        }
    }
}
return t0;

```

**Figura 6:** Algoritmo para inverso modular 1.

En primera instancia, hemos de reparar sobre todo en el detalle que habíamos adelantado. Se ve, primeramente, que todas las operaciones son de reducción. Buena parte de ellas, son desplazamientos a nivel de bits a la derecha (desplazamiento de 1 bit), gracias a las propiedades de la operación de máximo común divisor que se utilizan en la versión binaria del algoritmo de Euclides. Y las que no, las sumas y restas, que están etiquetadas con un 1, en nuestras implementaciones, no generan elementos fuera de nuestra aritmética, ya que, justo después de la suma contra el módulo, se divide entre 2 el resultado (se hace una operación de desplazamiento a la derecha); y en el caso de la resta, como vemos, tenemos una comprobación,  $r0 > r1$ , fruto del proceso de convergencia del algoritmo de Euclides. Luego de todo ello, sabemos que la única operación que podría generar elementos fuera del módulo es *mSubtraction2*, pero recordemos que nunca será así, pues ésta reduce el módulo, valiéndose del algoritmo de Booth, para trabajar siempre con los elementos congruentes positivos.

Vayamos ahora al otro algoritmo, tal vez más interesante, que queremos documentar para el cálculo del inverso multiplicativo de un entero,  $a$  módulo  $m$ , los 2 de longitud  $n$ , haríamos:

```
r0 = m
r1 = a
t0 = 0
t1 = 1

opBooth1 = (0, 0);    // NINGUNA ACCION AL INICIO
opBooth2 = (0, 0);    // NINGUNA ACCION AL INICIO

while(r1 != 0) {
    if(r0[0] = 0) {
        r0 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
        if(t0[0] = 1)
            t0 = addition1(t0, m);
        t0 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
    } else if(r1[0] = 0) {
        r1 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
        if(t1[0] = 1)
            t1 = addition1(t1, m);
        t1 >>= 1; // lo desplazamos a la derecha 1 bit
    } else {
        if(r0 > r1) {
```

```
r0 = subtraction1(r0, r1);  
    if(opBooth2 == ( 1 0 )) {  
        if(opBooth1 == ( 1 0 )) {  
            switch(mSubtraction3(t0, t1)) {  
                case ( 1 0 ):  
                    opBooth1 = ( 0 1 );  
                    break;  
                default:  
                    break;  
            }  
        } else  
            opBooth1 = mAddition3(t0, t1, m);  
    } else if(opBooth1 == ( 1 0 )) {  
        switch(mAddition3(t0, t1, m)) {  
            case ( 1 0 ):  
                opBooth1 = ( 0 1 );  
                break;  
            case ( 0 1 ):  
                opBooth1 = ( 1 0 );  
                break;  
            default:  
                break;  
        }  
    } else  
        opBooth1 = mSubtraction3(t0, t1);  
} else {  
    r1 = subtraction1(r1, r0);  
    if(opBooth1 == ( 1 0 )) {  
        if(opBooth2 == ( 1 0 )) {  
            switch(mSubtraction3(t1, t0)) {  
                case ( 1 0 ):
```

```

        opBooth2 = ( 0 1 )
        break;
    default:
        break;
    }
    } else
        opBooth2 = mAddition3(t1, t0, m);
    } else if(opBooth2 == ( 1 0 )) {
        switch(mAddition3(t1, t0, m)) {
            case ( 1 0 ):
                opBooth2 = ( 0 1 );
                break;
            case ( 0 1 ):
                opBooth2 = ( 1 0 );
                break;
            default:
                break;
        }
    } else
        opBooth2 = mSubtraction3(t1, t0)
    }
}
}
if(opBooth1 = ( 1 0 ))
    t0 = subtraction1(m, t0);

return t0;

```

**Figura 7:** Algoritmo para inverso modular 2.

Lo primero que querríamos apostillar, es que para el algoritmo que figura sobre estas líneas, entenderemos que la operación *mAddition3* deja el resultado del cálculo en la primera variable con la que es llamada, es decir, si la llamada es *mAddition3(t1, t0, m)*, el resultado

del cómputo queda en  $t1$ , y si la llamada es  $mAddition3(t0, t1, m)$ , el resultado queda en  $t0$ . Y exactamente igual para la operación  $mSubtraction3$ .

Lo siguiente que salta a la vista, después de analizar el código anterior, es que la lógica de actuación entre las 2 variables que almacenan una acción de Booth, se asemeja algo enrevesada, aunque en realidad no lo es tanto. Lo que ocurre es que, para la operación que nos ocupa, la de inverso modular, al tener 2 variables que pueden guardar un elemento o su inverso, la acción a realizar: la normal o su inversa, es decir: la sustracción o la adición; decíamos, es algo más complicada de saber. Además, de que en el anterior pseudocódigo queda expresada dicha lógica por duplicado. Pero como insistimos, el criterio no es tan complejo. Resumiéndose en:

1. Si la primera variable contiene un elemento inverso y la segunda también, se ha de operar por la operación correcta.
2. Si la primera variable contiene un elemento inverso y la segunda no, se ha de operar por la operación inversa.
3. Si la primera variable contiene el elemento correcto y la segunda un inverso, se ha de operar por la operación inversa.
4. Si las dos variables contienen elementos correctos, se opera por la operación correcta.

Cabe destacar, por otra parte, esa última comprobación al final del código, en caso de que al salir del bucle hayamos terminado obteniendo un elemento congruente, en lugar del elemento resultado: obtenemos su valor real con una simple resta contra el módulo sobre el que estamos trabajando.

## CONCLUSIONES

El aplicar el algoritmo de Booth para trabajar con elementos inversos en lugar de congruentes positivos dentro de un contexto modular, nos ofrece la posibilidad de ahorrar cálculos para la reducción en las operaciones de sustracción de las que se hacen uso para el cómputo del inverso modular. Es cierto que tiene como contrapunto la necesidad de tener que apoyarnos complementariamente en la operación de adición, la cual, además, en nuestra implementación, siempre requerirá reducir el resultado. Pero estadísticamente, haremos uso de esa operación de adición en muchas menos ocasiones que de la operación de sustracción, en lo que al algoritmo de Euclides se refiere. Por ello, es de esperar que ofrezca un rendimiento muy superior a utilizar siempre una operación de sustracción que se verá obligada a reducir cuando exista un desbordamiento de módulo.

En conclusión, la idea propuesta por Booth, se adapta mejor a los cálculos modulares, ofreciendo una solución más elegante al poder trabajar con inversos de las operaciones con las que se construye la estructura algebraica sobre la que estamos trabajando, en lugar de vernos obligados a trabajar, por ejemplo, con congruentes positivos de éstos, enteros negativos... u otras alternativas matemáticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Booth, A. D. (1975). A method of calculating reciprocal spacings for X-ray reflections from a monoclinic crystal. *Journal of Scientific Instruments*, 22, p. 74.

Burks, A., Goldstein, H. y Von Neumann, J. (1946). Logical Design of an Electronic Computing Instrument.

Booth, A. D. y Britten, K. H. V., (1947). General Considerations in the Design of an Electronic Computer.

Booth, A. D. (1951). A signed binary multiplication technique. *Quarterly Journal of. Mechanics. & Applied Mathematics*, 4 (2), pp. 236-240.

Ayuso, J. (2015). Booth algorithm operations addition and subtraction. *3C TIC*, 4 (2), pp. 113-119.

Ayuso, J. (2015). Booth algorithm modular arithmetic operations of addition and subtraction. *3C TIC*, 4 (3), pp. 222-229.

Euclid of Alexandria. (1557), Elements, T.L. Heath's.

**Recepción:** 02 de marzo de 2016

**Aceptación:** 20 de junio de 2016

**Publicación:** 29 de junio de 2016

# **EL USO DE LAS TIC EN LA FORMACIÓN EN SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTE EN LAS INSTALACIONES DE CONSTRUCCIÓN**

---

## **THE USE OF ICT FOR TRAINING IN SMART METERING TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION SITE MANAGERS**

Francisco Javier Cárcel Carrasco <sup>1</sup>

Elisa Peñalvo López <sup>2</sup>

1. Universitat Politècnica de València. Email: [fracarc1@csa.upv.es](mailto:fracarc1@csa.upv.es)

2. Universitat Politècnica de València. Email: [elpealpe@upvnet.upv.es](mailto:elpealpe@upvnet.upv.es)

## RESUMEN

El uso de las TIC para formación y en concreto para su uso en cursos masivos (MOOC), está en constante crecimiento. En este artículo, se presenta las características básicas de un proyecto de formación europeo (COSMET) para la capacitación en tecnologías para la medición inteligente de instalaciones en la edificación, donde una de sus partes fundamentales es la generación de cursos MOOC para jefes de obra y organismos de formación para profesionales, que será utilizado en toda Europa.

## ABSTRACT

The use of ICT for education and specifically for use in mass courses (MOOC), is constantly growing. This article presents the basic characteristics of an European training project (COSMET) for training in smart metering technologies for construction site managers in the building, where one of its key parts is the generation of MOOC courses for site managers and VET, which will be used throughout Europe.

## PALABRAS CLAVE

Medición inteligente; Formación; Jefes de obra; Cursos MOOC

## KEY WORDS

Smart metering technologies; Training; Construction site managers; Courses MOOC

## INTRODUCCIÓN

Una de las tendencias de la actual sociedad de la información es la necesidad de formación permanente en torno a una realidad en constante evolución. Los MOOC suponen un recurso muy interesante para satisfacer esa creciente demanda de formación en todo el mundo de un público cada vez más numeroso y global.

Aprendizaje y formación son piezas claves para actualizar los conocimientos y habilidades a nuevos avances tecnológicos, tales como sistemas inteligentes de medición en los edificios (electricidad, gas, agua, etc.) para jefes de obra y supervisores de construcción y otros profesionales que actúan en la construcción. Este artículo muestra las principales características, etapas y expectativas de un proyecto de formación europea (web 1) comenzada en el año 2015 hasta 2017 (proyecto COSMET dentro de ERASMUS + Programme financiado por la comisión europea), con el fin de estudiar las necesidades de formación de los administradores del edificio en relación con las medidas inteligentes y diseño de cursos para la actualización de conocimientos de estos profesionales.

La prioridad del proyecto es lograr resultados para mejorar la relevancia de las asociaciones para formación de estos profesionales y jefes de obra por la modernización de la supervisión de la construcción y habilidades mediante una formación integral. Para atender esta prioridad, el proyecto forma una alianza estratégica que reúne a centros de formación para profesionales, asociaciones de colectivos y universidades. Después de esta prioridad, el proyecto desarrollará un curso integral de medición inteligente (medición de agua, gas, calor y energía), y capacitar a los administradores de asociaciones profesionales con las habilidades apropiadas para fortalecer su empleabilidad en el mercado de la UE, y abordar sus habilidades digitales y medio-ambientales que en la actualidad.

El proyecto también apoya la prioridad para producir recursos educativos abiertos originales en los idiomas de la Asociación para mejorar la absorción de las TIC en formación, promoviendo el acceso fácil y gratuito a disposición de los centros de formación, permitiendo capacitación y el cumplimiento de los objetivos de la apertura a la iniciativa de educación.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS CURSOS MOOC

Los “MOOC” “Massive Open Online Course” son una modalidad formativa que se oferta desde un espacio en Internet y que contempla una inscripción abierta y, por tanto, un acceso de un elevado número de participantes.

Con el fenómeno de los MOOC, estamos encontrando una doble disyuntiva: los que creen que puede ser una tecnología, o mejor dicho, una aplicación educativa tecnológica, que facilite y garantice que una formación de calidad pueda llegar a todas las personas - independientemente de su lugar y clase social, y los que creen que este nuevo medio no es nada nuevo y simplemente supone un nuevo modelo de negocio para las Universidades y las Instituciones, pero que su calidad deja mucho que desear (Zapata, 2013; Vázquez et al., 2013), y suponen un retroceso en la aplicación educativa de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Cabero et al., 2014).

La idea de que las tecnologías emergentes en educación pasan por ciclos de sobreexpectación y la evidente analogía con la realidad de las pedagogías emergentes, nos remite a la Curva de Gartner (figura 1) (Linden y Fenn, 2003) como modelo explicativo comúnmente aceptado, aunque escasamente contrastado (Steinert y Leifer, 2010). Así, tal y como se plantea en la Curva de Gartner, en las pedagogías emergentes “la primera parte de la curva de sobreexpectación está impulsada por una expectativas infundadas –creadas principalmente por los medios, que especulan sobre las perspectivas de la tecnología. La segunda parte de la curva está impulsada por mejoras en el rendimiento y el crecimiento de la adopción” (Hernández et al., 2014).



**Figura 1.** Ciclo de sobreexpectación de las tecnologías según Gartner (Adaptado por Cabero et al., 2014).

Con el uso de las TICs, los MOOC tienen una característica muy flexible y engloba variantes muy dispares en función de parámetros adicionales: inscripción gratuita o de pago, presencia o ausencia de tutores, rol del profesorado como animador o experto, fechas concretas de realización o flexibilidad en las mismas, contenidos cerrados o abiertos, etc.

De una manera básica, las características mínimas que debe tener un MOOC son (Web 2):

- **Formato de curso.** Representa una unidad completa de formación con un itinerario que contiene elementos informativos multimedia, tareas a realizar y pruebas que acrediten el conocimiento adquirido por el alumnado.
- **Masivo.** Está pensado para cualquier persona del mundo global y el número de matriculados en principio no está limitado siendo muy superior a un curso presencial ordinario.
- **Inscripción abierta.** Cualquier usuario de Internet puede acceder a los contenidos del curso.
- **En línea.** Es un recurso pensado para la formación a distancia donde Internet es el único medio de comunicación.
- **Duración reducida.** Está previsto realizarse en un cierto periodo de tiempo de varias semanas.

Pero también tiene una serie de inconvenientes que es necesario mencionar (Web 2):

- **Abandono.** La mayoría del alumnado que se inscribe en un MOOC no suele terminarlo.
- **Requisitos previos.** La inscripción abierta favorece en ocasiones el acceso de alumnado que no dispone de los conocimientos necesarios para superar el curso con éxito.
- **Tiempo de duración.** Se debe tender a cursos de tiempo reducido. Si el tiempo es muy elevado, la tasa de abandono aumenta.
- **Diversidad.** Hay que tener en cuenta la situación inicial del alumno: conocimientos previos, necesidades formativas, etc.
- **Calidad.** Existen algunos cursos abiertos que no gozan de la calidad de diseño necesaria para que el alumnado invierta su tiempo en realizarlos.
- **Gratuidad.** Los MOOC surgieron en un principio como iniciativas gratuitas, aunque han surgido diferentes iniciativas de pago para su financiación.
- **Tutoría.** En ocasiones, la gratuidad o el carácter masivo de una iniciativa MOOC no permite garantizar la presencia de expertos que puedan animar el curso, moderar los foros, resolver las dudas y evaluar las tareas enviadas por los participantes.

- **Accesibilidad.** Los MOOC suelen estar repletos de vídeos por lo que demandan una conexión a Internet de última generación y, por otro lado, suelen estar en inglés lo cual deja fuera a aquellas personas que no dominan este idioma.
- **Acreditación.** También suelen existir problemas para que una institución de reconocido prestigio certifique la superación del curso. No solo porque entra en competencia con la propia enseñanza reglada y/o presencial que puede impartir esa misma entidad, sino también porque puede no resultar muy riguroso a falta de una prueba presencial que certifique la identidad real del participante.

Estos inconvenientes en su mayor parte pueden resolverse en un corto o medio plazo. En el futuro, el auge de los MOOC dependerá de cómo se solucionen estas deficiencias. Así, por ejemplo, para evaluar y corregir las tareas a un elevado número de alumnos. Como variante organizativa se puede plantear que una actividad del alumno/a sea evaluada por dos o más alumnos/as elegidos al azar situados más adelante en el curso utilizando una rúbrica como una tarea propia del mismo.

## TIPOS DE MOOC

Los tipos generales de MOOC, pueden tener diferentes conceptos. En múltiples referencias se maneja el concepto C-MOOC para referirse a los cursos orientados al aprendizaje conectivo. Este término surge en oposición al concepto X-MOOC referido a los cursos alojados en plataformas más rígidas como pueden edX y otras de índole similar.

A continuación, en la tabla, 1 se exponen algunas ideas sobre el uso educativo de los MOOC en el contexto de un aula.

<b>Contenidos abiertos</b>	<b>El uso de software libre y contenidos abiertos predispone también hacia el aprovechamiento de los MOOC disponibles.</b>
<b>Unidades de aprendizaje</b>	Un MOOC pone de manifiesto la importancia del curso como unidad básica de formación. La tendencia poner en valor propuestas de aprendizaje más complejas que faciliten al profesorado las tareas de preparación y reutilización.
<b>Variedad</b>	Disponen de páginas de información, vídeos, cuestionarios y foros. Convendría dotar de variedad a los cursos que se ofrecen.
<b>Vídeos y ancho de banda</b>	Los MOOC pueden estar repletos de vídeos. Conviene moderar el uso de este recurso en el diseño de un curso porque la conexión a Internet resulta deficitaria todavía en muchos centros y hogares.
<b>Autoformación</b>	Al orientar al alumnado hacia la realización de cursos abiertos en línea con cierto apoyo tutorial desde el aula, resulta evidente que se le está familiarizando con su futuro formativo en la red.
<b>La barrera idiomática</b>	La mayoría de MOOC están en inglés. De hecho se suele recomendar la creación del curso en este idioma para asegurar su carácter masivo.
<b>Plataformas</b>	Existen multitud de plataformas para la creación de MOOC. Pero un MOOC no es una estructura de curso sino una filosofía de

	diseño.
<b>Sostenibilidad</b>	El diseño de MOOC con cierto grado de calidad no resulta gratuito.
<b>Colaboración institucional</b>	La colaboración entre instituciones (no solo estrictamente educativas) pueden encontrar puntos comunes en el diseño de MOOC de calidad en torno a temáticas transversales.
<b>Evaluación seria</b>	. El uso educativo de MOOC en el ámbito educativo reglado se puede complementar con una evaluación presencial como factor de corrección y ajuste al seguimiento y superación de sus contenidos

**Tabla 1.** Uso educativo de los MOOC. **Fuente:** Adaptado a partir de Web 2.

Uno de los problemas asociados a la utilización de los MOOC es el de la identificación de los estudiantes, aunque es una preocupación que es menor que en otro tipos de acciones de formación virtual, ya que una de sus características es que las personas suelen inscribirse de forma voluntaria (Becerra, 2013).

## EL OBJETIVO DEL PROYECTO COSMET

Según Eurostat, existen en la UE\_27, aproximadamente 882.000 empresas que operan en la construcción del sector edificios, empleando a 3,9 millones personas, de donde existen aproximadamente 260.000 jefes y gestores de obra en la construcción. Estos técnicos son responsables de la construcción de un edificio, supervisar las operaciones en el día a día y asegurando que se trabaja de forma segura y con los estándares de la calidad adecuada.

Más allá de la instalación de contadores inteligentes que se llevan a cabo en la mayoría de la UE por instaladores cualificados, las infraestructuras de medición inteligentes están interconectadas a otras características del edificio. Los jefes de obra necesitan actualizar su formación para adquirir conocimientos adicionales para responder a necesidades de la construcción moderna que involucran soluciones integrales para el control de energía, gas, calor, etc.

Hay una necesidad de formación de estos técnicos y jefes de obra, viendo la necesidad de generar cursos sobre medición inteligente en las instalaciones de los edificios con respecto: a) principios generales de medición inteligentes y desafíos, b) técnicas y sistemas de organización para optimizar la interconexión de las infraestructuras. Para abordar esta necesidad, es necesario desarrollar recursos educativos abiertos que aseguren el fácil y libre acceso a material educativo en línea, promoción de la autoformación y autoevaluación en el propio tiempo, lugar y ritmo.

El proyecto forma una alianza estratégica para modernizar los centros de formación para estos profesionales con el objetivo de:

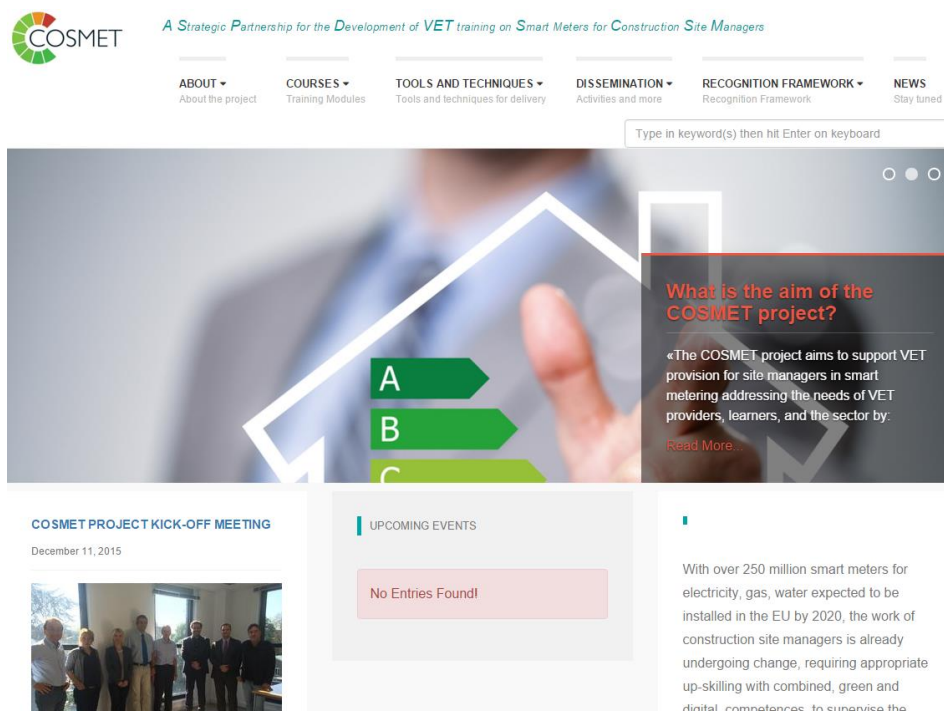
**Objetivo 1:** Desarrollar resultados de aprendizaje y cursos sobre medición inteligente de electricidad, gas, calor y agua, para mejorar la disposición pertinente de los jefes de obra.

**Objetivo 2:** Introducir métodos de entrenamiento modernos en forma de enseñanza y evaluación de materiales, y curso en línea abierto masivo (MOOC).

**Objetivo 3:** Facilitar el reconocimiento mutuo de los resultados de aprendizaje desarrollados en toda UE.

Los grupos objetivo del proyecto incluyen:

- Estudiantes con la intención de trabajar como jefes o directores de obra.
- Gestores técnicos que trabajan en el sector de la construcción en Europa.
- Los proveedores de formación para los administradores de sitios de construcción.
- Las partes interesadas y asociaciones en el sector de la construcción.



**Figura 2.** Web realizada para el proyecto Cosmet. **Fuente:** Web 3.

Hay seis socios que forman parte de este proyecto de formación usando las TIC. Cinco centros formados por asociaciones de profesionales o de formación y una Universidad Europea. Los socios que integran esta asociación son:

**Summit Skills** (<http://www.summitskills.org.uk/>) es la organización de estandarización para el sector de la construcción y servicios de Ingeniería en el Reino Unido.

**PROMEA.** ([www.promea.gr](http://www.promea.gr)) La Sociedad Helénica para la promoción de la investigación y las metodologías de desarrollo, tiene como objetivo la promoción y mejora de la sociedad del conocimiento en Grecia y Europa.

**PSMB.** La Asociación polaca de gerentes del edificio (<http://www.psmb.pl/mbaic-2/>) se formó en colaboración con la Asociaciones de construcción europeas y expertos de la construcción con el fin de educar y certificar a personal de la industria de la construcción polaca.

**La Universitat Politècnica de Valencia** (<http://www.upv.es/>) es una institución académica pública que se dedica a la investigación y enseñanza en el campo de las tecnologías de construcción. Mantiene fuertes lazos con su entorno social y una fuerte presencia en el exterior, proporciona a los estudiantes educación integral con conocimientos técnicos.

**BFW NRW,** el Instituto de formación profesional de la industria de la construcción en Norte-Westfalia (<http://www.berufsbildung-bau.de/englishinformation/>) es un centro de formación especializado en formación profesional y educación continua como una institución sin fines de lucro para la formación inicial y continua de los trabajadores de la industria de la construcción.

**VSRC Centro de formación de constructores Vilna** (<http://www.vsrc.lt/joomla/english/about-us.html>) es una institución profesional de formación profesional y capacitación. El centro ofrece una amplia gama de cursos y excelentes instalaciones en área de la construcción.

Innovación del proyecto:

El consorcio del proyecto producirá el plan de estudios disponible en el formato de un MOOC para apoyar el aprendizaje informal y personal, como un medio para llegar mediante las nuevas tecnologías de las comunicaciones, a sistemas de capacitación y formación continua.

El proyecto adoptará un aprendizaje con un enfoque en el diseño del currículo para conectar el programa de formación desarrollado con las herramientas de referencia Europeas. Este enfoque contribuirá a la promoción de un lenguaje común en las habilidades desarrolladas.

## RESULTADOS E IMPACTO DEL PROYECTO COSMET

La lista siguiente proporciona un resumen de los resultados intelectuales y eventos del proyecto COSMET, basado en el aprendizaje con el uso de las TIC:

1. Evidencias en los resultados del aprendizaje para el suministro de formación en habilidades de medición inteligentes integrales para jefes y directores de obra (O1).
2. Unidades de aprendizaje formales para el curso COSMET y directrices de integración de entidades de formación continua de profesionales (O2).
3. Recursos pedagógicos y herramientas de evaluación para habilidades de medición inteligentes para directores de obra, así como recursos de enseñanza abiertos (O3).
4. COSMET MOOC en habilidades de medición inteligentes integrales para administradores del sitio (O4).
5. Marco para el reconocimiento de los resultados hacia una medición inteligente para la calificación de jefes de obra (O5).
6. Dos talleres de demostración en Lituania y Alemania para promover resultados COSMET y validar materiales de aprendizaje COSMET (E1-E2).
7. Cuatro días de información nacional en el Reino Unido, España, Grecia y Polonia para compartir y difundir los resultados de COSMET (E3-E6).

El proyecto pretende un impacto significativo en los alumnos, y potenciar habilidades y competencias clave necesarias en el sector:

-Asociaciones de profesionales en el sector de la construcción: Mejorará su eficacia y su productividad, satisfaciendo las demandas de trabajos actuales y emergentes en cuanto a servicios y tecnologías de medición inteligentes.

-Jefes de obra sénior: Mejorará su sostenibilidad de empleo reduciendo sus carencias de habilidades resultantes de la penetración con los avances digitales y tecnológicos en el sector de la construcción.

-Formación continua para estudiantes y solicitantes de empleo que deseen trabajar como gestores de obra de la construcción: se posicionan mejor en el mercado de trabajo y aumentar su empleabilidad.

El consorcio COSMET espera que el proyecto también tendrá impacto en los interesados en el sector más allá del alcance directo del proyecto:

-Interlocutores, representantes del sector, entidades de formación nacionales y las autoridades europeas podrán aprovechar el desarrollo de un marco común para la certificación y acreditación de las habilidades en medición inteligente de los recursos de los edificios con el fin de aumentar su eficiencia y ahorro energético.

-Constructoras y grupos de interés sectoriales podrán aprovechar la coincidencia esperada de habilidad oferta y demanda en el largo plazo (después del proyecto), que dará como resultado mayor productividad y competitividad, con beneficios económicos.

-Materiales de aprendizaje se desarrollará en forma modular (resultados de aprendizaje y unidades de aprendizaje).

El impacto esperado del proyecto a nivel local, los niveles regionales, nacionales, europeos o internacionales contribuirá a la consecución del objetivo 2020 en educación y empleo en la Comisión Europea, buscando aumentar el número de ciudadanos de la UE que participan en la educación post-secundaria.

## MEDIDA DEL IMPACTO DEL PROYECTO COSMET

El impacto se medirá tanto cuantitativa como cualitativamente y se monitorearán durante todo el proyecto, lo que permite acciones correctivas si son necesarias. Esta evaluación continua se expresará en informes de análisis de impacto anuales.

La evaluación cualitativa se centrará sobre todo en los posibles beneficios a largo plazo para estudiantes y el sector de formación continua en las actividades de construcción. Con la oportunidad de diversos eventos, se observarán las tendencias en los participantes empleando cuestionarios y entrevistas para recopilar evaluaciones de resultados y para identificar factores externos que influyen en la absorción de los resultados del aprendizaje del proyecto COSMET. Además, se tiene como objetivo evaluar el impacto del proyecto a través de la campaña de correo electrónico para agencias de cualificaciones nacionales y las autoridades para reunir información sobre el plan de acción y colaboración de COSMET, durante los últimos meses y después del proyecto.

Para evaluar el impacto, los socios integrantes solicitarán continuamente aportar pruebas antes, durante y después de la implementación de cada actividad, tales como: a) las listas de participantes a eventos, b) los registros de acceso y uso de herramientas de aprendizaje en línea y canales de difusión (por ejemplo, actividad de los medios de comunicación social), c) registros de impacto de herramientas de evaluación, d) comunicación (es decir, cartas a los proveedores de formación de asociaciones y estudiantes), las partes interesadas y los responsables políticos, etc.

Sobre la base de esta evidencia y en yuxtaposición con los indicadores de rendimiento clave antes mencionadas, el análisis evaluará cómo de influyente es el impacto del proyecto.

## CONCLUSIONES

El proyecto COSMET está diseñado para ser sostenible y útil a las asociaciones que imparten formación continua a profesionales de la construcción en la EU-28, actores sectoriales y autoridades públicas involucrados en la formulación de políticas para: a) formación y b) la promoción de la movilidad y la transparencia de cualificaciones.

Con este fin, los resultados del proyecto serán libremente accesibles por el público, bajo la licencia Creative Commons 4.0 para permitir su libre uso, distribución y modificación de materiales. Esta licencia sólo requiere referencia al creador, que se define como la asociación estratégica de COSMET bajo el programa Erasmus +. Específicamente:

- a) Los recursos de aprendizaje serán desarrollados y empaquetados como recursos educativos abiertos sin restricciones al uso, algo conveniente para la integración o intercambio en plataformas como la plataforma electrónica para el aprendizaje de adultos en Europa (EPALE), patrocinado por el programa Erasmus + y sistemas de gestión de aprendizaje de los proveedores de formación.
- b) Los resultados de aprendizaje y unidades de aprendizaje por módulos que se desarrollarán seguirán la estructura semántica subyacente para garantizar la interoperabilidad. Será descargable desde la página web del proyecto en formato digital y los grupos pueden mejorar con datos actualizados de la industria.
- c) Todos los informes del proyecto y los medios de difusión será descargables a través de la página web del proyecto y los medios de comunicación social.
- d) La Asociación aplicará para alojar el MOOC en la plataforma patrocinada por la Comisión Europea "iversity" (DE), que utiliza la infraestructura de código, o en otras plataformas europeas en abierto.

Los MOOC pueden revolucionar la forma de aprender en red, ya que representan un formato libre, abierto, masivo y gratuito de conseguir formación sobre temas de interés. La experiencia acumulada por el alumnado participante contribuye a prepararles o mejorar profesionalmente, teniendo en cuenta que la formación permanente y en línea utilizando las TIC resultará imprescindible para mejorar la competitividad y productividad en un futuro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido realizado dentro del marco del proyecto COSMET "Training in Smart Meters for Construction Site Managers" financiado por la Comisión Europea dentro de la Key Action 2: Strategic Partnerships in VET, Numero de Referencia 2015-1-UK01-KA202-013406.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra, O. (2013). The One Laptop Per Child Correlation With Massive Open Online Courses. Recuperado de: <<http://edutechdebate.org/massive-open-online-courses/the-one-laptop-per-child-corollation-with-massive-open-online-courses/>>
- Cabero Almenara, J., Llorente Cejudo, M. D. C., y Vázquez Martínez, A. I. (2014). Las tipologías de MOOC: Su diseño e implicaciones educativas. *Revista profesorado*, 18 (1).
- CanalTic. (2016). <<http://canaltic.com/blog/?p=1772/>>
- Hernández Ortega, J., Prennesi Fruscio, M., Sobrino López, D., y Vázques Gutiérrez, A. (2014). Tendencias emergentes en Educación con TIC.
- Linden, A. y Fenn, J. (2003). Understanding Gartner's Hype Cycles. Strategic Analysis Report R-20-1971. Gartner Research.
- Steinert, M. y Leifer, L. (2010). Scrutinizing Gartner's hype cycle approach. Technology management for global economic growth (PICMET), *Proceedings of PICMET'10*, pp. 1-13. Recuperado de: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=560344/](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=560344/)>
- The EU programme for education, training, youth and sport. (2016) <[http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/index\\_es.htm/](http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/index_es.htm/)>
- The web of Cosmet project. (2016). <<http://www.etaew.net/cosmet/>>
- Vázquez, E., López, E. y Sarasola, J.L. (2013). *La expansión del conocimiento abierto: los MOOC*. Barcelona: Octaedro.
- Zapata, M. (2013). MOOCs, una visión crítica y una alternativa complementaria: La individualización del aprendizaje y de la ayuda pedagógica. *Campus Virtuales*, II (1), pp 20-38.

## DECLARACIÓN ÉTICA SOBRE PUBLICACIÓN Y MALAS PRÁCTICAS

La revista **3C TIC** está comprometida con la comunidad académica y científica en garantizar la ética y calidad de los artículos publicados. Nuestra revista tiene como referencia el Código de Conducta y Buenas Prácticas que; para editores de revistas científicas define el COMITÉ DE ÉTICA DE PUBLICACIONES (COPE).

Así nuestra revista garantiza la adecuada respuesta a las necesidades de los lectores y autores; asegurando la calidad de lo publicado; protegiendo y respetando el contenido de los artículos y la integridad de los mismos. El Consejo Editorial se compromete a publicar las correcciones; aclaraciones; retracciones y disculpas cuando sea preciso.

En cumplimiento de estas buenas prácticas; la revista **3C TIC** tiene publicado el sistema de arbitraje que sigue para la selección de artículos así como los criterios de evaluación que deben aplicar los **evaluadores externos** -anónimos y por pares; ajenos al Consejo Editorial-. La revista 3C TIC mantiene actualizado estos criterios; basados exclusivamente en la relevancia científica del artículo; originalidad; claridad y pertinencia del trabajo presentado.

Nuestra revista garantiza en todo momento la confidencialidad del proceso de evaluación: el anonimato de los evaluadores y de los autores; el contenido evaluado; el informe razonado emitidos por los evaluadores y cualquier otra comunicación emitida por los consejos editorial; asesor y científico si así procediese.

Igualmente queda afectado de la máxima confidencialidad las posibles aclaraciones; reclamaciones o quejas que un autor desee remitir a los comités de la revista o a los evaluadores del artículo.

La revista **3C TIC** declara su compromiso por el respecto e integridad de los trabajos ya publicados. Por esta razón; el plagio está estrictamente prohibido y los textos que se identifiquen como plagio o su contenido sea fraudulento; serán eliminados o no publicados de la revista **3C TIC**. La revista actuará en estos casos con la mayor celeridad posible. Al aceptar los términos y acuerdos expresados por nuestra revista; los autores han de garantizar que el artículo y los materiales asociados a él son originales o no infringen derechos de autor. También los autores tienen que justificar que; en caso de una autoría compartida; hubo un consenso pleno de todos los autores afectados y que no ha sido presentado ni publicado con anterioridad en otro medio de difusión.

## **DECLARACIÓN SOBRE LA PROPIEDAD INTELECTUAL**

Los autores/as que publiquen en esta revista aceptan las siguientes condiciones:

1. Los autores/as conservan los derechos de autor y ceden a la revista el derecho de la primera publicación; que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.
2. Los autores/as pueden realizar otros acuerdos contractuales independientes y adicionales para la distribución no exclusiva de la versión del artículo publicado en esta revista (p. ej.; incluirlo en un repositorio institucional o publicarlo en un libro) siempre que indiquen claramente que el trabajo se publicó por primera vez en esta revista.

## **POLÍTICA DE ACCESO LIBRE**

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de que hacer disponible gratuitamente investigación al público apoya a un mayor intercambio de conocimiento global.

**CONSEJO EDITORIAL**

COMPONENTES	
<b>Director</b>	Víctor Gisbert Soler
<b>Editores adjuntos</b>	María J. Vilaplana Aparicio
	Isabel Castillo Olmedo
	Vicente Sanchís Rico
<b>Editor asociado</b>	David Juárez Varón

**COMITÉ CIENTÍFICO TÉCNICO**

ÁREA TEXTIL	Prof. Dr. Josep Valldeperas Morell Universidad Politécnica de Cataluña España
ÁREA FINANCIERA	Prof. Dr. Juan Ángel Lafuente Luengo Universidad Jaume I; Castellón de la Plana España
ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS Y RRHH	Prof. Dr. Francisco Llopis Vañó Universidad de Alicante España
ESTADÍSTICA; INVESTIGACIÓN OPERATIVA	Prof. Dra. Elena Pérez Bernabéu Universidad Politécnica de Valencia España
DERECHO	Prof. Dra. María del Carmen Pastor Sempere Universidad de Alicante España
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	Prof. Dr. David Juárez Varón Universidad Politécnica de Valencia España
TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN	Prof. Dr. Manuel Llorca Alcón Universidad Politécnica de Valencia España

