

# *Proyecciones*

Volumen 8  
Número 1  
Abril, 2010

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

## Comité Editorial

Lic. Gladys Esperanza, Facultad Regional Buenos Aires

Lic. Juan Miguel Languasco, Facultad Regional Buenos Aires

Mg. Fernando Gache, Facultad Regional Buenos Aires

## Diseño y Diagramación

Marcela Laura Ferritto, Facultad Regional Buenos Aires

## Propietario

Facultad Regional Buenos Aires

Medrano 951 (C1179AAQ)

Buenos Aires, República Argentina

ISSN 1667-8400  
Registro de la  
Propiedad  
Intelectual  
No. 795274

 **Universidad Tecnológica Nacional**



# *Proyecciones*

Volumen 8

Número 1

Abril, 2010

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Proyecciones es una publicación semestral, destinada a la difusión de trabajos originales de investigación en el campo de la ingeniería, en todas sus ramas, de su enseñanza y de las ciencias conexas. Asimismo se publican trabajos originados en las tesis desarrolladas en el ámbito de las carreras de posgrado que se dictan en la Facultad Regional Buenos Aires. Eventualmente son aceptadas también obras de revisión en temas específicos.

La información contenida en los artículos, así como las opiniones y los juicios vertidos, reflejan la creación y el pensamiento de los autores y no constituyen toma de posición o expresión por parte del Comité Editorial o de la Facultad Regional Buenos Aires.

Se permite la reproducción total o parcial de los artículos publicados en Proyecciones, con expresa mención de la fuente y autorización de la Dirección.



## **INDICE**

- 5 **Editorial**
- 7 **Presentación**
- 11 **Selección inteligente de un sistema de gestión de contenidos**  
Diego Corsi
- 29 **Estudio de materiales usando mecánica cuántica**  
María Rosario Soriano
- 43 **El enfoque curricular basado en competencias: un aporte a la precisión terminológica**  
Milena Ramallo, Alicia C. Di Paola
- 55 **Secado combinado de papas**  
Patricia Della Rocca, María del Carmen Gutiérrez, Juan Miguel Languasco,  
Rodolfo H. Mascheroni
- 61 **Referentes de calidad para la implementación de aplicaciones de la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) según IBM**  
Fernanda Scalone



# Editorial



En diciembre pasado nuestra Facultad Regional Buenos Aires ha cambiado sus autoridades, y desde entonces, después de veinte años, un nuevo decano se ha hecho cargo de conducirla. Ese honor, que me ha correspondido y que me enorgullece, es una muestra más de la saludable vocación democrática de nuestra querida casa de estudios.

Como hemos manifestado desde que comenzamos con este desafío, uno de los pilares de la gestión que proponemos para los próximos años es el apoyo institucional, político, académico y económico a la actividad de investigación en nuestra facultad. Creemos firmemente en el rol preponderante de la universidad en la generación de nuevos conocimientos y su aporte a la competitividad del país y el desarrollo de la sociedad que lo conforma.

Una de las primeras medidas que hemos tomado es la de trasladar la responsabilidad de editar nuestra querida revista Proyecciones a la flamante Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Creemos que dicha Secretaría, como la responsable de llevar adelante y engrandecer la actividad de investigación en nuestra facultad, es el sitio en el que la publicación mencionada podrá evolucionar y alcanzar todo su potencial.

Vaya entonces, estimados lectores, mi caluroso saludo a esta nueva edición de Proyecciones, cuya presentación me llena de alegría y entusiasmo, y por cuya continuidad y mejoras he de velar durante esta gestión que he comenzado.

---

---

**ING. GUILLERMO OLIVETO**  
Decano



# Presentación



El presente número comienza planteando una solución para los responsables de la adopción de un Sistema de Gestión de Contenidos (CMS en sus siglas en inglés), particularmente necesaria cuando se encara el problema de identificar y seleccionar a posibles proveedores. La importancia del trabajo radica en que actualmente es muy difícil operar en el mercado de los CMS, debido a los cambios producidos por las permanentes “sacudidas y fusiones”. Este artículo, titulado “Selección inteligente de un sistema de gestión de contenidos”, cuyo autor es D. Corsi, se trata de un trabajo basado en una tesis presentada en el nivel cuaternario de esta Facultad.

A continuación se incluye “Estudio de materiales usando mecánica cuántica”, en el que su autora, M.R. Soriano, describe con sencillez y rigor algunas técnicas computacionales aplicadas a la predicción de propiedades de materiales. Se propone mostrar a un nivel accesible el fundamento teórico de dichos métodos, el planteo de las ecuaciones requeridas y su metodología de resolución. Todo ello, apuntando a que se trata de avances científicos en acelerado desarrollo, soportados por las crecientes posibilidades dadas por el vertiginoso aumento en capacidad y velocidad de los recursos de hardware y software.

Le sigue el trabajo realizado por M. Ramallo y A.C. Di Paola, que recoge en parte las conclusiones obtenidas en un proyecto de investigación realizado en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la FRBA y cuyo fin fue determinar cuáles son las competencias requeridas en el área de tecnologías básicas para la formación del ingeniero mecánico. El análisis bibliográfico sobre el currículo por competencias permitió advertir que el uso de ese término tiene un significado ambiguo en la comunidad educativa. De allí que las autoras se hayan propuesto contribuir a la precisión terminológica y asumir críticamente las definiciones y sus marcos teóricos. El nombre del artículo es “El enfoque curricular basado en competencias: un aporte a la precisión terminológica”.

A continuación se ha incorporado un estudio relacionado con las modernas tecnologías de secado de alimentos: la combinación de métodos usando microondas y convección de aire caliente, precedidos por una etapa de deshidratación osmótica. Los resultados muestran las ventajas, atentas a la calidad organoléptica del producto según color, flavour y textura. El aporte se denomina “Secado combinado de papas”, siendo sus autores P. Della Rocca, M.C. Gutiérrez, J.M. Languasco y R.H. Mascheroni. El artículo está basado en un trabajo experimental de investigación realizado en los laboratorios de Ingeniería Química de la FRBA.

Finalmente se presenta el artículo “Referentes de calidad para la implementación de aplicaciones SOA según IBM” preparado por F. Scalone. En él se describe a la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA en sus siglas en inglés) como un medio óptimo para la estrategia, planificación e implementación de aplicaciones. Muestra alguna de las numerosas vinculaciones que esta aproximación sistemática permite, al integrar aplicaciones existentes e implementar en forma adecuada las futuras.

Reciban los autores de este primer número de Proyecciones editado desde la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, nuestro agradecimiento por el esfuerzo de síntesis de sus estudios e investigaciones.

---

**ING. SEBASTIÁN BRIE**  
Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva



# Selección inteligente de un sistema de gestión de contenidos

**Diego Corsi**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires  
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
*diegocorsi@gmail.com*

*Recibido el 12 de Abril del 2010, aprobado el 23 de Abril de 2010*

---

## Resumen

En este trabajo se presenta un sistema inteligente basado en mapas de Kohonen (SOM) que puede ayudar a seleccionar - de entre un grupo predeterminado de sistemas de gestión de contenidos o CMS (Content Management Systems) - aquel que mejor cumpla con una serie de requerimientos.

Su desarrollo fue motivado por la dificultad de aplicar metodologías de selección convencionales, pues los CMS disponibles en el mercado son demasiado numerosos y diversos.

En los mapas generados se identifican con facilidad los CMS que más se aproximan a las características requeridas y, a partir de allí, pueden usarse métodos convencionales de evaluación.

**PALABRAS CLAVES:** SISTEMAS INTELIGENTES - MAPAS DE KOHONEN - SOM - SISTEMAS DE GESTIÓN DE CONTENIDOS - CMS

## Abstract

This work introduces an intelligent system based on Kohonen's Maps (SOM), which can help to select - from among a predetermined group of CMSes (Content Management Systems) - the one that best fulfills a series of given requirements.

Its development was motivated by the difficulty of applying conventional selection methods, since the CMSes available on the market are too numerous and diverse.

On the generated maps, the CMSes that closest match the required features are easily identified and, from there on, conventional evaluation methods can be used.

**KEYWORDS:** INTELLIGENT SYSTEMS - KOHONEN'S MAPS - SOM - CONTENT MANAGEMENT SYSTEMS - CMS

## Introducción

Antes de la invención de la World Wide Web, el término información solía utilizarse para incluir tanto los datos estructurados procesados mediante las aplicaciones de gestión de datos (*data management applications*), como los textos no estructurados de las aplicaciones de gestión de documentos (*document management applications*). Sin embargo, debido a la naturaleza multimedial de la Web "se hizo necesario reemplazar el término *información* por otro que abarcara, además, lo que tienen en común el audio, el video en tiempo real, el código ejecutable, la información transaccional, etc. y el término *contenido* parece servir razonablemente bien para ello" (Gilbane, 2000).

Ejemplos de *contenido* son las informaciones de la empresa, las descripciones de los productos, los catálogos, los manuales de operación, etc. que constituyen un componente fijo del lanzamiento y la ejecución de los negocios (Bechtolsheim y Oberbauer, 2001).

En cuanto a la *gestión* de los contenidos, la mayoría de las definiciones simplemente enumeran los pasos recorridos durante su procesamiento:

*Existen muchas cosas que se pueden hacer con el contenido y que podrían ser, y de hecho lo son, consideradas "gestión": creación (authoring), adquisición, publicación, integración, generación dinámica de páginas, ensamblado (assembling), control de versiones (versioning), transformación, distribución, enlazado (linking), categorización, compartimiento (sharing), búsqueda (searching), sindicación (syndicating), almacenamiento temporal (caching), archivamiento, etc.* (Gilbane, 2000)

Los sistemas específicos utilizados para llevar a cabo la gestión de contenidos se denominan sistemas de gestión de contenidos o CMS (*Content Management Systems*).

### Tipos de sistemas de gestión de contenidos

En general, los diferentes tipos de contenido pueden ser administrados siguiendo dos enfoques opuestos: mediante sistemas que son vendidos por separado, y cuya interoperabilidad no es fácil de lograr, o mediante los llamados

*enterprise content management systems* (ECMS), que combinan un CMS central con otras herramientas administrativas dirigidas a todo el espectro de contenidos que existen en la organización (Robertson, 2003b).

Es oportuno destacar aquí que "existe una gran confusión en el uso del término *sistemas de gestión de contenidos empresariales* o ECMS, debido a que los proveedores de sistemas de gestión de imágenes (*imaging*), flujo de trabajo (*workflow*) o documentos, sistemas de gestión de cambios, sistemas de gestión del conocimiento (*knowledge management*), registros o portales, y sistemas para publicación en la Web, todos ellos utilizan la etiqueta ECMS, y lo hacen porque la ECM (gestión de contenidos empresariales) está de moda" (Howard, 2003).

Generalmente, la denominación *sistema de gestión de contenidos* o CMS se aplica a los sistemas cuyo fin principal es la publicación de contenidos en la Web, ya que "gestionar contenidos para la Web es el uso más común de los CMS. Sin embargo, en ciertos ámbitos, a estos sistemas se los llama *sistemas de gestión web* (web management systems o WMS)" (Robertson, 2003b).

### Beneficios que ofrecen los sistemas de gestión de contenidos

Adoptar un CMS para gestionar los contenidos del sitio web de una organización trae muchos beneficios, entre los cuales pueden mencionarse:

- Reducción de costos: Las empresas han notado que implementando un sistema de gestión de contenidos, pueden asignar las tareas de publicación a los expertos en contenido (usuarios de negocio no técnicos), liberando al personal técnico para construir nuevas aplicaciones (Microsoft Corporation, 2004).
- Mejora cualitativa del sitio web: La responsabilidad del contenido en manos del usuario de negocio asegura que el contenido esté actualizado, mientras que el control centralizado del diseño asegura que el mensaje sea consistente con los valores y el *branding* de la compañía, y hace que se transmita una imagen profesional (*idem*).
- Automatización del flujo de trabajo: Dado

que se puede definir por anticipado el momento en que se actualizará automáticamente el sitio web, los cambios se pueden realizar tan pronto como se los necesite, de día o de noche (Robertson, 2003a)

- Trabajo colaborativo: Varias personas pueden actualizar el sitio web, en vez de limitar esta tarea a una sola persona (*el webmaster*). El CMS controla quién hace qué, y evita potenciales confusiones (idem).
- Reutilización del contenido: Una página web (o incluso un único párrafo) puede aparecer en diferentes contextos, y el CMS gestiona automáticamente su publicación en las diferentes plataformas (por ejemplo: intranet e Internet) a partir de una única fuente de contenido (lo que se conoce como *single-sourcing*) (Robertson, 2002)
- Interoperabilidad: Al estar basados en estándares de la industria, los CMS se integran fácilmente a los sistemas de negocio existentes (idem).
- Escalabilidad: Es cada vez más difícil encontrar personal que comprenda la tecnología y las particularidades de determinado sitio web. Mediante la separación de contenido, estructura y diseño, los CMS permiten gestionar eficientemente sitios de gran tamaño (Suh, 2002).
- Control de versiones: Un CMS permite controlar quién cambió qué y cuándo lo hizo (Robertson, 2003b)

Además de los beneficios mencionados, “el mayor beneficio que un CMS puede proporcionar es soportar las metas y estrategias del negocio. Por ejemplo, el CMS puede ayudar a mejorar las ventas, incrementar la satisfacción de los usuarios, o asistir en la comunicación con el público” (idem).

### **Proyecto para la adopción de un sistema de gestión de contenidos**

La adopción de un CMS requiere de un *proyecto* que tenga como uno de sus objetivos principales la adquisición del sistema.

Un *proyecto* se puede definir como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Los pro-

yectos son realizados por personas, están restringidos por la limitación de los recursos, y son planificados, ejecutados y controlados” (PMI, 2004).

El Project Management Institute define la dirección de proyectos como: *la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. La dirección de proyectos se logra mediante la aplicación e integración de los procesos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre* (idem).

Los siguientes **procesos de dirección** constituyen un área de conocimiento llamada gestión de las adquisiciones del proyecto, y se requieren para comprar o adquirir productos, servicios o resultados, así como para contratar procesos de dirección (idem):

- **Planificar las Compras y Adquisiciones:** determinar qué comprar o adquirir, y cuándo y cómo hacerlo.
- **Planificar la Contratación:** documentar los requisitos de los productos, servicios y resultados, e identificar a los posibles proveedores.
- **Solicitar Respuestas de Proveedores:** obtener información, presupuestos, licitaciones, ofertas o propuestas, según corresponda.
- **Selección de Proveedores:** revisar ofertas, elegir entre posibles proveedores, y negociar un contrato por escrito con cada proveedor.
- **Gestión del Contrato:** gestionar el contrato y la relación entre el comprador y el proveedor, revisar y documentar cuál es o fue el rendimiento de un proveedor a fin de establecer las acciones correctivas necesarias y proporcionar una base para relaciones futuras con el proveedor, gestionar cambios relacionados con el contrato y, cuando corresponda, gestionar la relación contractual con el comprador externo.
- **Cierre del Contrato:** completar y aprobar cada contrato, incluido cualquier tema abierto, y cerrar cada contrato aplicable al proyecto.

Suh (2002) destaca que “el proceso para analizar y comprar un CMS dependerá de la escala

de las necesidades de la organización, así como el rango de productos que se evaluarán dependerá del presupuesto asignado para la gestión de contenidos (...) Para una adquisición grande, los dueños del proceso serán las gerencias de IT o de marketing, (...) mientras que para requerimientos más simples, el dueño del proceso será el profesional web”.

Sin embargo, debido a que los procesos propuestos por el PMI son genéricos y aplicables a la adquisición de cualquier producto o servicio, la mayoría de la bibliografía sobre *gestión de contenidos* propone gestionar la adquisición de un CMS a través de esos procesos u otros similares.

Bob Boiko (2001) coincide con ello al afirmar que “el proceso de selección de un proveedor de CMS no es tan diferente de cualquier otro proceso de selección de proveedores, como para que requiera de métodos propios. La mayoría de lo que propongo es sentido común para quien tiene mucha experiencia con la selección de productos”. Los ocho pasos que sugiere seguir son los siguientes:

1. Crear una breve descripción con los puntos principales del proyecto, que pueda incluirse en la correspondencia inicial con los proveedores y que sirva para orientar al comité de selección.
2. Sondear el mercado buscando los CMS que corresponden al perfil deseado. Debería obtenerse una lista con más de 10 y menos de 20 productos.
3. Realizar el primer corte de la lista de candidatos, seleccionando aquellos que merezcan consideración. No es necesario realizar un análisis demasiado exhaustivo. Utilizar una lista de entre 10 y 20 criterios con reglas de puntuación simples (rangos de puntaje cortos). La lista de candidatos luego del primer corte debería tener entre 5 y 10 CMS.
4. Establecer una lista completa de criterios de selección y un mecanismo de puntuación, darles forma de *solicitud de propuesta y enviárselas* a los proveedores que pasaron el primer corte.
5. Seleccionar un número pequeño de fina-

listas (entre 2 y 5), calificando para ello las respuestas a las *solicitudes de propuesta*.

6. Llevar a cabo encuentros con los finalistas y verificar sus referencias.
7. Pedirles a los finalistas que realicen una presentación o demostración de sus CMS.
8. Tomar la decisión final combinando los puntajes de las solicitudes de propuesta con los de las referencias y la presentación.

Para evitar que el ganador del proceso de selección sea descartado “por cualquier razón”, es necesario que, antes de comenzar, “todos estén de acuerdo con el proceso y con que gane el que resulte ganador” (idem). Por ello, los mecanismos de puntuación deben definirse por anticipado, a fin de realizar una evaluación justa e imparcial.

Bob Doyle (2004a) menciona 15 pasos para seleccionar un CMS, aunque aclara que “algunos son demasiado caros para ciertos presupuestos y otros requieren más tiempo de estudio del que se dispone”:

1. Organizar el contenido.
2. Buscar información en la Web.
3. Leer libros y artículos sobre el tema.
4. Contratar consultores neutrales.
5. Detectar las compañías con publicidad en revistas especializadas.
6. Leer reportes de los analistas de la industria.
7. Visitar demostraciones comerciales.
8. Contactar a los proveedores.
9. Contratar consultores específicos de los productos.
10. Identificar requerimientos y enviar solicitudes de propuesta.
11. Utilizar demos para conocer los sistemas.
12. Realizar el primer corte para obtener una lista de 2 a 5 productos.
13. Pedirles a los finalistas un prototipo realizado con sus CMS.
14. Pedirles a los finalistas una cronograma estimativo para migrar al CMS.
15. Seleccionar el CMS que será adquirido.

A pesar del gran número de pasos, esta metodología no difiere sustancialmente de la anterior, ya que los ocho pasos del 2 al 9 podrían englobarse bajo el título “Sondear el mercado en busca de CMS”.

### Métodos convencionales para la evaluación de un conjunto de CMS.

Al responder a las solicitudes de propuesta que contienen los requerimientos de gestión de contenidos de la organización, los proveedores ofrecen información detallada sobre cómo sus CMS cumplirán con cada uno de los requerimientos.

En base a esta información, es posible evaluar los CMS y compararlos entre sí, a fin de seleccionar el sistema ganador.

En la tabla 1 se mencionan algunos de los métodos utilizados más frecuentemente para realizar la evaluación y/o selección de software, y que, por lo tanto, se aplican también en el caso particular de los CMS.

<b>Suma y ponderación numéricas (NWS o <i>Numerical Weight and Sum</i>)</b>	Mide la calidad de un producto de software como la suma ponderada de sus atributos (Anderson, 1990).
<b>Suma y ponderación cualitativas (QWS o <i>Qualitative Weight and Sum</i>)</b>	Utiliza símbolos como pesos. Para armar el ranking, se cuenta cuántos símbolos de cada tipo obtuvo cada producto (Scriven, 1991).
<b>Maximax (MM)</b>	Se ordenan los productos según su máximo puntaje (no importa en cuál atributo se obtuvo) (Anderson, 1990).
<b>Eliminación por aspectos (EBA o <i>Elimination by aspects</i>)</b>	Se eliminan sucesivamente los productos que no alcanzan el puntaje mínimo para cada atributo (idem).
<b>Ordenamiento lexicográfico (LO o <i>Lexicographic Ordering</i>)</b>	Los productos se ordenan en base al puntaje que cada uno obtuvo en el atributo más importante, luego en el siguiente, etc. (idem)
<b>Agregación lógica de preferencias (LSP o <i>Logic Scoring of Preferences</i>)</b>	Es un modelo cuantitativo de decisión para la evaluación, comparación y selección de sistemas de hardware y software complejos, basado en una lógica de preferencias continua (Dujmovic, 1996).

**Tabla 1. Métodos para realizar la evaluación y/o selección de software**

### Selección de un CMS a través de la Web

Varias organizaciones han colocado sistemas

en la Web con el fin específico de facilitar la selección de un CMS. En la tabla 2 se describen brevemente cuatro de estos sistemas<sup>1</sup>.

<b>CMS-Search</b> <a href="http://www.cmsreview.com/CMSSearch.html">http://www.cmsreview.com/CMSSearch.html</a>	
<b>Fabricante</b>	La asociación <i>OSCOM</i> , el sitio web <i>CMS Review</i> , la consultora <i>Hartman Communicatie BV</i> , la organización <i>CM Pros</i> y el laboratorio de evaluación de CMS de la <i>Universidad de Washington iSchool</i> .
<b>Tamaño</b>	Dispone de una base con las características de 73 CMS.
<b>Puntos fuertes</b>	Utiliza CMSML (CMS Markup Language), un lenguaje diseñado para representar las características y funciones principales de los CMS.
<b>Puntos débiles</b>	Muchas de las características deseadas en el CMS a encontrar deben ingresarse como texto y no hay indicaciones de cuáles valores son posibles. No proporciona una explicación contextual de los términos que emplea. Su implementación está incompleta.

**Tabla 2. Sistemas disponibles en la Web para la selección de un CMS**

<sup>1</sup> Los sistemas descritos fueron analizados en enero de 2008. Actualmente, sus características pueden diferir de las expuestas aquí.

<b>Produktfinder</b> <a href="http://www.contentmanager.de/itguide/produktfinder.html">http://www.contentmanager.de/itguide/produktfinder.html</a>	
<b>Fabricante</b>	La agencia alemana de publicidad FEIG & Partner.
<b>Tamaño</b>	Dispone de una base con las características de 1419 CMS.
<b>Puntos fuertes</b>	Los criterios de búsqueda se eligen mediante casillas de verificación ( <i>checkboxes</i> ) y botones de exclusión mutua ( <i>radio buttons</i> ).
<b>Puntos débiles</b>	Sólo ofrece explicaciones contextuales en la página de inicio. A pesar de clasificar los CMS en varias categorías, los resultados de las búsquedas no parecen considerarlas (pueden obtenerse listados con más CMS que los existentes en la categoría consultada).
<b>Content Management Overview</b> <a href="http://tools.hartman-communicatie.nl/overzicht.html">http://tools.hartman-communicatie.nl/overzicht.html</a>	
<b>Fabricante</b>	Hartman Communicatie BV, una consultora neerlandesa independiente.
<b>Tamaño</b>	Dispone de una base con las características de 174 CMS.
<b>Puntos fuertes</b>	Recién cuando son seleccionados los criterios, se despliegan los controles - casillas de verificación ( <i>checkboxes</i> ), botones de exclusión mutua ( <i>radio buttons</i> ) y menús desplegables - que permiten elegir los subcriterios.
<b>Puntos débiles</b>	El diseño utilizando menús desplegables impide la búsqueda de un CMS con dos características que estén presentes en un mismo menú. Las explicaciones contextuales sólo aparecen en las vistas de los productos (recién pueden consultarse <i>después</i> de haber efectuado una búsqueda).
<b>CMS-Matrix</b> <a href="http://www.cmsmatrix.org/matrix/cms-matrix?func=search">http://www.cmsmatrix.org/matrix/cms-matrix?func=search</a>	
<b>Fabricante</b>	La empresa americana Plain Black Corporation, creadora del CMS <i>WebGUI</i> .
<b>Tamaño</b>	Dispone de una base con las características de 873 CMS.
<b>Puntos fuertes</b>	Ofrece explicaciones contextuales emergentes para cada característica. Muchas características se eligen con casillas de verificación ( <i>checkboxes</i> ).
<b>Puntos débiles</b>	Algunas de las características deseadas en el CMS a encontrar deben ingresarse como texto y no hay indicaciones de cuáles valores son posibles. No es posible acceder simultáneamente a los datos de más de 10 CMS.

**Tabla 2. (continuación) Sistemas disponibles en la Web para la selección de un CMS**

### El problema de la identificación de los posibles proveedores

En cualquier *proyecto* dirigido a la adopción de un CMS existen procesos de dirección pertenecientes al área de conocimiento que el Project Management Institute denomina *gestión de las adquisiciones del proyecto*, y que se requieren para llevar a cabo la compra o adquisición del CMS. Uno de estos procesos es la *Planificación de la Contratación*, entre cuyos subprocesos se encuentra la identificación de los posibles proveedores para solicitarles información detallada sobre sus productos (a través del proceso denominado *Solicitar Respuestas de Proveedores*). Esta información servirá de base, posteriormente, para realizar la selección del CMS que mejor cumple con los requerimientos de la organización (mediante

el proceso denominado *Selección de Proveedores*).

En la práctica, la identificación de los posibles proveedores se reduce a obtener una lista que contenga los nombres de 10 a 20 posibles proveedores como recomienda Boiko (2001) o de 2 a 5 posibles proveedores como sugiere Doyle (2004a).

Los responsables de llevar a cabo la identificación de los posibles proveedores encuentran dos serias dificultades:

- Deben llegar a un número relativamente pequeño de sistemas partiendo de un conjunto inicial formado por los CMS existentes en el mercado. El número de CMS que aparecen en los principales directorios de la Web

varía enormemente, pero “después de copiar y pegar los listados, y de filtrarlos para eliminar la redundancia, es posible obtener los nombres de cerca de 1800 CMS” (Doyle, 2005).

- La cantidad de propiedades que caracterizan a un CMS es problemática, ya que su número también es elevado. Por ejemplo, el *Content Management Requirements Toolkit* es un listado que “contiene 133 requerimientos totalmente desarrollados, listos para copiar y pegar en su solicitud de propuestas” (STD, 2004).

Una vez que se dispone de un conjunto reducido de proveedores de CMS, la finalización del proceso de selección del sistema que mejor se adapta a las necesidades de la organización se puede realizar aplicando métodos convencionales de evaluación.

Considerando las metas y los factores mencionados, el problema que se propone resolver puede ser enunciado de la siguiente manera:

Dados:

**A:** un conjunto de  $n$  CMS, cada uno representado por sus  $c$  características presentes o ausentes (Fig. 1)

**R:** una lista de requerimientos representada por (como máximo)  $c$  características (Fig. 2)

Se desea ordenar los  $n$  CMS pertenecientes al conjunto A de forma tal que sea posible identificar fácilmente aquellos que, por tener una mayor afinidad con los requerimientos de R, serían los más apropiados para participar de un proceso de selección posterior.

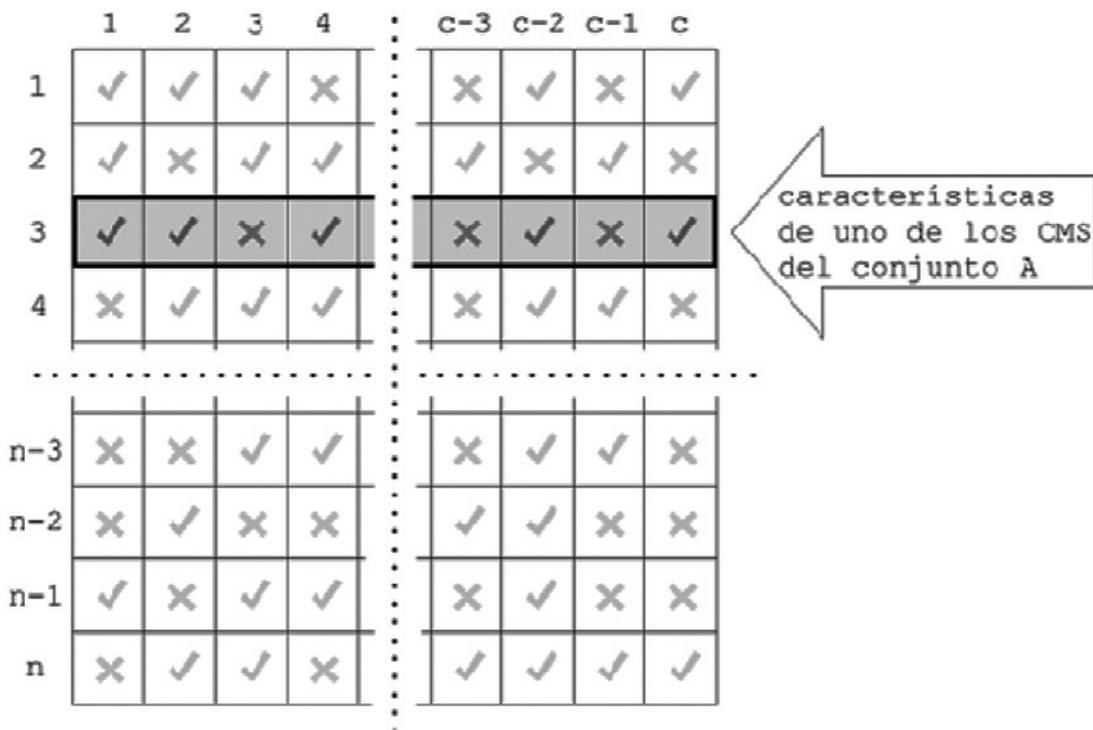


Fig. 1. A: un conjunto de  $n$  CMS, cada uno representado por sus  $c$  características

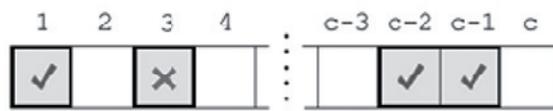


Fig. 2. R: una lista de requerimientos ( $c$  características como máximo)

Debido a que en el caso de los CMS los atributos a ponderar son tan numerosos, los métodos convencionales de evaluación no funcionarían correctamente. Tampoco los sistemas que varias organizaciones han colocado en la Web con el fin específico de facilitar la selección de un CMS permiten resolver satisfactoriamente el problema. Algunas de las dificultades que presentan estos sistemas son:

- **Fallas en el diseño de la interfaz:** si los requerimientos deben ingresarse como texto, es difícil saber qué ingresar.

- **Ingreso y edición de datos sin moderador:** Si los visitantes de la página web de un sistema pueden modificar los datos de los CMS, la información pierde confiabilidad. Esto explica por qué los sistemas no moderados contienen los datos de más de 800 CMS, mientras que los sistemas con moderador sólo contienen los datos de menos de 200 CMS.

- **Especificación estricta de requerimientos:** Los controles que sólo permiten elegir entre dos estados (sí/no), provocan que sean descartados los CMS que no cumplen todos los requerimientos, con lo cual, a veces, la búsqueda no arroja resultados. En tales casos, podría ser mejor para los usuarios obtener los resultados que más se acerquen a sus requerimientos, aunque no los cumplan completamente.

- **Imposibilidad de comparar los resultados:** Si no es posible comparar las características de los CMS que cumplen con los requerimientos de los usuarios, se dificulta la posterior selección.

Por lo tanto, la solución buscada sólo se puede obtener mediante un enfoque diferente de los convencionales. A continuación, se presenta un *Sistema Inteligente* que resuelve satisfactoriamente el problema planteado.

## Parte Experimental

Para resolver el problema planteado se desarrolló *CMS-SOM*, un *Sistema Inteligente* cuyo núcleo está constituido por una red neuronal. Las redes neuronales son un modelo computacional basado en unas "unidades de procesamiento sorprendentemente simples" (Dayhoff, 1990) denominadas neuronas artificiales, in-

terconectadas y funcionando en paralelo.

Las **características más relevantes** de *CMS-SOM* son las siguientes:

- El sistema emplea mapas autoorganizados de Kohonen (SOM<sup>2</sup>) y, por lo tanto, entra dentro de la categoría de los *Sistemas Inteligentes*.
- El sistema es de fácil uso: el usuario ingresa sus requerimientos y recibe un mapa donde se encuentran distribuidos, en un panel de celdas hexagonales, los nombres de un grupo predefinido de 160 CMS y una leyenda representando los requerimientos ingresados. Cuanto más cerca de la leyenda aparezca un CMS, mayor será la aptitud de éste.
- El sistema puede instalarse para ser accesible a través de la Web mediante un navegador (*browser*).
- El sistema mantiene sus datos en un fichero en XML (*Extensible Markup Language*), lo que facilita su procesamiento (lectura, edición, etc.)
- El sistema está formado por *Java servlets*, que generan dinámicamente las páginas vistas en el navegador, a partir de los requerimientos ingresados por el usuario, de los datos de los CMS leídos desde el fichero en XML y de los cálculos que se realizan.
- El sistema emplea hojas de estilo CSS (*Cascade Style Sheets*) para definir el formato de los distintos elementos de las páginas web.
- El sistema cumple con los estándares Web del *Consortio W3C*.
- El sistema sólo permite que sea el administrador quien modifique los datos de los CMS, lo que ayuda a garantizar la veracidad de los mismos.
- El sistema ofrece una gran flexibilidad para ingresar los requerimientos, que pueden estar formados por hasta 400 características (agrupadas en 66 categorías, y éstas a su vez en 10 rubros) que definen a los CMS.

Constituyen **características originales** de *CMS-SOM*:

- El sistema ofrece una tabla completa con los datos de los CMS, para su comparación. Otros sistemas no muestra los datos con que trabajan.
- El sistema permite especificar requerimientos de 5 tipos: "obligatoriamente NO", "preferentemente NO", "indistinto", "preferentemente SÍ" y "obligatoriamente SÍ". Otros sistemas sólo permiten es-

<sup>2</sup>SOM es el acrónimo de *Self-Organizing Map*

tablecer un único tipo de requerimientos (aquellos que obligatoriamente deben cumplirse).

- El sistema utiliza solamente botones de exclusión mutua (*radio buttons*), por lo que nunca es necesario ingresar textos. Otros sistemas utilizan métodos menos eficaces para el ingreso de los requerimientos.

- El sistema muestra explicaciones contextuales de todos los requerimientos efectuables, para que el usuario siempre esté informado del significado de las distintas opciones. Otros sistemas requieren profundos conocimientos sobre gestión de contenidos para ser operados.

### Los mapas autoorganizados de Kohonen (SOM)

Los mapas autoorganizados, desarrollados por Teuvo Kohonen durante la década de 1980 en la Universidad Tecnológica de Helsinki, se destacan porque "de entre todos los modelos de red neuronal, probablemente sea el que mejor modela lo que ocurre realmente en el cerebro" (Welstead, 1994).

Sin embargo, hoy en día las redes neuronales artificiales solamente tienen una importancia marginal como modelo de funcionamiento del cerebro humano, ya que son "consideradas estrictamente como interesantes y útiles dispositivos de ingeniería" (Nilsson, 1998).

Una aplicación práctica de los mapas autoorganizados de Kohonen es "encontrar categorías (*clusters*) en la información de entrada y que luego un vector de datos desconocido sea identificado con una de las categorías" (Kohonen, 1996). Eso es precisamente lo que hace el sistema *CMS-SOM*.

### Arquitectura de SOM

En comparación con otros tipos de redes neuronales, la arquitectura de SOM es extremadamente sencilla. En este modelo, la red neuronal está formada solamente por dos capas (Fig. 3):

- Capa de entrada: Es la capa en la que se le presenta a la red la información de entrada contenida en un vector  $x = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) \in \mathfrak{R}^n$ .

- Capa de salida: Es la capa donde la red neuronal muestra su respuesta ante la presentación de cierta entrada. Las neuronas de esta capa forman un arreglo de forma "rectangular, hexagonal, o incluso irregular, siendo el formato hexagonal el visualmente más efectivo" (Kohonen, 2001). Cada neurona  $i$  de esta capa tiene asociado un vector modelo  $m_i = (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in}) \in \mathfrak{R}^n$  (gráficamente, el valor  $\mu_{ij}$  representaría una conexión entre una neurona  $i$  de salida y una neurona  $j$  de entrada).

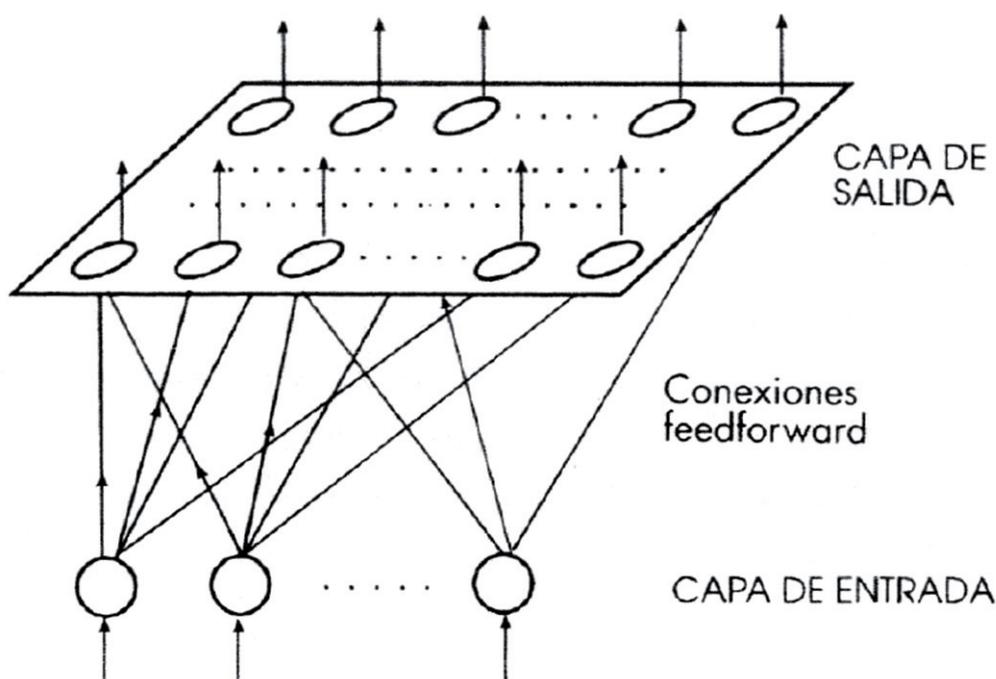


Fig. 3. Arquitectura de la red neuronal SOM (Hilera y Martínez, 1995)

## Funcionamiento de SOM

El objetivo de la red neuronal SOM es que, al recibir un vector con la información de entrada, éste sea procesado y, como respuesta, se obtenga cuál es la neurona de salida que corresponde al vector ingresado. Según Kohonen (2001), "la *magnitud* exacta de la respuesta no precisa ser calculada: la entrada simplemente es mapeada en esa *ubicación*".

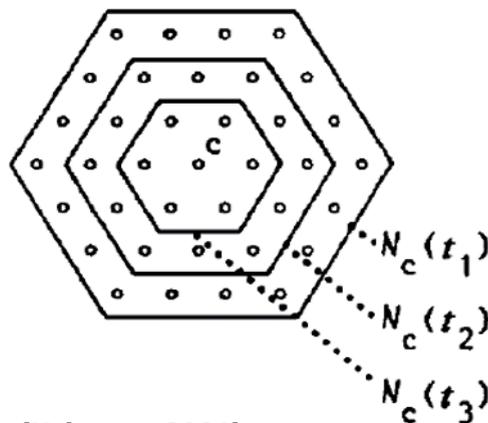
El procesamiento que ocurre con el vector de entrada  $x$  para determinar cuál es  $c$ , la neurona con la que se lo debe mapear como respuesta, "es una tarea trivial si la red neuronal es simulada mediante un programa de computadora" (idem). Lo que se realiza es la comparación del vector de entrada  $x$  con los vectores modelo  $m_i$  de todas neuronas de salida  $i$ , mediante alguna métrica, y  $c$  es la neurona  $i$  que mejor resulta en la comparación.

Usualmente, la métrica que se utiliza para comparar el vector de entrada  $x$  con los vectores modelo  $m_i$  es el valor mínimo de las distancias euclídeas  $\|x - m_i\|$ , por lo que la neurona  $c$  es la que satisface la igualdad:

$$\|x - m_c\| = \min_i \|x - m_i\|$$

La fórmula de la distancia euclídea es la siguiente, aunque también "suele utilizarse la expresión eliminando la raíz cuadrada" (Hilera y Martínez, 1995):

$$\|x - m_i\| = \sqrt{\sum_j (x_j - m_{ij})^2}$$



**Fig. 4. Vecindad topológica (Kohonen, 2001)**

<sup>3</sup> Los pasos se deben repetir "un número razonablemente grande de veces (...) Para un aprendizaje rápido (...) 10 000 iteraciones o menos pueden ser suficientes" (Kohonen, 2001)

<sup>4</sup> "Por aprox. 1000 iteraciones,  $U$  debe tener valores cercanos a la unidad (...) luego del periodo inicial de ordenamiento, debería mantenerse en valores del orden de 0.02 o menores" (idem)

## Aprendizaje de SOM

En las redes SOM, la *etapa de funcionamiento*, que es cuando se le presenta a la red neuronal un vector de entrada  $x$  para que lo mapee a una neurona de salida  $c$ , ocurre luego de haber finalizado la etapa de aprendizaje, que es cuando se ajustan los valores de los vectores modelo  $m_i$ . Por ello, "el aprendizaje en el modelo SOM es de tipo OFF LINE" (Hilera y Martínez, 1995).

Otra característica de este modelo es que utiliza un aprendizaje no supervisado. A la red neuronal SOM "sólo se le proveen valores de entrada, y se le requiere que les dé sentido según su propio criterio" (Welstead, 1994).

El algoritmo de aprendizaje de SOM es "computacionalmente muy liviano" (Kohonen, 2001), y consta de los siguientes pasos (Hilera y Martínez, 1995):

1. Se inicializan los vectores modelo  $m_i$  con valores aleatorios (p. ej. entre -1 y 1), y se fijan los valores de los tres parámetros de aprendizaje:

- **Número de iteraciones para los pasos 2-4<sup>3</sup>**

- **Factor de aprendizaje  $D^4$**

- **Radio de la zona de vecindad.**

La zona de vecindad  $N_c$  abarca la neurona  $c$  y las neuronas de salida ubicadas alrededor de ella. El radio debe ir disminuyendo al avanzar el aprendizaje (Fig. 4).

2. A continuación se presenta a la red una información de entrada (la que debe aprender) en forma de vector  $x = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) \in \mathfrak{R}^n$ .

3. Puesto que se trata de un aprendizaje competitivo, se determina  $c$ , la neurona vencedora de la capa de salida.

4. Una vez localizada  $c$ , la neurona vencedora, se actualizan los vectores modelo  $m_i$  aplicando la siguiente fórmula, donde  $t = 0, 1, 2, \dots$  es un entero, el número de la iteración:

$$m_i(t+1) = m_i(t) + \alpha(t) \cdot [x(t) - m_i(t)] \text{ para } i \in N_c(t)$$

Los ajustes realizados en el último paso "hacen que la neurona ganadora y sus vecinas se vuelvan más parecidas al vector de entrada  $x$ . De esta forma, la neurona ganadora tendrá más probabilidades de ganar la próxima vez que se presente el mismo vector de entrada u otro similar" (Dayhoff, 1990)

### Desarrollo del sistema CMS-SOM

Para desarrollar *CMS-SOM*, debió elegirse el paradigma de la ingeniería del software que se seguiría. Este puede definirse como "una estrategia de desarrollo que abarca procesos, métodos y herramientas, y se elige de acuerdo a la naturaleza del proyecto y la aplicación, los mé-

todos y herramientas a utilizar, y los controles y entregables requeridos" (Pressman, 2001).

Entonces, por ser un término medio entre comenzar a programar directamente sin ninguna planificación previa<sup>5</sup> y los complejos procesos de análisis y diseño que incluyen cientos de páginas de documentación, para el desarrollo de *CMS-SOM* se eligió seguir la metodología de desarrollo orientado a objetos para proyectos pequeños propuesta por Carlos Fontela (2003).

Una vez programado el sistema *CMS-SOM*, fue necesario proporcionarle (cargándolos en un fichero en XML) una lista de características descriptivas de los CMS y los datos de un grupo predeterminado de éstos.

### Una nueva lista de características descriptivas de CMS

Para *CMS-SOM* se diseñó un listado de 10 rubros (Tabla 3) que fueron luego divididos en 66 categorías, en las cuales, finalmente, fueron agrupadas las 400 características que definen a los CMS. En base a esta información se definió la estructura del fichero *items.xml*, que es el fichero leído por *CMS-SOM*.

Rubro	Denominación
1	Fabricante
2	Generalidades del producto
3	Licencia
4	Documentación
5	Soporte
6	Tecnologías
7	Estándares
8	Ciclo de Vida del Contenido: CREACIÓN
9	Ciclo de Vida del Contenido: GESTIÓN
10	Ciclo de Vida del Contenido: PUBLICACIÓN

**Tabla 3. Rubros en que CMS-SOM clasifica las características de los CMS**

<sup>5</sup> Es lo que propone el modelo code-and-fix (codificar y corregir), que "es un modelo poco útil pero bastante común" (McConnell, 1996,140)

Los tres últimos rubros corresponden a los pasos recorridos durante el procesamiento del contenido, los cuales constituyen el "ciclo de vida del contenido" (Fig. 5). Inicialmente, tiene lugar la *creación* del contenido. Luego, éste debe ser sometido al control de los responsables hasta su aprobación (*gestión del contenido*). A continuación, es posible realizar su *publicación*. La posibilidad de cambiar la apariencia del contenido publicado (por ejemplo, la escala utilizada para mostrar una imagen), puede considerarse como parte del proceso de publicación o como un paso independiente: la *presentación*.

### Elección de los CMS abarcados por CMS-SOM y obtención de sus datos

Para elegir cuáles serían los CMS considerados en CMS-SOM, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se realizó la unión de los conjuntos de CMS abarcados en *CMS-Search*, *Produktfinder*, *CM-Overview* y *CMS-Matrix*.
2. Se eliminaron los CMS que sólo aparecían en uno de los conjuntos.
3. Se revisó la lista de los CMS resultantes,

actualizando los nombres de aquellos que cambiaron y eliminando los que ya no están más en el mercado.

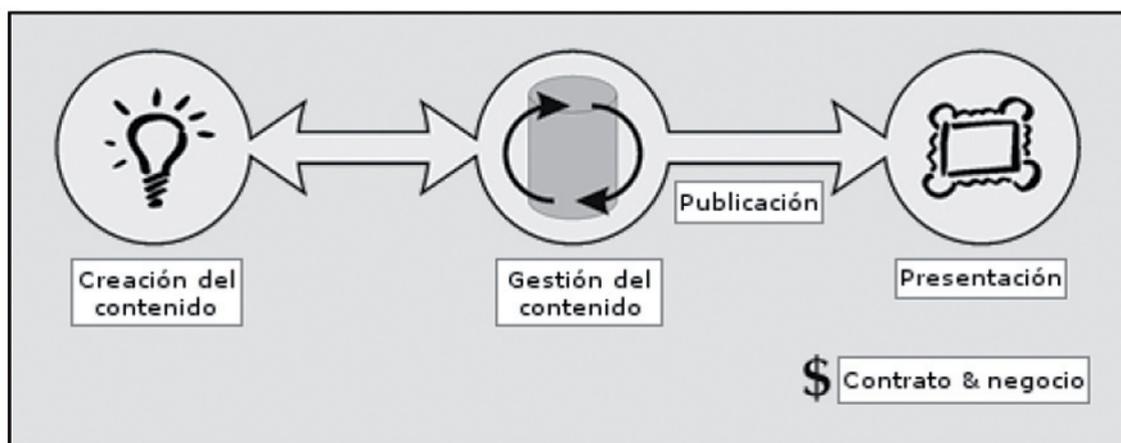
4. Finalmente, se agregaron dos CMS más<sup>6</sup>, obteniéndose la lista definitiva de 160 CMS abarcados por *CMS-SOM*.

La obtención de los datos de esos 160 CMS se realizó siguiendo dos metodologías diferentes.

En primer lugar, se intentó contactar a los fabricantes para solicitarles que colaboraran con este trabajo, a través del aporte de los datos referidos a sus CMS. Se les envió un mensaje de correo electrónico con un código distinto a cada uno de ellos, invitándolos a llenar un formulario *online*.

Cuando no fue posible conseguir los datos de un CMS de esa manera, se emplearon dos técnicas distintas para buscar los datos de los CMS en la Web:

- Extracción automática de los datos disponibles en *CM-Overview* y *CMSMatrix*.
- Búsqueda manual de los datos disponibles en *CMS-Search*, *Produktfindery* las páginas web de los propios CMS.



**Fig. 5. El ciclo de vida del contenido (Robertson, 2003b)**

<sup>6</sup> El CMS *360 Web Manager 3.0*, a pesar de ser mencionado solamente en *CMS-Matrix*, fue agregado a la lista porque se consideró interesante incluir un producto argentino en CMS-SOM (también es argentino el autor del *CMS TikiWiki*, actualmente desarrollado por voluntarios de todo el mundo), y el sistema *c-BIZZ*, mencionado solamente en *Produktfinder*, se agregó por ser el CMS con que habitualmente trabajaba el autor.

## Resultados y Discusión

Los resultados que se presentan aquí sirven para probar que los mapas autoorganizados que se obtienen mediante *CMS-SOM* son correctos.

Vale aclarar que, cuando el usuario ingresa alguna característica como *Indistinto*, se construyen dos mapas: uno abarcando todas las características posibles y otro considerando solamente las características requeridas.

Por ello, hubo que verificar que ambos tipos de mapas fueran correctos.

### Mapas autoorganizados abarcando todas las características posibles

La validez de los mapas autoorganizados construidos al considerar las 400 características posibles se determinó analizando algunos de ellos y verificando si la distribución de los CMS en

cada mapa se puede reconocer como correcta.

Para ello, se accedió cuatro veces al sistema *CMS-SOM* solicitando todas las características como *Indistinto*. En los mapas autoorganizados obtenidos se marcó luego la ubicación de los siguientes tres grupos de CMS:

- **Grupo 1:** PHP-Nuke 8.0, PostNuke 0.764 y Xaraya 1.1.2
- **Grupo 2:** Mambo 4.6.1 y Joomla! 1.0.11
- **Grupo 3:** Drupal 4.7 y Typo3 - Version 4.0

Se concluyó que la distribución de los CMS en los mapas autoorganizados analizados puede considerarse correcta, ya que los CMS de cada uno de los tres grupos permanecieron siempre juntos en las cuatro oportunidades, algunas veces en la misma celda, y otras veces en celdas contiguas o cercanas. Esto se debe a que los CMS de cada grupo poseen características similares (Tabla 4).

<b>PHP-Nuke 8.0, PostNuke 0.764 y Xaraya 1.1.2</b>
El hecho de que PHP-Nuke 8.0 y PostNuke 0.764 posean similares características y que, por ello, hayan sido ubicados siempre juntos en los mapas por <i>CMS-SOM</i> , se debe probablemente a que PostNuke es una bifurcación ( <i>fork</i> ) de PHP-Nuke originada en el código fuente de éste, por lo cual, inevitablemente, mantiene muchas de sus características. Xaraya 1.1.2 y PostNuke 0.764 también son sistemas de características similares, por el mismo motivo mencionado en el caso anterior: Xaraya es una bifurcación de PostNuke.
<b>Mambo 4.6.1 y Joomla! 1.0.11</b>
Los CMS pertenecientes al segundo grupo identificado en los mapas autoorganizados también se mantuvieron juntos en las cuatro pruebas realizadas. La causa probable por la cual ambos CMS son similares, es que Joomla! surgió como una bifurcación de Mambo, en 2005.
<b>Drupal 4.7 y Typo3 - Version 4.0</b>
A pesar de ser dos desarrollos independientes, ambos aparecieron juntos en los cuatro mapas. Buscando una explicación, se realizaron dos búsquedas con <i>Google</i> en las cuales puede verse que Drupal y Typo3 realmente presentan una fuerte tendencia a aparecer juntos. Al buscar <i>Drupal Typo3</i> , se encontraron aprox. 833 000 páginas web, con títulos como "Drupal versus Typo3", "Se busca desarrollador Drupal/Typo3" o "Typo3 vs. Drupal". La búsqueda de la combinación inversa <i>Typo3 Drupal</i> arrojó un resultado de aprox. 832 000 páginas y títulos parecidos a los anteriores. Evidentemente, no fue casual que <i>CMS-SOM</i> colocara a Drupal 4.7 y a Typo3 siempre en celdas próximas. Estudiando ambos sistemas en detalle, se encuentran muchas semejanzas: los dos están disponibles con la licencia GNU/GPL, su lenguaje de programación es el PHP, soportan varias bases de datos, entre ellas MySQL, así como los servidores web Apache e IIS.

**Tabla 4. Análisis de la ubicación de los CMS de cada grupo en los mapas**

## Mapas autoorganizados considerando sólo características requeridas

La validez de los mapas autoorganizados construidos por *CMS-SOM* considerando solamente las características que le son requeridas se determinó analizando algunos de ellos y verificando que la distribución de los CMS en cada mapa fuera compatible con los resultados obtenidos al consultar los otros cuatro sistemas disponibles en la Web para facilitar la selección de un CMS: *CMS-Search*, *Produktfinder*, *CM-Overview* y *CMS-Matrix*.

Para ello, se accedió al sistema *CMS-SOM* estableciendo como requerimientos los siguientes grupos de características:

- **Primera prueba:** Se solicitaron CMS que obligatoriamente fueran gratuitos y estuvieran basados en la tecnología LAMP (sistema operativo Linux, servidor web Apache, base de datos MySQL y lenguaje PHP).

- **Segunda prueba:** El objetivo fue seleccionar CMS con un precio obligatoriamente menor que USD 5 000, basados en la tecnología J2EE, que funcionaran con el servidor de aplicaciones IBM Websphere y que, además, preferentemente permitieran importar ficheros DOC y editar contenidos usando la técnica WYSIWYG (*what you see is what you get*).

- **Tercera prueba:** La meta fue seleccionar CMS que obligatoriamente costaran entre USD 10 000 y USD 20 000, estuvieran basados en la tecnología .NET y usaran bases de datos MS SQL Server, y que preferentemente permitieran la publicación de versiones del contenido accesibles para usuarios con discapacidades.

- **Cuarta prueba:** Se solicitaron CMS que preferentemente no costaran más de USD 500, que estuvieran basados únicamente en el lenguaje Perl y fueran obligatoriamente compatibles con los sistemas operativos Linux y Windows Server 2003, que preferentemente ofrecieran una vista previa antes de publicar los contenidos y con los cuales obligatoriamente se pudieran realizar foros y encuestas.

- **Quinta prueba:** El objetivo fue seleccionar CMS que obligatoriamente estuvieran basados en la tecnología Zope, y en los cuales la generación de los documentos a publicar fuera rea-

lizada preferentemente por un *Live Server*.

- **Sexta prueba:** Se solicitaron las características exactas del CMS Jahia.

Los resultados de las 6 pruebas fueron favorables a *CMS-SOM*, aunque con distintos grados de contundencia.

En la primera prueba, 25 CMS resultaron ubicados en la celda correspondiente a los requerimientos efectuados, por lo que no se estudió lo que ocurrió en las celdas adyacentes o cercanas. Cabe destacar que 25 CMS gratuitos basados en LAMP representan el 15,6% de los 160 CMS considerados por *CMS-SOM*, lo que representa un porcentaje significativamente mayor que el 2,4 ~ 6,3% con que estos CMS están presentes en los resultados de los otros sistemas. Esos bajos porcentajes observados no se deben a que los CMS gratuitos basados en LAMP no figuran en los demás sistemas, sino al hecho de que no son mostrados porque no coinciden con los criterios de búsqueda. Al rastrear la causa de esta discordancia en los resultados, se detectó que la falla se originó por el deficiente ingreso de requerimientos. Por ejemplo, al solicitar en *CMS-Matrix* un CMS que corra bajo Linux, no resultan seleccionados los CMS que como valor de su característica "Sistema Operativo" tienen registrado "any" (que en inglés significa "cualquiera"). Además, hubo 4 CMS que sólo fueron propuestos por *CMS-SOM*. Accediendo a las páginas web de estos productos, pudo verificarse que los cuatro son CMS gratuitos basados en LAMP, por lo que fueron correctamente sugeridos por *CMS-SOM* e incorrectamente ignorados por los otros sistemas.

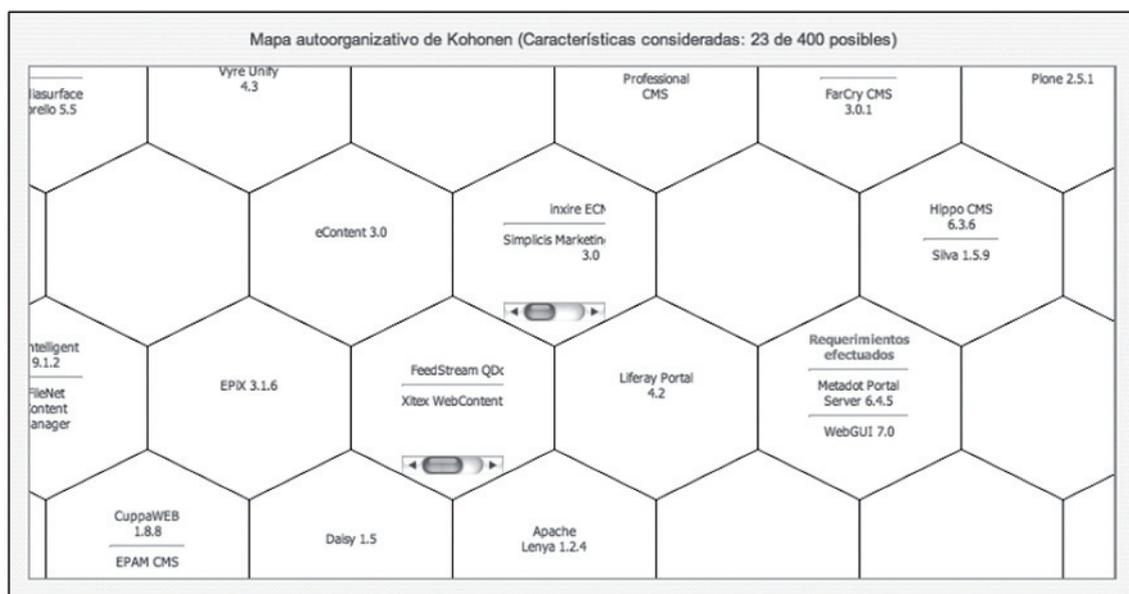
En la segunda prueba, resultaron 3 CMS ubicados en la misma celda que los requerimientos efectuados (*Liferay Portal*, *Magnolia* y *MMBase*) y 6 CMS más aparecieron en tres de las celdas adyacentes (*Oracle Universal CM* en la celda de arriba a la izquierda, *EPAM CMS* y *FeedStream QDoX* en la celda de la derecha, y *CuppaWeb*, *Simplicis Marketing Dashboard* y *SR2* en la celda de abajo a la derecha). La tabla obtenida luego de generar los mapas autoorganizados permite observar que, de los CMS mencionados, 5 califican, aunque sólo *Liferay Portal* cumple exactamente con los requerimientos efectuados, porque los otros 4 CMS no satisfacen una o más preferencias (o se desconoce si

lo hacen). Comparar los resultados obtenidos mediante *CMS-SOM* en la segunda prueba con los que surgieron al consultar *CMS-Search*, *Produktfinder*, *CM-Overview* y *CMS-Matrix* no resultó ser una tarea trivial, ya que estos sistemas no permiten ingresar la totalidad de las características requeridas en esta prueba. En particular, los requerimientos que sólo son preferencias pero no son obligatorios, no deben ingresarse en estos sistemas, ya que siempre son considerados como características obligatorias. Esta vez, *CMS-SOM* produjo resultados en gran parte coincidentes con los de *CM-Overview* (CuppaWEB, Magnolia, MMBase y Simplicis Marketing Dashboard). La falta de resultados de *CMS-Search* y la coincidencia nula entre las sugerencias de *Produktfinder*, *CMS-Matrix* y *CMS-SOM* podrían explicarse por el tipo de requerimientos efectuados, pero, en realidad, vuelve a ponerse en evidencia que la verdadera causa reside en el problemático modo de ingreso de datos provisto por *CMS-Search*, *Produktfinder* y *CMS-Matrix*.

En la tercera prueba, en la celda correspondiente a los requerimientos efectuados aparecieron 10 CMS: activeWeb contentserver 5.5, Digimaker 5.2, Applaud CMS 3.5, Clay Tablet Rosetta WCMS, EPiServer 4.60, SR2 v7.0, Estrada Engine 3.5, Noxum Publishing Studio, Numotion WebManager y Web500 CMS. También en esta prueba, el elevado número de CMS obtenidos en la celda correspondiente a

los requerimientos efectuados hizo que no fuera necesario estudiar los CMS de las celdas adyacentes, y pudo considerarse satisfactorio el desempeño de *CMS-SOM* simplemente comparando la lista de los CMS que éste sugirió con los propuestos por los otros sistemas. Para cada uno de los cinco sistemas, nuevamente se calculó la relación entre el número de CMS que cumplen los requerimientos efectuados y el número de CMS considerados. Es interesante destacar que, una vez más, *CMS-Search* no arrojó ningún resultado, por lo que su relación es de 0%. Esto casi seguro se deba a algún defecto en su sistema de búsqueda, porque es muy poco probable que el resultado de las dos últimas pruebas se deba a la inexistencia de CMS con las características requeridas entre los CMS de su registro. Por la imposibilidad de expresar en *CMS-Matrix* un precio requerido de entre USD 10 000 y USD 20 000, este sistema sugirió CMS basados en .NET y que utilizan MS SQL Server, pero cuyos precios están fuera del rango solicitado (por ejemplo: Composite CMS, Kentico CMS y Microsoft CMS).

En la cuarta prueba, solamente aparecieron dos CMS (Metadot Portal Server 6.4.5 y WebGUI 7.0) en la celda de los requerimientos efectuados (Fig. 6). En las celdas adyacentes aparecen otros tres CMS (a la izquierda Liferay Portal 4.2 y arriba a la derecha Hippo CMS 6.3.6 y Silva 1.5.9).



**Fig. 6. Mapa autoorganizado obtenido en la cuarta prueba de CMS-SOM**

También en esta prueba hubo problemas para ingresar los requerimientos en *CMS-Search*, *Produktfinder*, *CM-Overview* y *CMS-Matrix*. En este último, por ejemplo, fue necesario ingresar "mod\_perl" en la casilla "Application Server", ya que ingresando "Perl" en la casilla "Programming Language" los resultados fueron insatisfactorios (en el campo correspondiente de los distintos CMS figuran valores con "Perl 5", "Perl 6", etc. y el sistema no es capaz de realizar una equiparación parcial). *Produktfinder*, *CM-Overview*, *CMS-Matrix* y *CMS-SOM* indicaron que el 0,6 ~ 1,2% de los CMS que constan en sus registros cumplieron con los criterios de búsqueda, por lo podría suponerse que esa es la participación de este tipo de CMS en el mercado. Por otro lado, el alto valor calculado para *CMS-Search* (12,3%) llevó a que se analizara la lista sugerida, y el resultado fue que la mayoría de esos CMS, a pesar de haber sido propuestos por el sistema, en realidad no cumple con los criterios de búsqueda.

En la quinta prueba, apareció solamente un CMS (Silva 1.5.9) en la celda de los requerimientos efectuados, y en una celda adyacente aparecieron cuatro más (CS EMMS Suite 4.3, Easy Publisher 1.8, icoya OpenContent 2.5.11 y Plone 2.5.1). Esto es correcto, pues sólo Silva 1.5.9 cumple completamente los requerimientos, ya que de los otros cuatro se desconoce si poseen la capacidad de generar en forma instantánea los documentos a publicar. También como parte de esta prueba se realizó la consulta de *CMS-Search*, *Produktfinder*, *CMOverview* y *CMS-Matrix* para comparar sus resultados con los de *CMS-SOM*. Es necesario aclarar que *Produktfinder* no permitió realizar la búsqueda necesaria para esta prueba, debido a la ausencia de Zope entre sus opciones, y que los valores de *CMS-Matrix* se obtuvieron ingresando "Zope" en la casilla "Application Server" y adicionalmente "Python" (el lenguaje usado por Zope) en la casilla "Programming Language", ya que, de lo contrario, la lista obtenida contenía demasiados valores incorrectos. La validez de las sugerencias de *CMSSOM* queda confirmada al observar que, de los 5 CMS propuestos por este sistema, dos (Plone 2.5.1 y Silva 1.5.9) aparecieron en al menos dos de los demás sistemas, otros dos (CS EMMS Suite 4.3 y Easy Publisher 1.8) aparecieron en al menos uno de los demás sistemas, y el restante (icoya OpenContent 2.5) está basado en Zope según consta en su propia página web.

En la sexta y última prueba de *CMS-SOM*, se ingresaron como preferencias los 400 valores que caracterizan al CMS Jahia. En el mapa autoorganizado obtenido, Jahia apareció correctamente en la celda de los requerimientos efectuados. Además, en la misma celda apareció Liferay Portal (12º en la tabla correspondiente, con 272 coincidencias), el cual es un CMS basado en la tecnología J2EE y más parecido a Jahia (también basado en J2EE) que, por ejemplo, TikiWiki (2º en la tabla, con 288 coincidencias), el cual está basado en PHP. Otros CMS basados en la tecnología J2EE (por ejemplo Magnolia y Oracle Universal Content Management) también aparecen en celdas próximas a la celda donde se encuentra Jahia, a pesar de tener un número menor de coincidencias en la tabla. Esta observación es muy importante: en el mapa es posible "ver" relaciones que en un *ranking* no son evidentes.

## Conclusiones

Los responsables de la adopción de un CMS en una organización deben resolver el problema de identificar a los posibles proveedores de CMS, para poder realizar luego la selección del CMS que mejor cumple con los requerimientos de la organización. El problema es particularmente difícil porque, actualmente, el mercado de los CMS, "se encuentra en un estado de violenta agitación, con permanentes sacudidas, fusiones y adquisiciones. En los últimos años, la mayoría de las firmas que desarrollan CMS:

- ha sido adquirida por otra empresa o se ha fusionado con ella;
- salió del mercado, abandonando a sus clientes;
- ha estado ocupada adquiriendo otras compañías o productos para ampliar su oferta y parecer más integrada" (Doyle, 2004b).

Pero, además de las empresas, también los CMS han evolucionado en los últimos años, y con tanta rapidez que su selección se ha vuelto muy difícil, pues "incluso un analista de mercado de tiempo completo, pago para ser un experto en gestión de contenidos, será incapaz de conocer todos los productos y sus características técnicas" (Gilbane, 2003)

Ambas dificultades se presentaron también durante el desarrollo de *CMS-SOM*, ya que algunas empresas, cuyos productos habían sido elegidos para formar parte del conjunto predefinido de

CMS, fueron adquiridas por otras (por ejemplo, en octubre de 2006 *Hummingbird* fue adquirida por *Open Text* y *FileNet* pasó a manos de *IBM*, y en noviembre del mismo año *Oracle* compró *Stellent*), y la lista de características técnicas de los CMS también creció (por ejemplo, la compatibilidad con el sistema operativo Windows Vista debió ser agregada luego del lanzamiento de éste en enero de 2007).

A pesar de todo, el sistema *CMS-SOM* estuvo listo y funcionando a comienzos de 2008.

Las conclusiones más importantes de este proyecto son las siguientes:

- Se ha detectado que la mayoría de los expertos en CMS proponen gestionar la adquisición de un CMS a través de procesos como los que constituyen el área de conocimiento llamada *gestión de las adquisiciones del proyecto* en la "Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" (PMBok Guide) del Project Management Institute.
- Se ha determinado que, de los procesos necesarios para gestionar la adquisición de un CMS, uno de los más problemáticos es la identificación de los proveedores de los CMS que mejor cumplen con los requerimientos de la organización.
- Se han estudiado los sistemas *CMS-Search*, *Produktfinder*, *CM-Overview* y *CMS-Matrix*, y se ha realizado una descripción crítica de los mismos.
- Se han identificado los CMS que son mencionados en, por lo menos, dos de los sistemas anteriores.
- Se ha establecido una lista de características descriptivas de los CMS, y se han recopilado definiciones y explicaciones para cada una de ellas.
- Se ha desarrollado el sistema *CMS-SOM*, como propuesta para identificar fácilmente los proveedores de los CMS que mejor cumplen con los requerimientos de una organización. Al ser instalado de forma adecuada, este sistema puede ser accesible a través de la Web.
- Los resultados experimentales han mostrado que el funcionamiento de *CMS-SOM* va mucho

más allá de realizar una simple tabla ordenada según las cantidades de coincidencias entre los requerimientos efectuados y los datos de los CMS, ya que en el orden espacial de los mapas son capturadas las "relaciones de familia" entre los CMS.

- *CMS-SOM* puede ayudar a reducir los costos que acarrea la selección de un CMS. Bob Doyle (2004a) menciona que (en los EE.UU.): *Los expertos de la industria como Bob Boiko, Tony Byrne, Jo Ann Hackos, Gerry McGovern y James Robertson y Ann Rockley pueden ser contratados como consultores neutrales por unos pocos miles de dólares para dictarle seminarios de un día de duración al personal clave que será el equipo de gestión de contenidos de la organización (...) Los informes de los analistas de la industria, donde se evalúa a las empresas que producen CMS y se reportan las tendencias tecnológicas en la gestión de contenidos y las herramientas que las implementan, oscilan entre unos pocos cientos de dólares y USD 1000 o más (...) Entre los documentos para el análisis de las necesidades y las solicitudes de propuestas se encuentran el CMS Planner (USD 300) de Boiko y el Requirements Toolkit (USD 550) de Robertson, que ofrecen plantillas para utilizar durante el proceso de selección.*

## Agradecimientos

Al Dr. Ing. Raimundo O. D'Aquila, quien dirigió mi tesis de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información (de la cual este artículo es un resumen) y a la Lic. Adriana Almeida, por su inestimable ayuda en la preparación de los datos utilizados por *CMS-SOM*.

## Referencias

- ANDERSON, E. (1990) *Choice Models for the Evaluation and Selection of Software Packages*. JMIS 6, 123
- BECHTOLSHEIM, M.; OBERBAUER, R. (2001) *Content Management ist Wissensmanagement - Strategie, Prozesse, Technologien*. IM 8, 7
- BOIKO, B. (2001) *Content Management Bible*. Wiley
- DAYHOFF, J. (1990) *Neural Network Architectures: an introduction*. Van Nostrand Reinhold
- DOYLE, B. (2004a) *Select a CMS in 15 Steps*. EContent , 7
- DOYLE, B., ED. (2004b) *Brief History of the CMS marketplace*. CMS Review
- DOYLE, B. (2005) *How many CMS are there?*. CMS-Forum
- DUJMOVIC, J. (1996) *A method for evaluation and selection of complex hardware and software systems*. San Francisco State University
- FONTELA, C. (2003) *Programación Orientada a Objetos - Técnicas Avanzadas de Programación*. Nueva Librería
- GILBANE, F. (2000), *What is Content Management?*. The Gilbane Report 10, 2
- GILBANE, F. (2003), *The Classification & Evaluation of Content Management Systems*. The Gilbane Report 3, 2
- HILERA, J.; MARTÍNEZ, V. (1995), *Redes Neuronales Artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*. ra-ma
- HOWARD, J. (2003), *ECM - Don't buy it*. CMS Watch 3
- KOHONEN, T. (1996) *SOM\_PAK: The Self-Organizing Map Program Package, Report A31*, Helsinki University of Technology
- KOHONEN, T. (2001) *Self-Organizing Maps*, 3ª Ed. Springer
- MICROSOFT CORPORATION (2004) *Ventajas y Beneficios de un Sistema de Gestión de Contenido Web*. Microsoft TechNet 6, 2
- NILSSON, N. (1998) *Artificial Intelligence: A New Syntesis*. Morgan Kaufmann
- PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE) (2004) *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*, 3ª Ed.
- PRESSMAN, R. (2001) *Software engineering: a practitioner's approach*, 5ª Ed. McGraw-Hill
- ROBERTSON, J. (2002) *How to evaluate a content management system*. KM Column 1
- ROBERTSON, J. (2003a) *Why every small website needs a CMS*. CM Briefing 1
- ROBERTSON, J. (2003b) *So, what is a content management system?*. KM Column 6
- RÖWEKAMP, L. (2001) *Prinzipien und Aufbau eines Content Management Systems*. IM 8, 12
- SCRIVEN, M. (1991) *Evaluation Thesaurus*. Sage Publications
- STD (STEP TWO DESIGNS) (2004) *Content Management Requirements Toolkit*
- SUH, P. (2002) *Content Management Systems*. Glasshaus
- WELSTEAD, S. (1994) *Neural Network and Fuzzy Logic Applications in C/C++*. Wiley

# ESTUDIO DE MATERIALES USANDO MECANICA CUANTICA

**María Rosario Soriano**

Departamento de Ingeniería Química  
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires  
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
*mrs@secyt.frba.utn.edu.ar*

*Recibido el 16 de Febrero del 2010, aprobado el 15 de Marzo de 2010*

---

## Resumen

En este artículo tratamos de hacer una detallada revisión de los métodos DFT y de la familia (L)APW comenzando desde los conocimientos básicos que todo físico, químico o ingeniero adquiere durante su carrera. Recorreremos los temas más importantes haciendo énfasis en aquellos que se relacionan con el tema en cuestión. El lector es llevado de la mano para introducirse paso a paso dentro de los métodos DFT y (L)APW. El artículo está escrito para ayudar a los que se inician a comprender mejor lo que significan estos cálculos computacionales sobre materiales. Van a encontrar muchas fórmulas que presentan subíndices y supraíndices que a primera vista pueden asustar. Pero la notación es necesaria como una herramienta de aprendizaje.

**PALABRAS CLAVES:** DFT - (L)APW - ECUACIONES KOHN - SHAM - FUNCIONAL DE CORRELACIÓN E INTERCAMBIO.

## Abstract

This article tries to give a rather detailed overview of DFT and the family of (L)APW-methods, but starts from the knowledge that every physicist, chemist and engineer has acquired at an undergraduate level. It brushes up the most important of these undergraduate items with emphasis on those aspects that will play a role in the main subject. The reader is taken at the hand, and is step by step introduced into DFT and the (L)APW-methods. This article is meant to help a beginner to acquire a deeper understanding about what material computational calculations means. You will find many formulae that contain tons of indices. At first sight, this might scare someone. Nevertheless, this crowded notation is necessary as a learning tool.

**KEYWORDS:** DFT - (L)APW, KOHN - SHAM EQUATIONS - EXCHANGE - CORRELATION FUNCTIONAL

## Introducción

Hoy en día sabemos que la materia está constituida por un conjunto de átomos: a cada elemento químico le corresponde un tipo diferente de átomo. Contar con un modelo para describir la estructura de la materia consiste en establecer el arreglo de los átomos, representando sus posiciones relativas y su distribución en cada material. Para la estructura del átomo consideramos un núcleo y los electrones que lo rodean, cada tipo diferente de átomo tiene  $Z$  electrones que lo caracterizan. Cada uno de los electrones está en un estado característico, y ese estado se trata de la energía que haría falta ejercer para arrancarlo del átomo. Los valores de esas energías permiten clasificar los electrones en capas de energía claramente separadas y cada capa permite sólo un número determinado de electrones. Para el átomo de hidrógeno ( $Z = 1$ ) la única capa tiene una energía de 13,6 eV mientras que la capa más interna del uranio ( $Z = 92$ ) tiene 115600 eV. Los electrones más externos de todos los átomos poseen energías del orden de algunos electrón-voltios.

En las transformaciones físicas y en las reacciones químicas sólo se modifican los estados de los electrones más externos del átomo. Un químico en el laboratorio, alguien en la cocina o incluso el metalurgista en grandes hornos no alcanzan las energías de los electrones internos de los átomos. Podemos decir, en una buena aproximación, que el carozo o corazón del átomo, el núcleo más los electrones internos, son inmutables. Toda la materia está compuesta de un conjunto de entidades que podemos llamar partículas. En algunos casos estas partículas son los mismos átomos, pero rara vez lo son tal como están en estado aislado, más bien los átomos en la materia se encuentran con las capas de electrones externos modificadas, además muchas veces las partículas son conjuntos de átomos en arreglos que llamamos moléculas. Cuando tratamos con sólidos llamamos celda unitaria a un conjunto de varios átomos en posiciones determinadas que se repite en forma periódica. En el estado gaseoso decimos que las partículas están unas bastante aisladas de las otras. Mientras que en la materia condensada los átomos o las partículas se encuentran unas en contacto con las otras, con lo que se ven sometidas a interacciones. Esto puede alterar fuertemente las capas de electrones externos, dependiendo del entorno de cada átomo.

Cuando dos átomos se aproximan existe una distancia mínima de acercamiento ya que los átomos no pueden ínter penetrarse. Este proceso puede compararse al de dos esferas rígidas que se ponen en contacto, aunque el modelo de esferas rígidas no sea bueno para la descripción de otros aspectos del comportamiento de la materia.

Propiedades como la temperatura, la presión, la estructura electrónica, la composición, el desorden son las que determinan las propiedades de los materiales. La escala que podemos usar para observar el comportamiento de la materia puede variar en varios órdenes de magnitud desde metros, mm,  $\mu\text{m}$ , nm hasta la escala atómica de los  $\text{Å}$ . Este amplio rango requiere descripciones completamente diferentes y como consecuencia siguen leyes diferentes desde las de la física del continuo hasta llegar a las de la mecánica cuántica. Necesitamos la mecánica cuántica para describir la estructura electrónica que es la responsable de las propiedades tales como estabilidad, unión química, relajación de los átomos, transiciones de fase, el comportamiento magnético, óptico, mecánico, eléctrico, etc. En este trabajo queremos enfocarnos en la escala atómica, donde podemos comenzar con la descripción del cristal ideal que se estudia a temperatura cero. Por décadas los cálculos *ab initio* se vieron restringidos a cálculos a 0 K o más precisamente estos cálculos no tenían en cuenta la temperatura. Hoy este impedimento ya no existe, en métodos que evalúan propiedades vibracionales y funciones termodinámicas que dependen de la temperatura están disponibles modelos y opciones que la tienen en cuenta.

Uno de los logros más significativos de la ciencia computacional en materiales es la habilidad para predecir las propiedades de un material con un nivel de precisión y confianza que está alcanzando, y en algunos casos superando, el nivel experimental. Las propiedades de los materiales que se han vuelto accesibles al cálculo computacional abarcan un amplísimo rango de estudios como la estructura de sólidos, defectos, superficies, interfaces, termoquímica, propiedades mecánicas, excitaciones electrónicas y comportamiento magnético. Esta extraordinaria capacidad de análisis y estudio resulta de suma importancia para los investigadores experimentales y

hoy forma parte de la investigación industrial y de la ingeniería en materiales. Dentro de este contexto este artículo se enfoca en los métodos *ab initio*, ya que se trata de una aproximación que nos ofrece una visión única y profunda dentro de los materiales y tiene una capacidad predictiva enorme en nuevos sistemas. Un área especialmente interesante es la conexión entre el nivel electrónico de la estructura y el comportamiento macroscópico del material.

Los cálculos *ab initio* preferentemente dentro de la aproximación de la Funcional de la Densidad (DFT) formulada por Hohenberg y Kohn (1964), y Sham (1965), para problemas de muchos cuerpos, tomando la interacción entre los núcleos y los electrones en una serie de ecuaciones para un electrón, esto se conoce como la ecuación de Kohn-Sham (1965). Se han desarrollado varios métodos para la resolución de esta ecuación y el más preciso es la Aproximación de Ondas Planas Aumentadas (LAPW). Existen distintos códigos computacionales que resuelven problemas basados en esta aproximación. El código WIEN2k (Schwarz, 2002) se usa en todo el mundo para resolver propiedades de cristales en la escala atómica. Las propiedades elásticas de un cristal ideal se pueden calcular deformando la celda unitaria, bajo presión (variando el volumen) o aplicando una tensión. En este proceso los átomos pueden variar sus posiciones y se lo puede llevar al equilibrio conociendo las fuerzas que actúan. A partir de diferentes tensiones a las que se somete la red, podemos calcular los potenciales estáticos de la red. Con este resultado, se pueden obtener: el volumen de equilibrio, las constantes elásticas y las derivadas de las presiones. Hoy en día estos cálculos se pueden

## de muchas partículas?: Teoría de la funcional de la densidad

Un sólido es una colección de partículas pesadas (los núcleos) cargadas positivamente y otras más livianas cargadas negativamente (los electrones). Si tenemos N núcleos estaremos lidiando con un problema de N+ZN partículas que interactúan electromagnéticamente. Este es un problema de muchos cuerpos y como los electrones son tan pequeños (y livianos) se necesita de la mecánica cuántica para resolverlo. Las ecuaciones de la mecánica cuántica no son sencillas, sin embargo la ecuación de Schroedinger se presenta de un modo simple:

$$\hat{H} \psi = E \psi \quad (1)$$

$\hat{H}$  es el hamiltoniano, un operador que nos permite encontrar las energías que ligan a los electrones en los átomos y de allí podemos obtener información que es clave en el estudio de las propiedades de los materiales. En la ecuación (1) vemos que el  $\hat{H}$ , el operador energía, aplicado a una función de onda ( $\psi$ ) da como resultado un valor constante, la energía ( $E$ ) y se recupera la función de onda. Para quienes estén familiarizados con algunas operaciones y funciones matemáticas, puede resultarles conocido que las derivadas de funciones exponenciales vuelven a dar la función exponencial. De esto se trata la ecuación Schroedinger, las funciones para el átomo de hidrógeno son funciones exponenciales y el operador hamiltoniano contiene derivadas segundas que describen la energía potencial y cinética del sistema. La expresión para el hamiltoniano exacto para un sistema de muchas partículas aparece un poco más complicada y es:

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2} \sum_i \frac{\nabla^2_{\vec{R}_i}}{M_i} - \frac{\hbar^2}{2} \sum_i \frac{\nabla^2_{\vec{r}_i}}{m_e} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i,j} \frac{e^2 Z_i}{|\vec{R}_i - \vec{R}_j|} + \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \sum_{i \neq j} \frac{e^2}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|} + \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \sum_{i \neq j} \frac{e^2 Z_i Z_j}{|\vec{R}_i - \vec{R}_j|} \quad (2)$$

llevar a cabo en computadoras medianamente poderosas, para sistemas de unos cientos de átomos por celda unitaria. Los resultados de los cálculos DFT pueden dar parámetros que se usan en otros modelos para estudiar efectos a mayor escala.

## ¿Cómo resolvemos problemas cuánticos

En esta ecuación  $M_i$  representa las masas de los núcleos separados entre ellos por distancias  $R_i$ , los electrones tienen masa  $m_e$  y se encuentran separados por distancias  $r_i$ . El primer y el segundo término corresponden a la energía cinética del operador del núcleo y de los electrones respectivamente. Los últimos tres términos describen las interacciones de

Coulomb entre los electrones y los núcleos, entre los electrones y los electrones y, finalmente, entre los núcleos y los núcleos. No hay forma de resolver este problema en forma exacta. Para poder obtener resultados habrá que hacer aproximaciones. Estas aproximaciones se consideran de tres niveles diferentes. Las dos primeras las vemos en los próximos párrafos, mientras que la tercera aproximación la analizaremos más adelante.

Un primer nivel de aproximación se conoce como la aproximación de Born-Oppenheimer. Ésta considera que los núcleos, mucho más pesados que los electrones, se mueven mucho más lentamente. Por eso los podemos "congelar" en posiciones determinadas y considerar que los electrones están en equilibrio instantáneo con ellos. En otras palabras dejamos que sólo los electrones sean nuestros *jugadores* en el problema de muchos cuerpos. Los núcleos quedan fuera y se reducen a ser una fuente de carga positiva, los dejamos fuera de la nube de electrones. Al hacer esta aproximación, nos quedamos con una colección de NZ cargas negativas interactuando, que se mueven bajo el potencial del núcleo (que ahora consideramos en forma externa). ¿Cuáles son las consecuencias de esta aproximación sobre el hamiltoniano? El núcleo ya no se mueve, su energía cinética es cero y el primer término desaparece. El último término se reduce a una constante. Nos quedamos con el término de la energía cinética del gas de electrones (T), la energía potencial de las interacciones electrón-electrón (V) y la energía potencial de los electrones bajo el potencial de los núcleos ( $V_{ext}$ ). Esto lo escribimos ahora:

$$\hat{H} = \hat{T} + \hat{V} + \hat{V}_{ext} \quad (3)$$

Es interesante notar que la energía cinética electrón-electrón (V) depende únicamente del hecho que estamos tratando con un sistema de muchos electrones y no con un sistema de muchos protones, donde las cargas nucleares tendrían un rol importante. Esta ecuación es independiente del sistema ( $Cl_2$  o  $CH_4$ , Ni o Ag, bcc-Fe o fcc-Fe). Se trata de una ecuación universal. La información sobre el sistema en particular, qué núcleos y qué posiciones, está enteramente determinada por  $V_{ext}$ .

Presentamos ahora nuestro segundo nivel de

aproximación que es la Teoría de la Funcional de la Densidad (DFT, Dreizler (1990) y Parr (1989)) propiamente dicha. El problema cuántico con que tenemos que lidiar luego de haber hecho el primer nivel de aproximación (Born-Oppenheimer) es mucho más simple que el original, pero aún es muy difícil de resolver. Existen distintos métodos para realizar cálculos con la ecuación (2) en forma asequible, una forma histórica muy conocida es la aproximación de Hartree-Fock, el método de Hartree (1928) y Fock (1930). Un método que funciona muy bien para átomos y moléculas y se usa mucho en química cuántica. Pero para sólidos no es muy preciso. No vamos a explicar aquí HF sino un método más moderno y poderoso, la teoría de la Funcional de la Densidad. Aunque sus orígenes se remontan a los años 30 del siglo 20, se estableció esta teoría, DFT, formalmente en 1964 con los teoremas de Hohenberg y Kohn (1964). Ellos establecieron que existe una correspondencia entre la densidad de estado ( $\rho$ ) fundamental de un sistema de muchos electrones (átomos, moléculas, sólidos) y el potencial externo  $V_{ext}$ . Una consecuencia inmediata es que el valor esperado para cualquier observable del estado fundamental es únicamente una funcional exacta de la densidad de estado del electrón. Escribimos una nueva expresión:

$$E_{V_{ext}}[\rho] = F_{HK}[\rho] + \int \rho(\vec{r}) V_{ext}(\vec{r}) d\vec{r} \quad (4)$$

$E_{V_{ext}}$  es la funcional de la energía del estado fundamental y  $F_{HK}$  la funcional de Hohenberg y Kohn, que es universal para un sistema de muchos electrones.  $E_{V_{ext}}$  alcanza un valor mínimo (igual al estado fundamental de energía) para una densidad que corresponde a  $V_{ext}$ .

Un gas homogéneo de electrones, o gas uniforme de electrones es el modelo de Jellium (Ceperley (1980)), un sólido imaginario donde la carga nuclear se desparrama en forma homogénea en el espacio. Este material es completamente isotrópico e idéntico en todo el espacio. Por lo tanto la densidad electrónica es constante:

$$\rho(\vec{r}) = \rho = \frac{N}{V} \quad (5)$$

$N$  es el número de electrones del material y  $V$  es el volumen. El parámetro  $\rho$  es lo único que necesitamos para especificar completamente el gas homogéneo de electrones. Si los electrones no interactúan, nos encontramos en el caso del gas de electrones libres, que es el único que podemos resolver en forma directa. El problema es mucho más complicado para un gas de electrones que interactúan. En este caso los cálculos numéricos para encontrar la energía total se hacen con Monte-Carlo cuántico. Restando la energía cinética de las partículas que no interactúan y la energía de Hartree se obtiene un valor numérico para la energía de correlación e intercambio  $\epsilon_{xc}$ . Esto se hace para muchas densidades ( $\rho$ ) y se obtiene la función  $\epsilon_{xc}(\rho)$ . Se debe destacar que  $\epsilon_{xc}(\rho)$  es una función de  $\rho$  y no una *funcional*.

Decir que  $G$  es una *funcional* de  $\tau$ ,  $G(\tau)$ , significa que  $G$  es un número cuyo valor depende de la forma de la función  $g(\tau)$ . En otras palabras: para cada función  $g$  (definida en el mismo dominio de  $\tau$ ) la funcional  $G(\tau)$  devuelve un único número, una funcional es una función de función. La integral de una función es una funcional.

La *funcional de la densidad* de Hohenberg y Kohn,  $F_{HK}$ , es universal para cualquier sistema. La energía  $E_{V_{ext}}(\rho)$  toma un valor mínimo (igual a la energía total del nivel fundamental) para el estado de densidad fundamental que corresponde a  $V_{ext}$ . No queremos probar estos teoremas pero vamos a sacar algunas implicancias usando tres palabras clave. Invertibilidad (correspondencia uno a uno), universalidad y acceso variacional al valor mínimo.

Primero la correspondencia uno-a-uno entre la densidad del estado fundamental y el potencial externo es intrigante. Es obvio que dado un sistema de muchos electrones hay un único potencial externo que a través del hamiltoniano (2) y la ecuación de Schroedinger (1) da un único nivel fundamental para una función de onda la densidad electrónica correspondiente será fácil de encontrar. Un potencial externo nos permite encontrar de manera claramente definida una única densidad para el nivel fundamental que se corresponde con el mismo. Intuitivamente puede parecer que la densidad contiene menos información que la función de onda. Si esto fuera cierto no sería posible en-

contrar un único potencial externo para una dada densidad del nivel fundamental. El primer teorema de Hohenberg y Kohn dice que esto es posible! La densidad contiene tanta información como tiene la función de onda, todo lo que podemos conocer de un átomo, una molécula o un sólido. Todas las cantidades observables pueden obtenerse de forma unívoca a partir de la densidad; esto es, pueden escribirse como funcionales de la densidad. Debido a esto esta aproximación ha tenido un gran éxito, que se demuestra en años de aplicaciones y cálculos muy rigurosos con resultados de gran precisión.

Segundo, la universalidad del operador energía de Hohenberg y Kohn es clave en estos cálculos. La ecuación (2) se puede escribir fácilmente usando operadores densidad, y suponiendo que la densidad del estado fundamental se conoce y que la contribución del potencial externo puede calcularse exactamente. No conocemos una forma explícita de escribir la funcional  $F_{HK}$ . Pero, de cualquier manera,  $F_{HK}$  no contiene información sobre los núcleos y sus posiciones, es una función universal para un sistema de muchos electrones. Esto significa, en principio, que existe una expresión de  $F_{HK}$  que puede usarse para cada átomo, molécula o sólido que queramos imaginar.

Tercero, el segundo teorema hace posible usar el principio variacional de Rayleigh-Ritz para poder encontrar la densidad del estado fundamental. Entre los métodos aproximados para resolver la ecuación de Schroedinger independiente del tiempo para varias partículas que interactúan, se encuentra el método variacional. Este método se basa en el hecho de que si conocemos el operador  $H$  (hamiltoniano) para un sistema y  $\phi$  es una función normalizada, que se comporta adecuadamente y satisface las condiciones de contorno del problema, podemos resolver la integral variacional:

$$\int \phi^* \hat{H} \phi d\tau \geq E_0 \quad (5)$$

donde  $E_0$  es el autovalor mas bajo para la energía. El significado de este teorema es que siempre podemos calcular un límite superior de la energía del estado fundamental.

Fuera del infinito número de posibles densidades que podríamos encontrar, la que minimiza  $E_{V_{ext}}$  es la densidad del estado fundamental que le corresponde a ese potencial externo  $V_{EXT}(r)$ . Por supuesto esto sólo lo podemos hacer si conocemos  $F_{HK}$ . Y una vez que lo tenemos todo el conocimiento sobre el sistema es alcanzable. Debemos notar algo más sobre el sentido de la funcional de la energía  $E_{V_{ext}}$ . Cuando se evalúa la densidad correspondiente a un  $V_{ext}$  particular para un sólido, obtenemos la energía del estado fundamental. Cuando se evalúa para cualquier otra densidad el valor que se obtenga no tiene ningún sentido físico.

### Analizamos ahora en detalle las ecuaciones de Kohn-Sham

Las ecuaciones de Kohn-Sham se publicaron en 1965, lograron que DFT se convirtiera en una herramienta útil y un procedimiento práctico para obtener la densidad de los estados fundamentales. Re escribimos la funcional de Hohenberg y Kohn. La energía de correlación la definimos como la parte de la energía total que está presente en la solución exacta, pero ausente en la solución de Hartree-Fock. Las funcionales de la energía total  $E_e(\rho)$  y  $E_{HF}(\rho)$  correspondientes a los hamiltonianos de Hartree-Fock son respectivamente:

$$E_e = T + V \quad (6)$$

$$E_{HF} = T_0 + (V_H + V_x) \quad (7)$$

$$V = V_H + V_x \quad (8)$$

Aquí  $T$  y  $V$  son las funcionales de la energía cinética exacta y la energía potencial electrón-electrón,  $T_0$  es la funcional de la energía cinética del gas de electrones que no interactúa,  $V_H$  es la contribución de Hartree y  $V_x$  es la contribución de intercambio. Substituyendo en las ecuaciones precedentes la funcional para la contribución de correlación será:

$$V_c = T - T_0 \quad (9)$$

La contribución de intercambio a la energía total se define como la parte que está presente en la solución de Hartree-Fock pero ausente en la solución de Hartree. Así la funcional de Hartree es

$$E_H = T_0 + V_H \quad (10)$$

podemos definir como funcional de la energía de correlación  $V_x$ :

$$V_x = V - V_H \quad (11)$$

A partir de estas nuevas expresiones se puede escribir la funcional de Hohenberg y Kohn de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} F_{HK} &= T + V + T_0 - T_0 \\ &= T_0 + V + (T - T_0) \\ &= T_0 + V + V_c + V_H - V_H \\ &= T_0 + V_H + V_c + (V - V_H) \\ &= T_0 + V_H + (V_c + V_x) \\ &= T_0 + V_H + V_{xc} \end{aligned} \quad (12)$$

Aquí  $V_{xc}$  es la funcional de energía de correlación e intercambio. No la conocemos formalmente ya que contiene las dificultades de intercambio y correlación, que aún no sabemos calcular. Si consideramos que conocemos  $V_{xc}$ , podemos escribir explícitamente la funcional de la energía:

$$E_{V_{ext}}[\rho] = T_0[\rho] + V_H[\rho] + V_{xc}[\rho] \quad (13)$$

Pero también podemos usar el segundo teorema de Hohenberg y Kohn para encontrar el estado fundamental de la densidad, aunque podríamos no ganar nada con esta transformación. En lugar de esto podemos interpretar la expresión de la ecuación (13) como la funcional de energía

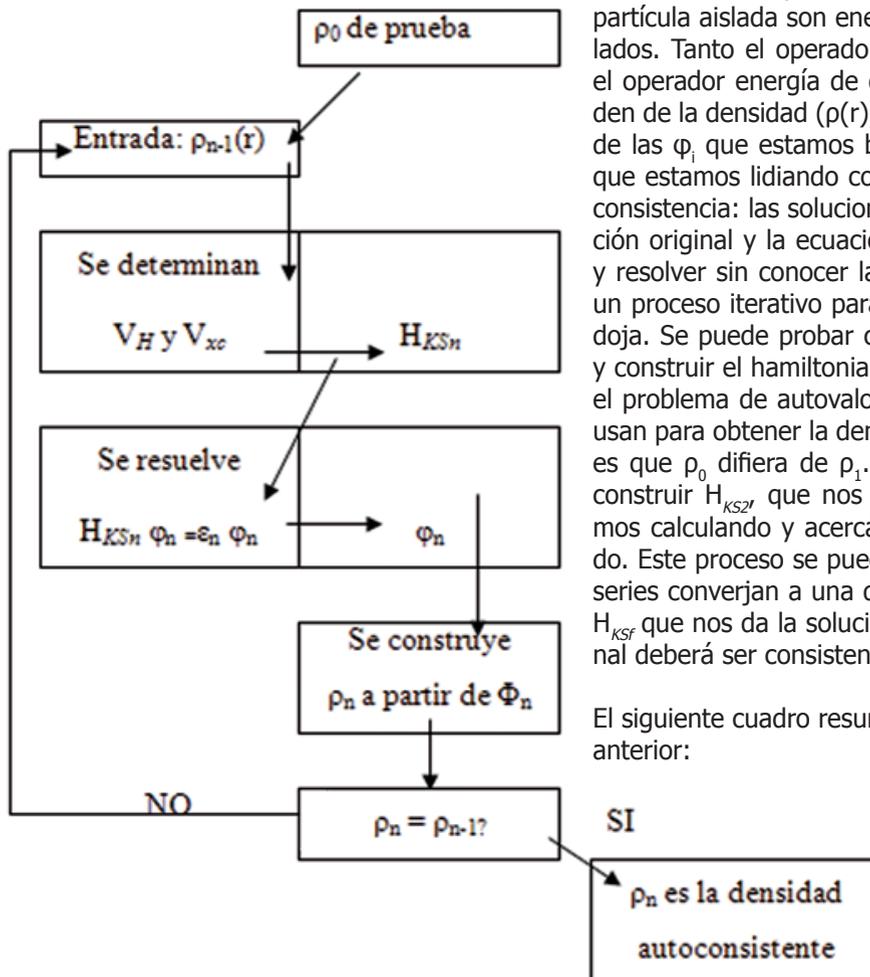
del gas de electrones clásico que no interactúa, sujeto a dos potenciales externos: uno debido a los núcleos y uno debido a los efectos de correlación. Esta manipulación de las ecuaciones simplifica el hamiltoniano que ahora toma la siguiente expresión:

$$\hat{H}_{KS} = T_0 + \hat{V}_H + \hat{V}_{xc} + \hat{V}_{ext} \quad (14)$$

Donde el potencial de intercambio y correlación aparece como la derivada de la funcional. Y ahora el teorema de Hohenberg y Kohn puede ser formulado como: la *densidad exacta del estado fundamental para un sistema de N electrones es:*

$$\rho(\vec{r}) = \sum_{i=1}^N \phi_i(\vec{r}) * \phi_i(\vec{r}) \quad (15)$$

donde las funciones de onda para una sola partícula



cula son las soluciones de la ecuación de Kohn-Sham, del nivel N de más baja energía:

$$\hat{H}_{KS} \phi_i = \epsilon_i \phi_i \quad (16)$$

Puede parecer que no hemos ganado mucho. Pero ahora para encontrar la densidad del nivel fundamental no necesitamos usar más el segundo teorema de Hohenberg y Kohn, podemos confiar en resolver las ecuaciones familiares de Schroedinger para una partícula interactuando. La alternativa de usar las ecuaciones regulares de Schroedinger nos llevará a un sistema más difícil de ecuaciones diferenciales por las interacciones entre los electrones. Hay que tener cuidado aquí porque las funciones de onda de una partícula no son las funciones de los electrones! Describen matemáticamente cuasi partículas, sin un verdadero sentido físico. Podemos garantizar únicamente que la densidad sobre todas estas cuasi partículas va a ser igual a la densidad electrónica. Tampoco las energías ( $\epsilon_i$ ) de cada partícula aislada son energías de electrones aislados. Tanto el operador de Hartree ( $V_H$ ) como el operador energía de correlación ( $V_{xc}$ ) dependen de la densidad ( $\rho(r)$ ), que a su vez depende de las  $\phi_i$  que estamos buscando. Esto significa que estamos lidiando con un problema de auto consistencia: las soluciones determinan la ecuación original y la ecuación no se puede escribir y resolver sin conocer la solución. Necesitamos un proceso iterativo para escapar de esta paradoja. Se puede probar con una densidad inicial y construir el hamiltoniano con ella. Se resuelve el problema de autovalores, y los resultados se usan para obtener la densidad. Lo más probable es que  $\rho_0$  difiera de  $\rho_1$ . Ahora usamos  $\rho_1$  para construir  $H_{KS2}$  que nos lleva a  $\rho_2$ , y así seguimos calculando y acercándonos al valor buscado. Este proceso se puede repetir hasta que las series converjan a una densidad que genera un  $H_{KSf}$  que nos da la solución  $\rho_f$ : esta densidad final deberá ser consistente con el hamiltoniano.

El siguiente cuadro resume la descripción anterior:

## Algo más sobre la funcional de correlación e intercambio

El esquema descrito para Khon-Sham era exacto salvo por la aproximación de Born-Oppenheimer, que es la única aproximación realizada. Pero no hemos tenido en cuenta el hecho de que no conocemos la funcional de intercambio y correlación. Y es aquí donde las aproximaciones entran en la teoría. La que más se utiliza se conoce como la Aproximación de la Densidad Local (LDA) que postula que la funcional de intercambio y correlación toma la siguiente forma:

$$E_{xc}^{LDA} = \int \rho(\vec{r}) \varepsilon(\rho(\vec{r})) d\vec{r} \quad (17)$$

La *función* (no la funcional) para un gas homogéneo de electrones se conoce numéricamente. Este postulado es bastante razonable: significa que la energía de correlación e intercambio debida a una densidad en particular se puede encontrar dividiendo el material infinitesimalmente en pequeños volúmenes de densidad constante. Cada uno de esos volúmenes contribuye a la energía de correlación e intercambio en una

$$\left( -\frac{\hbar^2}{2m_e} \nabla_m^2 + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d\vec{r}' + V_\alpha + V_{ext} \right) \phi_m(\vec{r}) = \varepsilon_m \phi_m(\vec{r}) \quad (18)$$

cantidad igual a la energía de correlación para un volumen idéntico lleno del gas de electrones, que tiene en conjunto la misma densidad que el material original tiene en ese volumen. No hay una ley que garantice que la verdadera energía de correlación e intercambio tenga esta forma, es sólo una aproximación razonable. Debido a esta aproximación, se espera que LDA se comporte bien para sistemas en los que la densidad varía lentamente. Pero sorprendentemente responde bien también en otros casos reales.

El siguiente paso lógico para mejorar LDA, es hacer la contribución de correlación e intercambio de cada volumen infinitesimal no sólo dependiente de la densidad local en ese volumen sino también de la densidad de los volúmenes vecinos. En otras palabras el gradiente de la densidad jugará un rol importante. Así

esta aproximación se llama Aproximación del Gradiente Generalizado (GGA) (Perdew (1992)). Aunque GGA funciona mejor que LDA, presenta algunos inconvenientes. Hay una sola funcional de intercambio y correlación LDA, porque es la única definición para  $\varepsilon_{xc}$ . Pero hay libertad para incorporar el gradiente de densidad y por lo tanto varias versiones de GGA (1er inconveniente). Más aun, en la práctica, uno ajusta una funcional GGA (felizmente unas pocas) con parámetros libres, a una gran cantidad de datos experimentales de átomos y las moléculas. Los mejores valores de estos parámetros se fijan y la funcional queda preparada para usarse en forma rutinaria en sólidos. Así este cálculo GGA no es *ab initio* estrictamente hablando ya que se usan algunos datos experimentales (2do inconveniente). De cualquier manera existen GGA que son independientes de los parámetros.

## ¿Cómo resolvemos las ecuaciones?

Hemos llegado ahora a nuestro tercer nivel de aproximación. Sin importar si se usó HF o DFT como aproximación, uno acaba con un conjunto infinito de ecuaciones para un electrón del siguiente tipo: (m es un número entero que cuenta los miembros del conjunto):

Llamamos  $\hat{H}_{sp}$  al hamiltoniano de una sola partícula que aparece en la ecuación (18) entre paréntesis. Para HF,  $V_\alpha$  es el operador de intercambio. Los  $\phi_m$  son los verdaderos orbitales HF de un electrón. El intercambio se trata en forma exacta aunque no se incluya la correlación, pero se la puede agregar. Para DFT,  $V_\alpha$  es el operador intercambio y correlación, en L(S)DA, GGA u otra aproximación. El intercambio y la correlación se tienen en cuenta en forma aproximada. Los  $\phi_m$  son expresiones matemáticas de los orbitales de una partícula. La similitud entre las ecuaciones de Hartree-Fock y Khon-Sham significa que se pueden utilizar las mismas técnicas matemáticas para resolverlas. Resolver cualquiera de estos métodos significa que queremos encontrar los coeficientes  $c_p^m$  que necesitamos para expresar  $\phi_m$  como un conjunto de base:

$$\phi_m = \sum_{p=1}^P c_p^m \phi_p^b$$

(19)

La función de onda  $\phi_m$  pertenece a una función de espacio de dimensiones infinitas, P es por lo tanto infinito. En la práctica se trabaja con un número finito de funciones base. Ese número limitado no podrá describir  $\phi_m$  exactamente, pero se puede tratar de encontrar las bases que puedan generar una función lo "más cercana" a  $\phi_m$ . Habiendo elegido las bases (y por lo tanto un conjunto finito de P) nos damos cuenta de que podemos manejar la función (18) como un problema de autovalores. La diagonalización de la matriz hamiltoniano nos dará los P autovalores de un conjunto base (si se necesitan más autovalores hay que aumentar P). Cuanto mayor sea P mejor es la aproximación de autovalores, pero será más demandante de tiempo el cálculo de diagonalización de la matriz. Se puede probar matemáticamente que para operadores hamiltonianos que se comportan adecuadamente siempre existe una matriz que es la matriz diagonal. Los elementos de la diagonal son los autovalores del hamiltoniano.

¿Qué es un buen conjunto de base? Si las funciones base se parecen a  $\phi_m$  uno necesita unas pocas para describir adecuadamente la función de onda y por lo tanto la matriz será pequeña. Un conjunto así se llama eficiente. Estas consideraciones implican que de algún modo conocemos la solución de antemano. Un tal conjunto base no podrá ser muy general. Para un problema específico se llegará a la solución rápidamente pero para la mayoría de los casos describiría muy pobremente los autovalores. Un valor de P grande tiene un costo de tiempo que muchas veces no se puede afrontar, un valor pequeño, en cambio, dará autovalores aproximados poco aceptables. Estas aproximaciones conllevan muchas propiedades de las funciones base y por eso se llaman bases *tendenciosas*. El arte de la física teórica de la materia condensada es encontrar conjuntos de base que sean simultáneamente *eficientes* y *no tendenciosos*. Se han desarrollado dos grandes familias de bases, las ondas planas y las ondas planas aumentadas (Loucks (1967)), cada una a su manera intenta contemplar este compromiso.

## Buscando las funciones base: el método de pseudopotenciales

Hemos formulado dos requerimientos principales para el conjunto de funciones de base necesarias para tener los autovalores del hamiltoniano para un sólido: deben ser *no tendenciosas* y *eficientes*. Además sería muy bueno si fueran matemáticamente simples. Esto hace la teoría y el desarrollo computacional mucho más fácil. Un conjunto base que no es tendencioso y es simple es el conjunto de ondas planas. En la práctica no se puede trabajar con un conjunto infinito de funciones base y hay que llevarlo a un límite. Para las ondas planas esto se logra limitando un parámetro  $K_{max}$ . Esto corresponde a una esfera de radio  $K_{max}$  centrada en el origen del espacio recíproco. Todos los vectores que caen dentro de esta esfera son los que se tienen en cuenta en el conjunto de base. La energía que se obtiene así se suele llamar la energía de corte. Este proceso se repite para cada punto K de manera de tener una muestra suficientemente densa de la primera zona de Brillouin. ¿Necesitaremos muchas o unas pocas ondas planas? El número lo determina la escala más pequeña que queramos describir en el espacio real. Consideremos las funciones para los niveles 3s del Ca. Para describir lo que ocurre con las funciones correspondientes entre el núcleo y una distancia de 0,1 Å las ondas planas tienen que tener un periodo al menos un orden menor que dicha distancia (0,01 Å ó  $10^{-12}$  m). Esto nos da un  $K_{max} = 2\pi / (10^{-12} \text{ m}) = 6,3 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ , calculamos el volumen de una esfera con este radio ( $10^{-39} \text{ m}^3$ ) lo dividimos por el volumen de la primera zona de Brillouin y obtenemos que para una red cúbica, cuya constante sea de unos 3 Å, se necesitarían  $10^8$  ondas planas, que requiere la diagonalización de muchísimas matrices ( $10^8 \times 10^8$ ), que está muy por encima de lo que puede calcularse hoy con una buena supercomputadora!

¿Deberíamos concluir que no podemos usar un conjunto de ondas planas? Esperamos que luego de todo este análisis la respuesta sea negativa. Sigamos profundizando sobre estas funciones de ondas planas que estamos proponiendo. La parte más oscilante de la función es la cola, la región cercana a los núcleos. Pero además esta región en los sólidos está alejada de la región de los átomos donde ocurre la química y los electrones aquí no se comportan muy diferentes de los electrones libres. Enton-

ces se puede reemplazar el potencial de las regiones más internas por pseudopotenciales (Pickett (1989)), esto se hace para lograr colas de funciones de onda suavizadas dentro de los átomos y así sólo se necesitan unas pocas funciones planas. En las regiones más externas de los átomos, los pseudopotenciales evolucionan hacia potencial verdadero, de manera que esta región del cristal se comporta como si nada pasara. En este sentido se puede usar un conjunto base de funciones planas para casos reales con una energía de corte de 272 eV. Esto corresponde a un  $K_{\max}$  de 4,5 ua<sup>-1</sup> y esto para una red cúbica de 3 Å necesita unas 270 ondas planas. Un conjunto de este tamaño es totalmente manejable.

No hay recetas únicas para construir pseudopotenciales para un elemento particular. Hay una infinidad de posibilidades. Podemos hablar de dos criterios para juzgar si un pseudopotencial es bueno, su *suavidad* y su *transferibilidad*. Un pseudopotencial es suave cuando se necesitan unas pocas funciones de ondas planas para describirlo. Hay un caso particular de pseudopotencial que se llaman ultrasuaves porque se necesitan una cantidad muy pequeña de ondas planas. Generalmente, lograr que un pseudopotencial sea suave es lograr que sea a medida para un elemento en su entorno específico. Lo que uno realmente quiere es un potencial que se pueda usar en cualquier entorno (moléculas, clusters, sólidos, superficies, aislantes, metales,...) en el que se encuentre el elemento. Ese es un potencial transferible. El arte, entonces, para crear buenos pseudopotenciales es encontrar potenciales que sean a la vez suaves y transferibles.

Aunque el método de los pseudopotenciales sea extremadamente útil existen razones por las que otras posibilidades son también atractivas. ¿Qué haríamos si estamos interesados en obtener información sobre la región cercana al núcleo? ¿Se puede hacer un conjunto base más eficiente? ¿Podemos usar otras funciones más eficientes que las ondas planas y que no requieran la introducción de pseudopotenciales? Sí, se pueden usar un conjunto de ondas planas aumentadas (APW). Aunque por razones didácticas tiene ciertas ventajas describirlo debemos anticipar que este es un método que ya no se usa. Pero su descripción es útil para llegar a sus sucesores el LAPW y el APW+lo. Las ideas del conjunto de base APW son si-

milares a nuestra introducción de pseudopotenciales. En una región alejada del núcleo, los electrones se pueden considerar bastante libres. Los electrones libres se describen con ondas planas. En la región cercana al núcleo los electrones se comportan como electrones en átomos libres, y quedarán mejor descritos por funciones atómicas. El espacio queda dividido en dos regiones: una alrededor de cada átomo, una esfera de radio  $R$ , que solemos llamar el molde de bollos (muffin tin), la parte del espacio ocupada por las esferas es la región del bollo; la otra es el resto del espacio que llamamos la región intersticial.

El conjunto base APW es dependiente de  $K$  como lo era la función de onda plana. La posición dentro de las esferas se da respecto del centro de cada esfera. La longitud y los ángulos especifican la dirección en coordenadas esféricas. En estas ecuaciones aparecen los armónicos esféricos ( $Y_l^m$ ) que son solución del átomo de hidrógeno y se conocen. Aun así la energía no queda determinada. Aparecen aquí las soluciones de la parte radial de la ecuación de Schroedinger para el átomo libre, también conocidas. Es una gran ventaja contar con soluciones conocidas para una parte de este cálculo. Para el verdadero átomo libre, las condiciones de contorno desaparecen para  $r$  (la separación entre las partículas) tendiendo a infinito y esto limita el número de valores de energía para los que se puede encontrar una solución. Pero estas condiciones de contorno no se aplican en este caso y podemos encontrar una solución numérica para cualquier energía. Estos valores no tienen sentido físico en sí mismos, pero eso no causa ningún daño, son sólo parte de las funciones bases, no las autofunciones que buscamos. Y como se parecen mucho a las autofunciones de la región del cristal que buscamos, pueden actuar como autofunciones de forma muy eficiente.

Las condiciones de contorno nos muestran que si una autofunción es discontinua, su energía cinética no quedará bien definida. Esta situación no puede ocurrir, y debemos lograr que las ondas planas presenten una concordancia entre la función dentro y fuera de la esfera, sobre la superficie completa de la esfera. Esto puede parecer extraño de lograr: una onda plana es oscilante y tiene una única dirección, ¿cómo puede coincidir totalmente con otra función que se basa en los armónicos esféricos sobre

la superficie de una esfera? Para lograrlo expandimos la onda plana en armónicos esféricos en el origen de la esfera de cada átomo. En principio esto nos daría infinitos términos para poder crear la concordancia. En la práctica habrá que truncarlos en algún valor. ¿Qué sería una elección razonable? La condición de que el producto del radio elegido para nuestro modelo del bollo ( $R_0$ ) y el valor de corte de las ondas planas ( $K_{max}$ ) debe tomar el valor de  $I_{max}^*$   $R_0 K_{max} = I_{max}^*$  nos permite determinar un buen valor para cortar la serie. No es necesario hacer cálculos con más valores que los que determina este requerimiento, porque obtendríamos un comportamiento inestable en los límites de la esfera.

A primera vista parece que podemos usar las APW como conjunto base y seguir de la misma forma que con las ondas planas para determinar los coeficientes de las autofunciones. Pero esto no funciona. Aun no encontramos la energía. Para poder describir los autoestados tenemos que definir la energía igual al autovalor de ese estado (energía de la banda). Pero esto es exactamente lo que estamos tratando de determinar! Estamos forzados a comenzar el cálculo con un valor de prueba y tomar esto como la energía. Con esto podemos determinar las APW y construir los elementos de la matriz hamiltoniano y la matriz recubrimiento (las APW no son ortogonales). Se determina la ecuación secular y nuestras energías de prueba deben ser raíces de esta ecuación. Esto no siempre ocurre y hay que probar un nuevo valor. Como ha cambiado la energía hay que determinar nuevos APW y lo mismo con los elementos de matriz. Con la ayuda de algoritmos, esta prueba continua hasta que se encuentra la raíz que buscamos. Y en ese momento el procedimiento se reinicia para conseguir el siguiente valor de energía. El tamaño del conjunto base se puede estimar ahora en unas 131 APW contra las 270 de las ondas planas.

El tiempo de cálculo queda determinado principalmente por la diagonalización de la matriz y aumenta como la potencia al cubo del tamaño de la base, lo que sugiere que APW es unas diez veces más veloz que un método de pseudopotenciales. De cualquier forma hay que reconocer que con un conjunto de ondas planas, se encuentran P valores con la diagonalización, con APW se necesita una diagonalización para cada autovalor. Esto hace al

método APW inherentemente lento y mucho más lento que el de pseudopotenciales.

## Mejorando las funciones base:

### I. El método LAPW

El problema con APW es que tenemos que construir los autovalores, aun desconocidos para los autoestados que estamos buscando. Aquí aparece el método de ondas planas aumentadas linearizadas (LAPW) que nos permite hacer una expansión de Taylor para encontrar las energías. Se requerirá que la función en la esfera coincida tanto en valor como en pendiente en los límites de la esfera. Esto se puede lograr manipulando las ecuaciones y sus derivadas radiales. Esto da como resultado un sistema cuyos coeficientes pueden resolverse. Imaginemos que queremos resolver un sistema predominantemente de carácter p de un átomo. Esto significa que la expansión de LAPW es grande. Será entonces ventajoso tomar  $E_0$  cerca del centro de la banda-p. Podemos hacer esto para cada estado ( $s, p, d, f$ ) y para cada átomo. Como resultado no tendremos un  $E_0$  universal sino un conjunto de  $E_{1,l}^a$  bien elegidos con  $l$  hasta un valor 3.

Con  $E_{1,l}^a$  fijado, se pueden calcular las funciones base de una vez y para todos. Se puede aplicar el mismo procedimiento que usamos para las ondas planas. Una diagonalización dará como resultado P bandas de energía. La precisión del conjunto de ondas planas lo daba  $K_{max}$ . Para el conjunto base de APW y de LAPW se puede usar el mismo criterio. Pero es mejor criterio para juzgar la exactitud el  $R_{min}$  entre el menor radio del bollo y el  $K_{max}$ . Esto se puede entender como sigue, si el menor radio del bollo aumenta, el punto más cercano al núcleo que puede alcanzar la onda plana se aleja del núcleo. Las partes de la función que ya no necesitamos describir con ondas planas son las que describen un comportamiento brusco, más brusco que el que aparece en cualquier región fuera de las intersticiales (esto es las más cercanas al núcleo). Se necesitan menos ondas planas para describir el resto, las partes suaves de la función de onda.  $K_{max}$  se puede reducir y  $R_{min} K_{max}$  debería permanecer constante para que obtengamos una certeza semejante. Reducir  $K_{max}$  implica reducir el tamaño de las matrices y como la diagonalización de las

matrices es lo que resulta caro computacionalmente, un valor más grande de  $R_{\min}$  puede reducir significativamente el tiempo de computación. Por otro lado  $R_{\min}$  no puede ser muy grande, porque los armónicos esféricos no están preparados para describir funciones alejadas del núcleo. Comparando con un conjunto base de ondas planas, el conjunto LAPW puede ser significativamente menor. Podemos encontrar unas 195 bases para el caso que habíamos calculado 270 para las ondas planas. El tiempo de cálculo (mayormente para determinar la diagonalización) aumenta con el cubo del conjunto base, lo que hace que un LAPW sea 2 a 3 veces más rápido que ondas planas. Pero luego, en el cálculo, hay otros aspectos que van haciendo que LAPW se vuelva casi tan lento como APW.

## II. LAPW con orbitales localizados (LAPW+LO)

No se dijo explícitamente qué estados electrónicos se calculan con el método LAPW. ¿Tendría sentido calcular el orbital  $1s$  del Cu? No, porque este electrón está fuertemente ligado al núcleo y se comporta casi igual que en un átomo de Cu libre. Esos estados se llaman *estados del carozo*. El criterio es que un estado del carozo no participa directamente en las uniones químicas con otros átomos. Deben estar completamente contenidos dentro del molde del bollo de nuestro modelo. Los estados electrónicos que se salen fuera de la esfera del bollo se llaman estados de valencia, son los que participan en las uniones químicas, y son los que trata LAPW. Ocurre con frecuencia que estados con el mismo número cuántico  $l$  y diferente  $n$ , son estados de valencia. Por eso algunos estados se definen como semi-carozo. Debido a la aparición de este tipo de electrones es necesario agregar otro tipo de funciones base a las LAPW, las llamamos *orbitales localizados* (LO). Un orbital *localizado* se define para un  $l$  y un  $n$  en un átomo  $\alpha$  particular. Los orbitales localizados son cero en la región intersticial del modelo y en las esferas de átomos diferentes de  $\alpha$ , por eso se llaman *orbital localizado*. En la región del bollo del mismo átomo  $\alpha$  se usa la misma base LAPW. Los orbitales localizados no necesitan estar conectados con las ondas planas en la región intersticial, no dependen de  $K$ . Agregar orbitales localizados aumenta el conjunto de bases LAPW. Si para cada átomo se agregan estados  $p$  y  $d$  la base se expande

en  $3 + 5 = 8$  funciones por átomo en la celda unitaria. Este número es relativamente pequeño comparado con conjuntos de ondas LAPW que son de unos cientos de funciones. A causa de este pequeño aumento se aumenta también el tiempo de cálculo, pero los resultados con LO, son suficientemente mejores como para que valga la pena y se usan siempre.

## III. El método APW+lo

El problema con el método APW era la dependencia con la energía del conjunto de bases. Este inconveniente se evita en LAPW+LO a costa de usar una base mayor. En el método APW+lo las bases serán independientes de la energía y será del mismo tamaño que el del método APW. En este sentido APW+lo tiene lo mejor de ambos métodos: APW y de LAPW+LO.

APW+lo contiene dos tipos de funciones base. Las primeras son las APW que ya se describieron, con su conjunto de energías correspondientes. Estas energías ya vimos que no son una buena descripción para los autovalores.

Este conjunto se aumenta entonces con un segundo tipo de funciones. Que son las de los orbitales *localizados*, pero un tipo diferente que las que describimos en LAPW, las llamamos lo en lugar de LO. Podemos usar el mismo conjunto de energía que en APW aunque no es estrictamente necesario. Se requiere que el orbital localizado sea cero en el límite del bollo (pero no que su pendiente sea cero). Así las APW y los lo son continuos en los límites de la esfera y ambas con derivadas discontinuas. Para resultados exactos las bases APW+lo tienen un tamaño comparable a APW lo que es siempre menos que LAPW+LO. Igualmente se deben obtener los autovalores diagonalizando como en LAPW+LO.

Para terminar este análisis podemos decir que habiéndose desarrollado estos modelos que van mostrando mejoras significativas en tiempo de cálculo y exactitud de los resultados se realizan hoy en día conjuntos de base que son combinaciones LAPW/APW+lo. La razón por la que LAPW necesita un  $K_{\max}$  mayor que APW se debe a que hay estados que son difíciles de tratar con LAPW. Estos son: los estados de valencia  $d$  y  $f$ ; y los estados en átomos que tienen una esfera (del bollo) mucho más pequeña que otras esferas en la celda unitaria.

Es muy ventajoso tratar estos casos con APW+lo. ¿Por qué? Usar APW+lo para un estado significa agregar  $2l+1$  orbitales localizados por átomo. Esto hace que el conjunto base de APW+lo para el mismo  $R_{\min} K_{\max}$  sea considerablemente mayor que una base LAPW. Pero esto se ve compensado porque el  $R_{\min} K_{\max}$  es bastante menor para obtener muy buenos resultados, igualmente es bueno agregar estas funciones sólo cuando es estrictamente necesario. Esta aproximación da lugar a una mezcla de bases LAPW/APW+lo.

## Conclusiones

El progreso notable en la arquitectura, capacidad y velocidad de las computadoras lleva a obtener un desarrollo continuo de los métodos de mecánica cuántica, permitiendo llevar a cabo cálculos en sistemas cada vez más complejos. Los métodos de pseudo potenciales se usan para celdas unitarias de unos 400 átomos y se han realizado cálculos *ab initio* en moléculas orgánicas. A pesar de los progresos logrados se necesitan urgentemente métodos cuánticos que converjan sistemáticamente a la solución exacta de la ecuación de Schroedinger manteniendo un esfuerzo computacional acorde al tamaño del sistema.

Hoy existe un creciente interés en las nanoestructuras, el estudio de sistemas de dimensiones muy reducidas, que presenta otro campo fascinante de aplicaciones. Esto incluye reacciones en superficie como las que ocurren en catálisis heterogénea, sensores y la degradación de materiales. Los tres desafíos críticos que guían el desarrollo de la teoría y la computación aplicada al estudio de materiales son: primero el enorme desfasaje entre las escalas de tiempo a nivel microscópico y atómico, segundo el deseo de estudiar sistemas más grandes y por último la necesidad de mayor precisión, sobre todo en el tratamiento de estados excitados. Los desarrollos más recientes en teorías como la Teoría de la Funcional de la Densidad proveen perspectivas prometedoras para las áreas que apuntan a hacer conexiones entre las ciencias del estado sólido, la ciencia molecular y la biología.

La ciencia de los materiales está encarando desafíos sin precedentes en áreas que incluyen la acumulación de energía, la microelectrónica, catálisis. Los logros experimentales y el equi-

pamiento que hoy existe hacen que se cuente con gran cantidad de datos y es necesario interpretarlos. Al mismo tiempo, se desarrollan nuevos métodos computacionales y la eficiencia del hardware y los programas crece con rapidez. Como resultado la ciencia computacional de materiales está creciendo aceleradamente.

La computación sirve a tres objetivos importantes: primero permite un análisis para la interpretación de los resultados experimentales, segundo ofrecen una guía para nuevos experimentos y tercero permiten la predicción de propiedades que pueden ser difíciles o incluso imposibles de medir.

## Referencias

- CEPERLEY D. M. AND ALDER B.J. (1980) Ground state of the electron gas by stochastic method. *Phys. Rev. Lett.* 45, 566-569.
- DREIZLER R. M. AND GROSS E.K.U.,(1990) Density Functional Theory, Springer-Verlag, ISBN 3-540-51993-9.
- FOCK, V.Z. *Phys.* 61 (1930) 126 and *ibid.* 62 173.
- HARTEE, D. R. PROC. (1928) *Camb. Phil. Soc.* 24 89.
- HOHENBERG, P. AND KOHN, W (1964) *Phys Rev.* 136 B864.
- KOHN, W AND SHAM, L. J. (1965) *Phys Rev.* 140 A1133.
- LOUCKS T. L., (1967), Augmented Plane Wave method: a guide to performing electronic structure calculations, Benjamin, New York.
- PARR R.G., YANG W., (1989), Density Functional Theory of Atoms and Molecules, Oxford University Press, New York.
- PICKETT W. E., (1989), Pseudopotential methods in condensed matter applications, *Computer Physics Reports* 9 115-198.
- PERDEW J. P., AND WANG Y., (1992), "Accurate and simple analytic representation of the electron-gas correlation energy" *Phys. Rev. B* 45, 13244 – 13249
- SCHWARZ K., BLAHA P., MADSEN G. K. H., (2002) Electronic structure calculations of solids using the WIEN2k package for material science. *Computer Physics Communications* 147, 71.

# El enfoque curricular basado en competencias: un aporte a la precisión terminológica

**Milena Ramallo, Alicia C. Di Paola**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
*milenaramallo@yahoo.com.ar*

*Recibido el 3 de Marzo del 2010, aprobado el 12 de Abril de 2010*

---

## Resumen

El análisis bibliográfico realizado sobre el currículum por competencias permitió advertir que el uso del término competencia en educación tiene un significado ambiguo y que, a pesar de ciertas constantes, no hay un consenso sobre el mismo en la comunidad educativa. Dado que la competencia se introduce en el campo de la educación desde el mundo laboral, acompañando los cambios acaecidos en el sistema productivo, la globalización, etc., la comunidad universitaria a la hora de diseñar currículum por competencias ha presentado resistencia. De ahí la necesidad de contribuir a la precisión terminológica, deslindando las ambigüedades y asumiendo críticamente las definiciones y sus marcos teóricos.

**PALABRAS CLAVES:** CURRÍCULO - COMPETENCIAS PROFESIONALES - INGENIERÍA.

## Abstract

The bibliographical analysis performed on the curriculum for professional qualifications allowed us to discover that the use of the word "qualifications" in education has an ambiguous meaning and in spite of some constants, there is no a consensus about this word in the educational community. As the word "qualifications" is introduced into the education field from the work world, accompanying the changes occurred in the productive system, the globalization, etc., when designing curriculum for professional qualifications, the university community has presented some resistance. For this reason, it is necessary to achieve terminological accuracy, clarifying ambiguities and critically assuming the definitions and their theoretical frames.

**KEYWORDS:** CURRICULUM - PROFESSIONAL QUALIFICATIONS - ENGINEERING.

## Introducción

En este trabajo presentamos una parte de las conclusiones obtenidas en el proyecto de investigación realizado en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional.

El objetivo específico de dicho proyecto fue determinar cuáles son las competencias requeridas en el área de tecnologías básicas para la formación del ingeniero mecánico. Con tal fin se indagaron y analizaron las distintas definiciones de competencia, los marcos teóricos que las sustentan y las consecuencias de los mismos para el diseño curricular por competencias.

Por otro lado el proyecto se propuso diseñar un manual terminológico atinente a competencias, en especial a competencias en tecnologías básicas de la ingeniería mecánica.

La palabra competencia tiene un significado ambiguo, aunque en el ámbito educativo hay algunos elementos invariantes alrededor de este término, no obstante, no se ha establecido consenso en la comunidad educativa sobre el mismo.

La claridad o precisión terminológica se convierte en un instrumento muy necesario cuando se realizan acuerdos nacionales e internacionales, hecho cada vez más frecuente en el mundo globalizado y debido además a la construcción de espacios regionales, como por ejemplo el Espacio Educativo Europeo, los Acuerdos en el Mercosur. Asimismo, dicha claridad puede favorecer también la construcción de consensos intrainstitucionales con otros grupos de I&D de la FRBA-UTN, o interinstitucionales como con los del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (ConFeDI).

En este artículo en primer lugar se presenta el problema de la difusión y de las resistencias al enfoque basado en competencias en el ámbito educativo, en particular en el nivel universitario. En segundo lugar se propone clarificar los distintos usos de la palabra competencia y dilucidar la asociación entre los conceptos: incumbencias y competencias educativas. En tercer lugar se analiza la definición de competencias adoptada en el *Primer Acuerdo sobre Competencias Genéricas* por el ConFeDI (2006) y a partir de su profundización, se arriba a conse-

cuencias para la implementación del diseño curricular de forma efectiva.

La importancia de la definición dentro de la teoría está lo suficientemente señalada en los tratados epistemológicos como para detenerse en ella dentro de esta investigación.

El intento de precisión que se propone abre a una cantidad de problemas más allá de lo terminológico, que van desde la finalidad de la educación hasta la política universitaria, desde problemas pedagógicos a la metodología de la enseñanza, etc. Cuestiones de enorme significación que aparecen mencionadas en el transcurso de este desarrollo pero que no serán tratadas en profundidad.

## Difusión y resistencia del enfoque basado en competencias en el ámbito universitario

¿Por qué tratar de indagar sobre competencias?

Ronald Barnett en *Los límites de la competitividad* (2001: 105) afirma que hay términos que comienzan a formar parte del nuevo *vocabulario académico* entre los que se encuentra la palabra "competencias". El propósito del autor es hacer una **arqueología socioconceptual**, es decir, mostrar cómo van surgiendo términos que se hacen hegemónicos en la educación y en la universidad en especial, y términos que desaparecen. Según él este ascenso y descenso, hegemonía y pérdida de hegemonía ponen a la luz la relación de la educación, el conocimiento y la sociedad.

Competencia y enfoque curricular basado en competencias son hoy una tendencia dominante, como lo muestran, en el caso de las facultades de ingeniería de la Argentina, los Acuerdos del ConFeDI.

*"En la actualidad es una tendencia internacional en el diseño de los planes de estudio de ingeniería el uso de las competencias como horizonte formativo. En función de futuras actualizaciones en los planes de estudio, el CONFEDI ha considerado conveniente analizar el tema en relación con la realidad nacional a efectos de que, si adopta este criterio, su aplicación revista el carácter local que mejore su eficacia"* (ConFeDI, 2006: 8).

El término competencia se introduce en el ámbito educativo a través de distintas fuentes:

1) la **productiva-laboral** que surge a partir de las transformaciones en el campo organizacional, empresarial, tecnológico y del trabajo. La educación es pensada como el instrumento indispensable para acompañar el cambio. Así en Inglaterra el Consejo Nacional para las Calificaciones Profesionales (NCVQ, sus siglas en inglés) fue creado por el gobierno en 1986. Las NVQs (National Vocational Qualifications) establecen las competencias y los niveles estándar de rendimiento para las diversas profesiones o sectores ocupacionales. También en EEUU encontramos el informe de *The Secretary's Commission on Achieving New Skills* o *Secretary of Labour's Commission Achieving Necessary Skills* de 1992 (SCANS, 1992). En Francia, según *Le Boterf* (2001) "*las gestiones y dispositivos de gestión preventiva de los empleos y las competencias (GPEC) han tenido un desarrollo importante a partir de los '80*". Por otro lado, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), referente clave en el mundo del trabajo, promueve también el enfoque por competencias; así lo muestran los 2447 artículos que aparecen cuando se busca dicho término.

2) la **político-educativa** que acompaña la transformación del estado-nación y la creación de unidades regionales, la globalización, mundialización o internacionalización del mundo. En la Comunidad Europea la Declaración de Bolonia de junio de 1999 promueve la constitución de un Espacio Educativo Europeo de Educación Superior para 2010, un espacio europeo que sea coherente, compatible y competitivo. De hecho, en marzo de 2001, las universidades europeas declararon en la Convención celebrada en Salamanca que: "*Las Instituciones de Enseñanza Superior son conscientes de que los estudiantes necesitan y reclaman titulaciones que les sirvan realmente para seguir estudios o ejercer una carrera en cualquier parte de Europa. Y la respuesta de la universidad fue el proyecto Tuning*". Varias instituciones universitarias se propusieron, aceptando el desafío enunciado en Bolonia, y elaborar un proyecto piloto llamado *Tuning*, que para sus creadores el proyecto significa "*Sintonizar las estructuras educativas de Europa*". El objetivo del proyecto consiste en "*determinar puntos de referencia para las competencias genéricas y las específicas de cada disciplina de primer*

*y segundo ciclo*" en un conjunto de ejes temáticos: "*estudios empresariales, ciencias de la educación, geología, historia, matemáticas, física y química*" (González, Wagenaar, 2003).

Acompañando esta tendencia surgen algunos proyectos en el contexto latinoamericano como el denominado Alfa Tuning América (Beneitone et al., 2007), en el que se plantea: "*Desarrollar perfiles profesionales en términos de competencias genéricas y relativas a cada área de estudios incluyendo destrezas, conocimientos y contenido en las cuatro áreas temáticas que incluye el proyecto*" y el Proyecto 6 x 4 de la Unión Europea, América Latina y el Caribe (UEALC, 2008) que se propone: "*analizar seis profesiones, a partir de cuatro ejes, con la finalidad de proponer condiciones operativas que propicien una mayor compatibilidad y convergencia de los sistemas de educación superior en América Latina y el Caribe y su comparación y acercamiento con los de la Unión Europea*". Recibe el nombre de 6x4 dado que comprende seis profesiones: Administración, Ingeniería Electrónica o similar, Medicina, Química, Historia, Matemáticas, y cuatro ejes: competencias profesionales, créditos académicos, evaluación y acreditación, formación para la investigación y la innovación.

Otro ejemplo es el del renombrado Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, o Informe PISA (sus siglas en inglés) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Cada estudio Pisa cubre las tres áreas principales de competencia: de lectura, matemáticas y ciencias naturales, aunque en cada ocasión revisa una de ellas con mayor profundidad que las otras dos (OCDE, Programa Pisa, 2006).

A estos desarrollos que otorgan un papel protagonista a las competencias se suman los aportes teórico-conceptuales y metodológicos de autores que iniciaron su indagación en la temática desde la década del '70: McClelland de 1973; Boyatzis de 1982; Middleton et al. de 1993, Bunk de 1994, Louis, Jutras y Hensler, 1996, Wittorski, 1998, entre otros, todos ellos aparecen citados en la siguiente bibliografía consultada: Bunner (1999), Mastache (2007), Perrenoud (1995) y Le Boterf (2001).

Los cambios organizacionales y tecnológicos, las transformaciones de los modos de producción,

la existencia de un mercado de trabajo duro y exigente, la Agenda Internacional de Educación Superior, proyectos, programas y organizaciones del mundo global generan una fuerza con capacidad de promover el cambio en el ámbito educativo y en la universidad en particular.

Sin embargo, esta situación, esta tendencia hegemónica obliga a las instituciones de este nivel a la realización de estudios profundos y críticos; constatar la hegemonía supone por un lado la responsabilidad de asumir el análisis riguroso de términos y teorías.

Por otro lado, las tendencias hegemónicas producen acciones contrarias y, así como se constata el avance, también se constata la resistencia de los términos y teorías dentro del ámbito académico. ¿Por qué hay resistencia?

Algunas posibles respuestas son:

- se lo visualiza como una intromisión del mercado en la universidad, una acomodación al contexto.
- se lo percibe como causa de la pérdida de la autonomía universitaria.
- puede sentirse como pérdida de lo específico de la formación en el ámbito académico y dado que la Universidad es una institución que se proyecta al futuro, el problema que se suscita al tratar de acomodarse a la demanda de contexto es cómo prever la demanda del mercado en el futuro.
- por la ambigüedad del enfoque por competencias y el significado mismo de competencia.

Podemos agregar también que el término competencia en su origen, estuvo fundamentado en un encuadre conductista que choca con ciertos modelos antropológicos y del aprendizaje existentes en la universidad.

Una posición muy interesante sobre este tema de la resistencia, es la de Perrenoud (1995). Dicho autor afirma que en el ámbito educativo la resistencia proviene fundamentalmente por las diferencias alrededor de un tema esencial: **el fin de la educación**. Aquellos, para quienes el fin de la educación es la formación humanística –sean estos de izquierda o de derecha– rechazan la introducción del enfoque de las competencias por considerarlo una invasión

del mercado en la educación.

En cambio, la aceptan quienes propugnan la vinculación educación-trabajo o los que sustentan una concepción utilitaria de la educación.

### Competencia es un término ambiguo

Corrientemente se suele usar el término competencia como un adjetivo que califica a una persona, Fulano es muy competente en su trabajo, o en su forma negativa Fulano es incompetente para esa tarea, o califica la capacidad, habilidad de alguien en relación con una actividad y situación. Competencia también se usa para indicar actividades deportivas.

Cuando se dice por ejemplo que el ingeniero mecánico tiene competencias para diseñar y construir calderas, **competencia** se entiende como sinónimo de **incumbencia** e implica una cuestión legal en relación con el título.

Dado estos usos y para evitar la confusión una de las soluciones es especificar, por ejemplo competencias educativas, competencias profesionales o competencias deportivas pero lo más significativo para el tema es profundizar la distinción entre incumbencia-competencia.

### Incumbencias

Así como se señaló que competencia es uno de los términos que empiezan a formar el nuevo vocabulario universitario, incumbencia tuvo su momento de aparición y ¿decadencia?

Se investigó cuándo apareció en la educación argentina este término, cómo fue entendido, y se encontró un número muy reducido de fuentes bibliográficas sobre el tema. Un artículo en el cual se intentó historiar la aparición y evolución del mismo, es: Las incumbencias de Emilio Mignone, UBA- Centro de Estudios Avanzados- 1994?<sup>1</sup>

Mignone realiza una primera distinción entre habilitación e incumbencia. La habilitación designa los efectos jurídicos del aprendizaje: a) "derecho a pasar de un establecimiento educativo a otro; b) derecho a proseguir estudios superiores; c) derecho a ejercer al término

<sup>1</sup> si bien la fecha de publicación figura con un signo de interrogación, con seguridad no es posterior a la aparición de la Ley 24.521 -20 de junio de 1995, inclusive podemos afirmar que la intencionalidad del artículo es ejercer influencia sobre la futura Ley de Educación Superior.

de los estudios determinadas actividades profesionales cuya reglamentación se ha reservado el Estado”.

En cambio por **incumbencia** entiende a las **actividades profesionales concretas para las cuales habilita el título**.

El término **incumbencia**, según el autor, aparece en la literatura educativa argentina a mediados de la década del '70 en el Decreto 939/75 art. 1, en la Resolución Ministerial 931/75 que establece incumbencias para la Licenciatura en Tecnología Industrial y luego la Ley de universidad 22207/1980 comienza a fijar incumbencias: *"El inciso d) del artículo 51 dice que corresponde a su Consejo Superior "proponer al Ministerio de Cultura y Educación la fijación y el alcance de los títulos y grados y, en su caso, las incumbencias profesionales de los títulos correspondientes a las carreras"*.

En la breve historia sobre el tema Mignone sostiene que las universidades en su origen, otorgaban títulos académicos y la habilitación profesional la otorgaba el estado o las corporaciones profesionales.

Fue Napoleón el que hace de las universidades instituciones estatales y desde ahí comienzan a otorgar el título y la habilitación.

En la tradición inglesa se mantiene la institución medioeval y en menor medida lo hacen las universidades en Alemania. La tradición francesa fue el modelo que siguió nuestro país.

Mignone enumera todas las leyes sobre universidad desde la ley Avellaneda Nº 1597/1885, para mostrar que las universidades otorgaban título o grado académico y habilitación profesional. Aunque, a partir de la ley 22207/1980 comienza a intervenir el Estado a través del Ministerio de Educación (ME): *"El Consejo superior de las universidades propone al ME la fijación y alcance de los títulos y grados académicos y en su caso las incumbencias profesionales"*.

En ese momento había aparecido ya el tema de la validez nacional de los títulos y también el tema del alcance de los mismos.

En la Ley de Ministerios de 1973 se determina

que el Ministerio de Educación tiene la facultad de reglamentar las profesiones que requieren títulos de validez nacional, habilitaciones e incumbencias. A partir de este hecho se pretende fijar incumbencias para todas las carreras universitarias y terciarias, decisión ésta fuertemente cuestionada por Mignone.

Por el contrario para él las universidades deberían otorgar títulos académicos con validez nacional sin necesidad de aprobación por parte del Ministerio de Educación; el currículo universitario tendría que ser evaluado periódicamente; se debería establecer un régimen de habilitación profesional a cargo del Estado para las actividades que comprometan la salud, la seguridad, los bienes o los derechos de los habitantes. Esto le daría a las universidades más autonomía académica pero al mismo tiempo exigiría la distinción entre título académico y habilitación profesional y, la organización de un régimen de habilitación profesional que estaría a cargo del Estado en colaboración con los sectores interesados: universidades y corporaciones profesionales.

En 1995 se promulga la Ley de Educación Superior, 24521. Su Art. 43 dice: *"Cuando se trate de títulos correspondientes a profesiones reguladas por el Estado, cuyo ejercicio pudiera comprometer el interés público poniendo en riesgo de modo directo la **salud, la seguridad, los derechos, los bienes o la formación de los habitantes**<sup>2</sup>, se requerirá que se respeten, además de la carga horaria a la que hace referencia el artículo anterior, los siguientes requisitos: a) Los planes de estudio deberán tener en cuenta los contenidos curriculares básicos y los criterios sobre intensidad de la formación práctica que establezca el Ministerio de Cultura y Educación, en acuerdo con el Consejo de Universidades; b) Las carreras respectivas deberán ser acreditadas periódicamente por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria o por entidades privadas constituidas con ese fin debidamente reconocidas. El Ministerio de Cultura y Educación determinará con criterio restrictivo, en acuerdo con el Consejo de Universidades, la nómina de tales títulos, así como las actividades profesionales reservadas exclusivamente para ellos"*.

La Resolución Ministerial Nº 1232/01 fija, en

<sup>2</sup> El resaltado en negrita es nuestro con la intención de señalar lo que se agrega en relación con lo que señala Mignone.

cumplimiento del art. 43 de la Ley 24521, entre otras cosas las **actividades profesionales** para el caso de cada una de las ingenierías, actividades que son recuperadas y transcritas en ordenanzas y establecidas por las instituciones universitarias. Así por ejemplo el Consejo Superior Universitario de la Universidad Tecnológica Nacional fija en su Ordenanza 1027/04 las actividades profesionales o "incumbencias" reservadas para el título de Ingeniero mecánico estableciendo el alcance (la inclusión) de las tareas profesionales y los trabajos que comprende dicha profesión.

En la Resolución Ministerial 284/09 se afirma que fueron presentados ciertos expedientes por los cuales se realizaron planteos sobre el alcance de algunas **competencias profesionales** reservadas a los títulos de Ingeniero civil y de Ingeniero agrimensor incluidos en el régimen del artículo 43 de la Ley N° 24521 por las Resoluciones Ministeriales Nros. 1232/01 y 1054/02 respectivamente y resuelve en el art. 1° Establecer que la expresión "trabajos topográficos y geodésicos" incluida en la Resolución Ministerial N° 1232 de fecha 21 de diciembre de 2001 (Anexo V-4) no incluye la realización de mensuras. En síntesis: se fijan las actividades profesionales para el ingeniero civil y el ingeniero agrimensor, estableciendo que el primero no puede realizar mensuras.

Como puede observarse en la Ley 24521, la Res. Min. 1232/01, la Ordenanza C.S. 1027/04 y la Res. Min. 284/09 se usan las palabras: **actividades profesionales, competencias profesionales e incumbencias** como **sinónimos**, cuestión ésta que conduce nuevamente a la falta de claridad y a la necesidad de establecer precisión. Sobre este punto y para evitar la ambigüedad es preferible usar incumbencia para referirse a las actividades profesionales del título **fijadas legalmente**.

Otras preguntas se abren más allá de lo terminológico alrededor de la palabra incumbencia: ¿es necesario fijar incumbencias?, de ser necesario ¿quién debería fijarlas, el Estado, las Asociaciones profesionales?

Sartor & Páez (2006: 3) responden que sería necesario reemplazar el sistema "tradicional" de las incumbencias dado que la actuación profesional -en escenarios como el de la inge-

niería- se ha diversificado, presenta un carácter cambiante y además ha ido coevolucionando con el campo de actuación de otras profesiones. Según estos autores el enfoque de las incumbencias "se basa en conceptos de aprendizaje reproduciendo la estructura de las ciencias sobre las que se apoya la Ingeniería, como una acumulación de contenidos teóricos, que sucesivamente van estructurando el cuerpo de conocimientos necesarios para el trabajo profesional. Según estos contenidos, el aprendizaje "adquirido" en la etapa de formación de grado delimita las posibilidades laborales por medio de la definición de las incumbencias profesionales".

Mignone (1994: 27-28) responde que el Estado debería sólo intervenir en profesiones que comprometan **la salud, la seguridad, los bienes o los derechos de los habitantes** y no invadir "el campo de las actividades que no solo no requieren la habilitación profesional sino que (...) exigen la más amplia libertad de acción, de aplicación práctica y de expresión (...) para utilizar la popular expresión y feliz terminología del autor estadounidense Robert B. Reich, a las tareas que requieren el uso de la abstracción y de sus símbolos (symbolic-analytic service) cada vez más indispensables, como éste lo demuestra, en el mundo contemporáneo (...) la fijación de incumbencias (y en su caso habilitaciones profesionales) para las actividades que por su naturaleza y finalidad no requieren reglamentación resulta totalmente inoperante e inaplicable".

Las cuestiones antedichas son tenidas en cuenta en la Res. Min. 1232/01 debido a que en uno de sus considerandos afirma que "(...) dadas las particularidades de la dinámica del sector; los vertiginosos cambios tecnológicos; los fenómenos de transversalidad que se dan en la mayoría de los hechos productivos determinan la **imposibilidad de atribuir en esta instancia del ejercicio de las actividades profesionales a cada uno de los títulos mencionados en forma excluyente, razón por la cual la fijación de las mismas lo será sin perjuicio que otros títulos puedan compartirlas parcialmente**".

De lo anterior se desprende que por el desarrollo tecnológico, los cambios epistemológicos, las formas nuevas de organización del trabajo y las características de los puestos de

trabajo sería necesaria una revisión del sistema de incumbencias, pero la Res. Min. 284/09 nos alerta sobre la necesidad de focalizar la mirada alrededor de un actor fundamental: **los intereses profesionales.**

### **La definición de Competencia del ConFeDI**

A la pregunta cómo se forma un ingeniero competente, o cuáles son las competencias que debe contribuir a formar una facultad para que pueda ser de excelencia o exitosa o acreditada, cabe formular otra con anterioridad ¿qué se entiende por competencia?

En el principio de este artículo se distinguieron los distintos usos que de esta palabra se hacen y se intentó clarificarlos, en especial en la diferencia entre incumbencia y competencia.

En este apartado se profundizará la definición de competencia que adopta el ConFeDI.

Son múltiples las definiciones de este término y todas de ellas se inscriben dentro de un marco teórico que puede ser: conductista, cognitivista o constructivista y en cada uno de ellos pueden a su vez, encontrarse distinciones. El asumir un marco teórico y su definición trae consecuencias en la realización del currículo, de la evaluación y de la posibilidad de que sea adoptado en forma real por los profesores.

La definición que adopta el ConFeDI de competencia está fundamentada en los aportes que efectuaron P. Perrenoud y G. Le Boterf.

*"Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales" (ConFeDI, 2006: 8).*

Philippe Perrenoud (1995; 2004), se sustenta en Piaget y Bourdieu.

- En Piaget porque supone que, a lo largo del desarrollo, el sujeto va construyendo, en un proceso de interacción con los objetos y mediante la experiencia de accionar sobre sí mismo, determinadas estructuras organizadas en

esquemas de acción. La competencia es una construcción.

- De Bourdieu toma la noción de habitus, término que traduce la voz griega *hexis* (ἕξις) cualidad o modo de ser, no es sólo algo individual sino que enlaza lo subjetivo con las estructuras objetivas." Según Gutierrez (1994), Bourdieu en *Le sens pratique*, transforma el concepto de habitus de tal manera que rescata la noción de invención, la dimensión de agente que tiene el sujeto, e introduce la idea de juego y de estrategia. En función de esto, aparece la posibilidad de transformar las prácticas sociales. Cabe destacar que el juego y la estrategia se distancian en la concepción de Bourdieu de la teoría de la elección racional de corte eminentemente individualista y racional.

El esquema es, para Perrenoud, una totalidad construida que sirve de base a la acción u operación singular, las competencias complejas ponen en juego varios esquemas de pensamiento, acción, valoración, percepción. Para llegar a esto es necesaria la experiencia.

La formación de la competencia requiere experiencia y aprendizaje, por esto se distingue de la noción de competencia de Chomsky.

Por otro lado y tal vez lo más importante de destacar es que Perrenoud supone que se puede distinguir con claridad la competencia de la inteligencia propia de cualquier individuo, por eso el énfasis en el aprendizaje. En este sentido, la Competencia se forma y es una construcción del sujeto. Por esta razón, Perrenoud se aleja tanto del conductismo y de la pedagogía por objetivos como de la concepción cognitivista y la programación neurolingüística.

Guy Le Boterf (2001) sostiene que la noción de competencia supone conocimientos y esquemas de acción que se conjugan en una situación concreta. Dichas situaciones pueden ser estándares o nuevas, o sea, una persona es competente si puede transferir conocimientos a situaciones estándares y nuevas, si puede movilizar recursos. Para el autor, las competencias se constituyen en un saber combinatorio, saber movilizar recursos, donde el sujeto es el centro de la competencia, ésta no puede dissociarse de él. Como sujeto constructor de competencias, *"combina y moviliza recursos*

*incorporados (sabe hacer, tiene experiencia, conocimientos) y redes de recursos de su entorno (banco de datos, redes profesionales)" (Le Boterf, 2001: 44).*

La competencia es poder movilizar los recursos: conocimientos-procedimientos-actitudes pertinentes a una situación. Y aquí se distinguen tres términos: competencia-situación-recursos movilizables. Según este autor, *"la persona competente es la que sabe construir a tiempo competencias pertinentes para gestionar situaciones profesionales que cada vez son más complejas"* (Le Boterf, 2001: 54).

Para este autor desde la década del '70 hasta el '90,

**SER COMPETENTE**  
**saber + saber hacer + saber actuar**

Hoy

**SER COMPETENTE**  
**querer + poder movilizar recursos**  
**saber + saber hacer + saber actuar**  
**para resolver la situación problema**

Las consecuencias que se extrajeron a partir de esta última definición y del aporte de Perrenoud son:

- **La importancia de las disciplinas**

El enfoque de las competencias no disminuye el valor de las disciplinas.

Perrenoud (1995) critica la organización del currículo a través de las competencias transversales o lo que él llama "sopa transdisciplinaria o transversal" porque debilita la formación por competencias, en cambio los límites demarcatorios de cada disciplina y sus confluencias intra-disciplinaria la favorecen.

Si se asociaran competencias a familias de situaciones, sostiene dicho autor, seguramente se requerirá de varias disciplinas, entonces en una situación profesional se entrecruzan: prácticas sociales, conocimientos disciplinares, experiencia, know-how.

Le Boterf (2001) al diferenciar "recursos" de

"competencia" tampoco disminuye la importancia de los conocimientos disciplinares, por el contrario, no se podrían movilizar recursos si no se los tuviera.

- **El valor de la acción** para el aprendizaje y el papel activo del sujeto dado que la competencia es una construcción de él.

En dicha construcción cambia el papel del docente, por esta razón según Perrenoud, "la formación de competencias requiere de una "pequeña revolución cultural" para pasar de una lógica de la enseñanza a una lógica de la capacitación (coaching), basada en un postulado simple: *"las competencias se crean frente a situaciones que son complejas desde el principio (...) se trata de aprender a hacer lo que no se sabe hacer haciéndolo"* (Philippe Meirieu en Perrenoud, 1995: 72)

Esta revolución cultural requiere otorgarle importancia a la acción, aceptar que el saber se irá enriqueciendo en función de una necesidad real. El papel de capacitador consiste en realizar sugerencias y conectar los saberes y las situaciones concretas, y es relevante contar con una práctica profesional para discernir dónde utilizar los saberes en acción.

- **La creación de situaciones cercanas a la realidad favorecen la construcción de competencias.**

Si la competencia es una construcción del sujeto donde se evidencia la movilización de recursos frente a una situación dada, y el docente debe asociar su rol más al de *"coaching que al de magíster"*, -todo da a entender que no se podrían enseñar las competencias-, entonces el desafío pasa por proponer situaciones que puedan ser "facilitadoras" de la construcción.

Las propuestas de desarrollo de proyectos, el análisis de casos reales o lo más cercano a la realidad posible, el planteo de situaciones-problema concretas son algunas de las formas posibles de implementación de la enseñanza basada en competencias.

- **La forma de entender la resolución de problemas**

Una cuestión muy importante y primordial según Perrenoud es clarificar qué debe entender-

se por resolución de problemas, dado que ésta pretende contribuir a la construcción de competencias. Este autor habla de **situación-problema**, para ser "realista" un problema debe estar, en cierta medida, "enquistado" en una situación que le da sentido. Según Perrenoud por ejemplo la resolución de la situación se debería plantear tal como si estuvieran trabajando en la empresa, es decir, buscar una situación y resolución real. A modo de ejemplo, se presenta un enunciado de un problema estándar tal como hoy se desarrolla en la enseñanza de la ingeniería<sup>3</sup>:

El problema: calcular el diámetro que debe tener el árbol de un motor determinado para transmitir potencia a un mecanismo dado. Para resolver el problema se necesitan integrar: movilizar conocimientos teóricos y procedimentales.

En la práctica real del ejercicio de la ingeniería, en el mercado en el cual tendrán que desempeñarse no se encuentran barras de un determinado material para ese diámetro calculado, y dependiendo de lo que se le ofrezca, el ingeniero deberá decidir si mecaniza las barras de diámetro superior al calculado o somete a tratamientos térmicos barras de diámetros inferiores al obtenido por el cálculo para conseguir aumentar su resistencia a la tensión principal para la cual se dimensionó. Se le presentará también el problema de encontrar rodamientos que puedan adaptarse al diámetro de dicho árbol.

En esta última situación tendrá que movilizar no sólo los recursos específicamente tecnológicos sino otros como los sociales, económicos, toma de decisiones, análisis situacional, actitudes de responsabilidad profesional, trabajo en equipo e interdisciplinario, y de ser pertinente evaluar el impacto ambiental y social, entre otras cosas (Di Paola, Ramallo, Zummer, 2009).

En la actualidad el diseño curricular de la carrera de Ingeniería Mecánica reglamentado por la Ordenanza CS 1027/04, contempla actividades orientadas a la formación de competencias tales como: la resolución de problemas reales de ingeniería, las prácticas profesionales supervisadas, la experimentación y el estudio, el

análisis y la ejecución de proyectos.

La responsabilidad de la universidad no concluye con la formación de lo que Le Boterf (2001), llama recursos (conceptuales-procedimentales-actitudinales) sino con la creación de situaciones a través de las cuales el alumno pueda formar competencias, lo cual conlleva también al problema de cómo deben ser evaluadas, al seguimiento, a la reformulación y a la adecuación constante de las prácticas.

## Conclusiones

El recorrido y el análisis efectuado en este trabajo ha permitido distinguir ciertos tópicos, que pueden ser útiles a la hora de pensar en el diseño de un currículo por competencias.

- Clarificar los distintos usos del término competencia.
- Realizar la distinción entre competencia en educación e incumbencias proponiendo una manera de evitar la confusión entre estos dos términos.
- Analizar la definición del ConFeDI a partir de la profundización de los supuestos teóricos en Perrenoud y Le Boterf y a partir de estas consideraciones extraer consecuencias para el diseño del currículo por competencias:

- a. La manera diferente de entender "Competencia" en Educación entre los '70 y los '90.
- b. La importancia de las disciplinas.
- c. El valor de la acción.
- d. La creación de situaciones cercanas a la realidad favorecen la construcción de competencias.
- e. La forma de entender la resolución de problemas.

La aclaración del significado del término evitaría la formulación de competencias en términos de objetivos produciendo más un cambio aparente que una verdadera innovación. En el texto de Abate y Orellano (s/d: 8) Diseño del curriculum universitario por competencias (versión preliminar 8 de septiembre) publicado en la página web del ConFeDI, las autoras exponen su preocupación por la precisa comprensión de lo que significa competencia, afirman: "*En una primera aproximación a algunas experiencias que se han llevado a cabo en el*

<sup>3</sup> Este ejercicio está tomado de la presentación que efectuó este grupo de investigación en el 1º Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica realizado en octubre del 2008 (Ramallo, et al., 2008). El ejercicio muestra una propuesta metodológica de trabajo de diferentes asignaturas pertenecientes al área de las Tecnologías Básicas de la Carrera de Ingeniería Mecánica, FRBA-UTN.

*marco de las transformaciones curriculares universitarias se advierte una representación de las competencias en términos de objetivos: en este sentido son planteadas en el diseño curricular como destrezas/resultados que se espera de los estudiantes puedan poner en práctica”.*

Esta aclaración y precisión debería complementarse con la de los términos: *habilidad, capacidad, destreza, aptitud, cualificación* que suelen ir asociados y se presentan a confusión.

Es necesario tener en cuenta que para el diseño del currículo por competencias de una carrera en particular, se requiere de una visión global. Esta visión puede llevar a promover articulaciones sumamente necesarias, pero casi inexistentes en la realidad, entre asignaturas de niveles diferentes y de áreas de conocimientos también distintas, como así también a la formación de nuevos equipos interdisciplinarios o al enriquecimiento de los ya existentes. Esta visión permitiría aprovechar el diseño ya existente: proyectos, prácticas supervisadas, formación experimental, etc. y analizar en qué materias es posible promover la situación-real que posibilitaría la construcción de competencias por parte del alumno. Si bien es deseable un cambio en todas las asignaturas éste podría ir realizándose en forma gradual, de modo que además contribuya a vencer las resistencias.

Todo lo dicho hace imprescindible llegar a consensos institucionales sobre el modo de entender al currículo por competencias. Estos consensos favorecerían el diálogo institucional y la posibilidad de compartir el estudio sobre el tema.

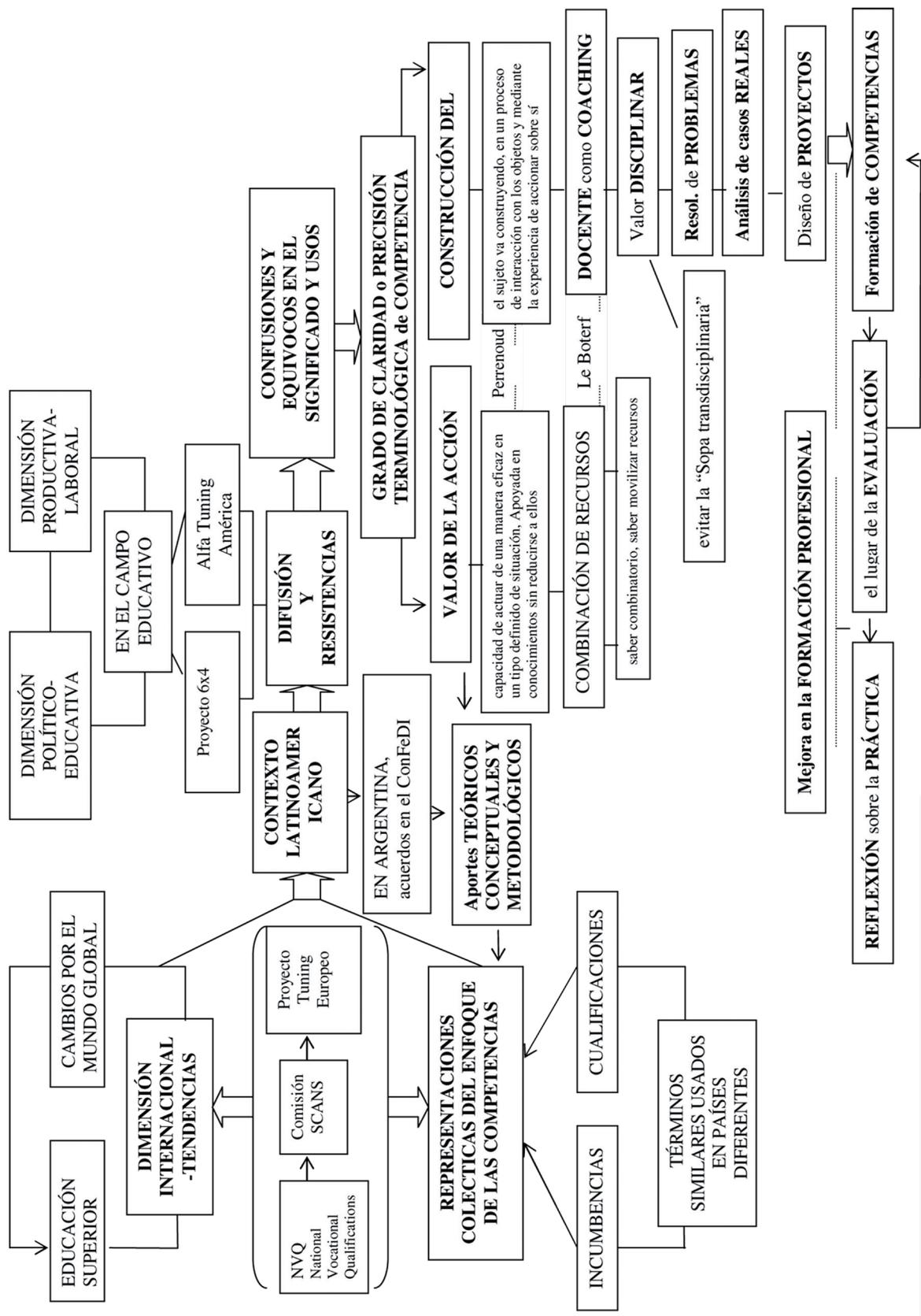
Las investigaciones que vienen desarrollándose en torno a las competencias están planteando un campo de conocimiento novedoso y controvertido, que espera ser abordado con rigurosidad y con pensamiento reflexivo, lo que supone un gran desafío. En este sentido, el enfoque por competencias está abriendo una oportunidad destinada a la reflexión sobre lo que sucede en nuestras aulas universitarias, en cuanto a la formación académica, los diseños curriculares, las prácticas concretas y las modalidades de la evaluación.

Por último si se asume la definición del ConFeDI debería revisarse la formulación de competencias en forma de listado. Según Le Boterf

(2001: 42) *“en la mayor parte de los casos se observa una asimilación de la competencia a un saber hacer fragmentario que se convierten en listas heteróclitas e interminables en las que la competencia, reducida a migajas, escapa a cualquier tratamiento operativo y pierde todo su sentido. La lógica de la descomposición mata la competencia”*, y sostenemos que dificulta su clara comprensión. La preocupación pasaría por distinguir y atender a cuáles son los recursos y las situaciones reales profesionales a partir de las cuales el alumno tendría la posibilidad de construir las competencias en vez de formar largas listas enunciativas.

Como cierre de este trabajo, se presenta a continuación, una red de conceptos propia del enfoque curricular por competencias a través de la cual pretendemos sintetizar la mirada que logramos construir sobre el tema.

# RED DEL ENFOQUE CURRICULAR DE COMPETENCIAS



## P A N O R A M A E N E L N I V E L U N I V E R S I T A R I O

M. Ramallo, A. C. Di Paola - El enfoque curricular basado...

Fuente: Elaboración propia sobre recopilación bibliográfica, año 2010.

## Referencias

- ABATE, S. M.; ORELLANO, V. (s/d) Diseño del currículum universitario por competencias (versión preliminar 8 de septiembre. Teoría y Desarrollo del Currículum, UNLP.
- BARNETT, Ronald (2001) *Los límites de la competencia. El conocimiento, la educación superior y la sociedad*. Gedisa. Barcelona.
- BENEITONE, P., ESQUETINI, C., GONZALEZ, J., MALETA, M., SIUFI, G. Y WAGENAAR, R. (2007) Informe Final-Proyecto *Tuning América Latina, 2004/2007*, Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao.
- BRUNNER, J.J. (1999) Competencias de empleabilidad. Revisión bibliográfica, 1999. Disponible en [http://www.geocities.com/brunner\\_cl/empleab.html](http://www.geocities.com/brunner_cl/empleab.html). Fecha de acceso: 25 de febrero de 2007.
- COMISIÓN SCANS (1991), *Lo que el trabajo requiere de las escuelas. Informe de la Comisión SCANS para América 2000*, Departamento de Trabajo de los EEUU, Washington.
- CONFEDI (2006, agosto), *Primer Acuerdo sobre Competencias Genéricas "2do. Taller s/ Desarrollo de Competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina"* – Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química. 3er Informe, Villa Carlos Paz.
- DI PAOLA, A.; RAMALLO, M.; ZUMMER, M. (2009, noviembre) El enfoque basado en competencias ¿una forma de repensar el currículo en la universidad? Ponencia presentada en el VI Encuentro Nacional y III Latinoamericano "La Universidad como Objeto de Investigación", UNIVERSIDAD, CONOCIMIENTO Y SOCIEDAD: INNOVACION Y COMPROMISO, Universidad Nacional de Córdoba, 12, 13 y 14 de noviembre de 2009. ISBN: 978-950-33-0746-5
- GONZÁLEZ, J. Y WAGENAAR, R. (2003) *Tuning Educational Structures in Europe*. Informe final-Proyecto Piloto, Fase Uno. Bilbao: Universidad de Deusto.
- GUTIERREZ, A. B. (1994) *Pierre Bourdieu: las prácticas sociales*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- LE BOTERF, G. (2001) *Ingeniería de las competencias* (1º edic. en español). Ed. Gestión, Barcelona. Ley de Educación Superior 24521 de 1995.
- MASTACHE, A. (2007) *Formar personas competentes Desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales*. NOVEDUC. Bs. As..
- MIGNONE, E. (1994) *Las incumbencias. Documento 1/94*. Buenos Aires: Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires.
- ORDENANZA CS UTN N° 1027/04 adecua el Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Mecánica, Consejo Superior Universitario, Universidad Tecnológica Nacional.
- PERRENOUD, P. (1995) *Construir competencias desde la escuela*, Ed. J.C. Sáez, Stgo de Chile.
- PERRENOUD, P. (2004) *Diez nuevas competencias para enseñar* (1º edic. en español). España: Graó, Biblioteca del Aula. Serie Didáctica/Diseño y desarrollo curricular.
- Programa Pisa de la OCDE, Qué es y para qué sirve (2006). Disponible en: <http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/58/51/39730818.pdf>. Fecha de acceso: febrero de 2010.
- Proyecto 6x4 UEALC (Unión Europea, América Latina y el Caribe). Disponible en: <http://www.6x4uealc.org/site2008/indice.htm>. Fecha de acceso: enero 2010.
- RAMALLO, M., DI PAOLA, A., DE CABO, J.C., PLAUN, L., FERRÉ, N. Y BECERRA, R. (2008, octubre). Competencias: otra forma de estudiar ingeniería mecánica. Ponencia presentada en el 1er Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. 1, 2 y 3 de octubre, Bahía Blanca, Argentina. ISBN: 978-987-655-010-9
- Resolución Ministerial N° 1232/01 Ministerio de Educación – Profesionales reguladas por el Estado, inclusión de Ingeniería Aeronáutica, en Alimentos, Ambiental, Civil, en Electricidad, Electromecánica, Electrónica, en Materiales, Mecánica, en Minas, Nuclear, Petróleos, Química. Sancionada en el marco del artículo 43 de la Ley de Educación Superior N° 24521.
- Resolución Ministerial 284/09.
- SARTOR, A. S., PAEZ, O. H. (2006, septiembre) Formación Profesional en la Universidad. Ponencia presentada en V Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería, 6,7 y 8 Septiembre de 2006, Mendoza, Argentina.

# Secado combinado de papas

**Patricia Della Rocca, María del Carmen Gutiérrez, Juan Miguel Languasco, Rodolfo H. Mascheroni<sup>1</sup>**

Departamento de Ingeniería Química  
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires  
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

<sup>1</sup> CIDCA, Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos, (CONICET La Plata y Universidad de La Plata), Calle 47 y 116, La Plata (B1900 AJJ), Bs. As

*Recibido el 22 de Febrero del 2010, aprobado el 09 de Marzo de 2010*

## Resumen

Teniendo en cuenta los hábitos actuales de consumo de alimentos precocidos, en este trabajo se realizó el secado combinado por microondas y convección con aire caliente de papas pretratadas por deshidratación osmótica.

El uso de la deshidratación osmótica en la industria alimenticia como pretratamiento mejora la calidad del producto en términos de color, flavour y textura. La ventaja de la tecnología de secado combinado, microondas y convección con aire caliente radica en las superiores velocidades de secado alcanzadas preservando las propiedades organolépticas del producto cuando se lo compara con el secado convectivo con aire caliente o microondas solamente. Se analizó si es más conveniente trabajar con deshidratación osmótica durante 1 o 2 h y si la concentración de sal en la solución debería ser de 5 ó 10 % m/m, antes del secado combinado (microondas y convección con aire caliente). Asimismo, se estudiaron los resultados en el secado combinado a diferentes potencias: 40, 50 y 60 % del máximo, luego del pretratamiento con deshidratación osmótica durante 1 h.

**PALABRAS CLAVES:** SECADO COMBINADO - SECADO DE PAPAS - PRETRATAMIENTO POR DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA - SECADO POR CONVECCIÓN Y MICROONDAS

## Abstract

Considering the actual consumer habits for precooked food, in the present work the combined drying (microwave and hot air convection) was carried out with pretreated osmotic dehydrated potatoes.

The use of osmotic dehydration as a pretreatment in the food industry improves the product quality in terms of colour, flavour and texture. The advantage of the combined drying, microwave and convection with hot air aims at a better drying rate preserving the organoleptic properties of the product when is compared with the convective drying with hot air or microwave only. The osmotic dehydration during 1 or 2 hours and the salt concentration (5 or 10 % w/w) were analyzed, before the combined drying. Also, the results of the combined drying at different powers of 40, 50 and 60 %, after a pretreatment with osmotic dehydration during 1 hour was studied.

**KEYWORDS:** COMBINED DRYING - POTATOES DRYING - OSMOTIC DEHYDRATION PRE-TREATMENT - CONVECTIVE AND MICROWAVES DRYING.

## Introducción

La deshidratación osmótica permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad (Rastogi et al., 2002; Maldonado et al., 2008).

La fuerza impulsora para la difusión del agua desde los tejidos a la solución es la diferencia de actividad acuosa entre el alimento y la solución. Los medios de deshidratación son generalmente soluciones acuosas concentradas de un azúcar o una sal o mezclas de diversos azúcares y/o sales. Asimismo, cuando no es deseable apreciar dulzor en el alimento, como en el caso de la mayoría de los vegetales, se emplean alcoholes de alto peso molecular para reemplazar los azúcares.

Acompañando a la eliminación parcial de agua del alimento se produce la pérdida de algunos solutos solubles del mismo que son arrastrados por el agua y una ganancia de solutos por parte del alimento desde la solución. Tanto la magnitud de este fenómeno como la pérdida de agua dependen de las características del producto alimenticio: forma, tamaño, estructura, composición y tratamiento previo (pelado, escaldado, tratamiento de la superficie); de la solución: tipos de solutos, concentración de los mismos y de las condiciones de proceso: temperatura, grado de agitación de la solución, presión de trabajo y relación masa de solución a masa de producto. Por lo general, la deshidratación osmótica no disminuye la actividad acuosa del alimento de manera tal de estabilizarlo totalmente, sino que sólo extiende su vida útil. Por ello la necesidad de aplicar otros procesos posteriores como secado, congelado o liofilizado, entre otros posibles.

La pérdida de agua puede ser aproximadamente del 50-60% de su contenido inicial, existiendo entonces la posibilidad de producir significativas modificaciones en el volumen, forma y estructura del alimento. Así como también variaciones apreciables en los valores de los coeficientes de difusión y de transferencia de masa, etc., durante el transcurso del proceso.

Las principales ventajas que se adjudican a

la deshidratación osmótica como primera etapa de un método combinado de deshidratación de alimentos son (Rahman et al., 1996):

- Eficiente energéticamente puesto que se realiza generalmente en condiciones cercanas a la temperatura ambiente sin que el agua cambie de fase
- No afecta prácticamente el color, el aroma y la textura del alimento
- Es un proceso tecnológicamente sencillo
- Produce un daño mínimo en la estructura del alimento deshidratado
- Generalmente, no se requiere tratamiento químico previo
- Se retienen los nutrientes
- Puede aumentar la relación azúcar/ácido.
- La actividad de agua del alimento disminuye de manera que se inhibe parcialmente el crecimiento microbiano y se puede prolongar así la vida útil del alimento
- Disminuyen los costos de empaque y transporte al disminuir el peso por eliminación parcial del agua

## Pérdida de agua

La utilización del secado por convección con aire caliente o por microondas como tratamientos térmicos únicos, produce alimentos con algunas transformaciones que pueden atentar con la calidad final del producto. Entre ellas podemos mencionar: alteraciones en la forma y la textura del producto; composición y estructura no uniforme, quemado de algunos puntos de su superficie, cambios de sabor y aroma, modificación del color, degradación de componentes nutricionales, mala capacidad de rehidratación, etc. (Mascheroni, 2002); (Wais et al., 2005)

El objetivo del uso de métodos combinados de secado se centra en tres aspectos fundamentales:

1. Mejora de la calidad caracterizada por la

disminución en los cambios de estructura y textura y la mínima variación de sabor y aroma y obtención del color deseado.

2. Protección del medio ambiente encarada a través de la disminución del uso de energía en el proceso.

3. Algunas consideraciones económicas entre las que se incluyen la reducción de costos, utilización de equipos simples, confiables y que requieran poca mano de obra y desarrollo de procesos capaces de operar en forma continua.

### Materiales y métodos

Las papas se lavaron, pelaron y cortaron en cubos. Luego, se sumergieron en dos soluciones de distinta concentración salina: una con xilitol 40 % m/m y sal 5 % m/m y otra con xilitol 40 % m/m y sal 10 % m/m, a diferentes tiempos de exposición; 2h y 1h, respectivamente. La relación masa de solución a masa de papa empleada fue de 4, la temperatura de trabajo de 40 °C y el tamaño de los cubos 1 cm de lado para ambas experiencias. Las mismas se realizaron por duplicado.

Por otra parte, se evaluó el secado combinado luego de una hora de pretratamiento con deshidratación osmótica. Estas experiencias se llevaron a cabo utilizando microondas y convección con aire caliente para potencias diferentes de 40 %, 50% y 60%.

Luego de los distintos tratamientos todas las muestras se sometieron a una evaluación de color, sabor y punto de cocción luego de rehidratarlas en agua hirviendo durante 5 min.

Se trabajó con un equipo de microondas y convección con aire caliente marca Delonghi, modelo CH-34GCI, potencia 1000 W, capacidad 25 litros, frecuencia: 2450 MHz.

Las curvas de secado combinado (microondas y convección con aire caliente) se ajustaron con expresiones polinómicas.

### Resultados

En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados

obtenidos luego de la deshidratación osmótica de papas utilizando soluciones con 40 % de xilitol y 5 % de sal; 40 % de xilitol y 10% de sal y tiempos totales de tratamiento de 2h y 1h, respectivamente.

En la Tabla 1 se puede apreciar que el porcentaje de pérdida de peso (34.1 %) más apreciable se produce a la hora de tratamiento ya que en la hora siguiente el aumento es de sólo un 3.8 % más.

Tiempo (min)	Pérdida de peso %
60	34.1
120	37.9

**Tabla 1. Deshidratación osmótica en una solución con una concentración 40 % de xilitol y 5 % de sal durante 2 h.**

Tiempo (min)	Pérdida de peso %
30	36.00
60	42.13

**Tabla 2. Deshidratación osmótica en una solución con una concentración 40 % de xilitol y 10 % de sal durante 1 h.**

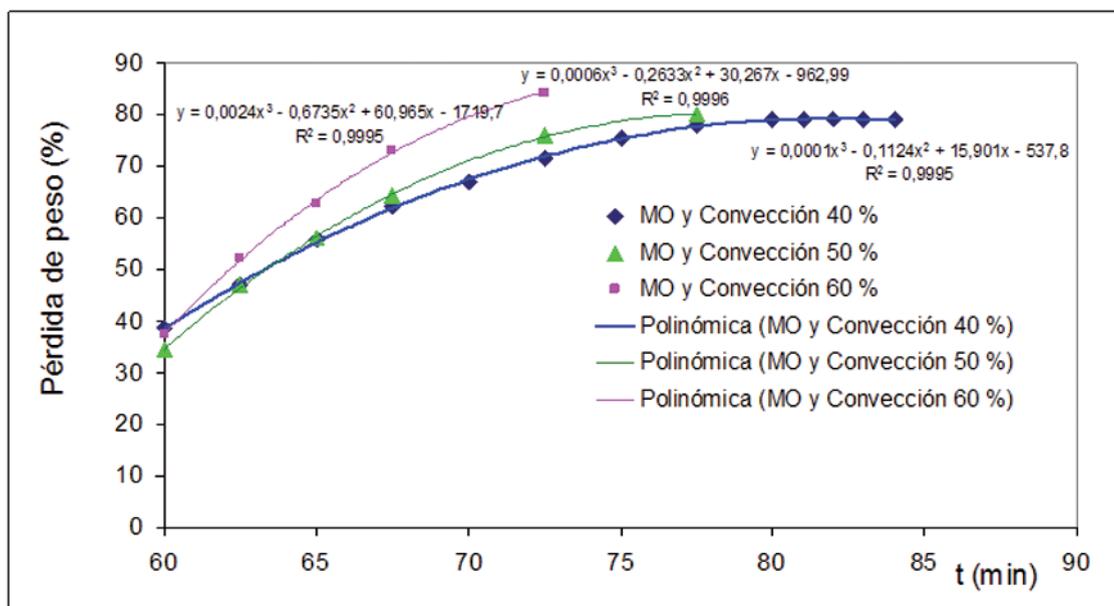
Comparando los resultados de la Tabla 1 y 2 para la hora de transcurrida la deshidratación osmótica se puede observar una mayor pérdida de peso para una concentración mayor de sal en la solución, 10 % m/m.

Para un aumento del doble en la concentración de la sal se tiene un incremento en la pérdida de peso de aproximadamente un 8 %. Siendo que este aumento no es tan significativo y que luego de un análisis sensorial el producto obtenido utilizando la solución con la mayor concentración de sal resultó ser muy salado, podemos considerar que una concentración de sal de 5 % y una hora de tratamiento parecen ser valores adecuados.

Luego de un pretratamiento con deshidratación osmótica de 1 hora se evaluaron los resultados obtenidos con microondas y convección con aire caliente (a distintas potencias 40, 50 y 60 %).

En la Figura 1 se pueden apreciar las curvas de secado para las diferentes potencias (pérdida de peso vs tiempo) y el ajuste de los datos experimentales por expresiones polinómicas.

pudo obtener un producto que pudo rehidratarse en agua hirviendo durante 5 min más aproximadamente con buenas características de cocción y propiedades organolépticas.



**Fig. 1. Curvas de secado combinado a distintas potencias (40, 50 y 60 %) luego de un pretratamiento con deshidratación osmótica.**

Se observa que se alcanzan pérdidas de peso superiores y en menor tiempo a mayores potencias de secado. La pendiente de las curvas es mayor a potencias superiores ya que el secado se lleva a cabo a mayor velocidad. La muestra sometida a microondas y convección con aire caliente (60 % de potencia) resultó ser la que llegó a su mejor punto de cocción en menor tiempo. Cuando las papas se deshidrataron osmóticamente durante 1 h y luego se sometieron a un secado combinado durante los posteriores 5-6 min a 60% de potencia, se

Para tiempos superiores a los 5-6 min de secado combinado comienzan a aparecer quemaduras en algunos de los vértices de los cubos y el color se pardea.

Los datos experimentales se ajustaron muy satisfactoriamente con expresiones polinómicas de tercer grado. En la Tabla 3 se detallan las expresiones polinómicas y el coeficiente de correlación para las distintas condiciones de secado combinado.

Secado combinado Potencias	Expresiones Polinómicas	Coeficiente de correlación (R²)
40	Y:0.0024 t³ - 0.67355 t² + 60,9675 t - 1719.7	0.9995
50	Y: 0.0006 t³ -0.2633 t² + 30.267 t - 962.99	0.9996
60	Y: 0.0001 t³ - 0.1124 t² + 15.901 t - 537.8	0.9995

**Tabla 3. Expresiones polinómicas obtenidas a partir de los datos experimentales de las curvas de secado combinado para potencias 40, 50 y 60 %.**

## Conclusiones

Las condiciones óptimas de secado resultaron ser: deshidratación osmótica a 40 °C en solución de xilitol a 40 % m/m y sal a 5% m/m durante una hora y posteriormente secado combinado con microondas y convección con aire

caliente (potencia 60 %) durante 5-6 min, más allá de este tiempo aparece el color amarronado en el producto. Este tratamiento permitió luego, rehidratar las papas en agua hirviendo en 5 min aproximadamente, logrando finalmente un producto con buenas características de cocción y propiedades organolépticas.

## Referencias

- MALDONADO, S., SANTAPAOLA, J., SINGH, J., TORREZ, M., GARAY, A., (2008) Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smilax tuberosa*), Ciencia e Tecnología de Alimentos, vol 28, N°1, Campinas, 1-9
- MASCHERONI, R.H., (2002). Estudios y desarrollos en deshidratación por métodos combinados. IX Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Buenos Aires, 7-9 Agosto de 2002. Simposio "Avances Tecnológicos en los medios tradicionales de conservación".
- RAHMAN, S. AND PERERA C., (1996). Osmotic dehydration: a pretreatment for fruit and vegetables to improve quality and process efficiency. *The Food Technologist*, 25: 144-147.
- RASTOGI, N.K., RAGHAVARAO, K.S., NIRANJAN, K. AND KNORR, D., (2002). Recent development in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*, Vol 13, 48-59
- WAIS, N., AGNELLI, M.E. AND MASCHERONI R.H., (2005). Combined osmotic dehydration-microwave drying of fruits. Application apple cubes. CD ENPROMER 2005, 4th MERCOSUR Congress on Process System Engineering, Trabajo 975, (2005).



# Referentes de calidad para la implementación de aplicaciones de la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) según IBM

**Fernanda Scalone**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires  
Dirección de Posgrado  
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
*mfscalone@yahoo.com.ar*

*Recibido el 3 de Marzo del 2010, aprobado el 12 de Abril de 2010*

---

## Resumen

Este artículo tiene como objetivo brindar una idea general acerca de los componentes o puntos de entrada de la arquitectura orientada a servicios planteados por la empresa IBM. Asimismo se analiza su relación con referentes de calidad que pueden ser tenidos en cuenta para la implementación de los mismos. De esta forma, se pretende que los componentes de esta arquitectura puedan ayudar a que las empresas apliquen un enfoque basado en la calidad de sus proyectos y que cada proyecto pueda otorgar un valor agregado empresarial real.

**PALABRAS CLAVES:** ARQUITECTURA ORIENTADA A SERVICIOS - SERVICIOS - ORIENTACIÓN A SERVICIOS - PUNTO DE ENTRADA

## Abstract

A general overview regarding the components and start points of a Service Oriented Architecture (SOA) proposed by IBM is the purpose of this article. Also its relationship with quality referents to be taken into account for a proper application is discussed. It is intended that SOA's components help companies to focus in their project quality based view and that each project yields an actual added value.

**KEYWORDS:** SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE - SERVICES - SERVICES ORIENTED - START POINT

## Introducción

### Visión general sobre SOA de IBM

Service Oriented Architecture (SOA) es una nueva manera de pensar acerca de la planificación e implementación de aplicaciones. Esta arquitectura permite que los estrategas de negocio y los profesionales de Tecnología puedan evaluar cómo su infraestructura soporta su negocio. También, permite planear e implementar una infraestructura de negocio más flexible, rápida y dinámica, ya que se adapta al negocio. Mediante SOA se pretende lograr flexibilidad y competitividad. Un negocio flexible permite responder a la velocidad del mismo, a la demanda de los clientes, a las condiciones del mercado y al ambiente competitivo. SOA requiere un cambio en la forma de pensar y un cambio de tecnología.

El "Servicio" es una tarea repetible que plantea una misma forma varias veces. Los servicios son usados para encapsular las unidades funcionales de una aplicación por medio de una interface definida de manera correcta e implementada independientemente. Los servicios pueden ser invocados por otros servicios o aplicaciones.

La "Orientación a Servicios" es una conexión de servicios y resultados asociados. Es un método que permite integrar aplicaciones de negocio y procesos. También, permite alinear el negocio y los objetivos de TI (Tecnología de la Información), de tal manera de soportar los niveles de flexibilidad y cambios requeridos en el negocio. Los procesos de negocio son establecidos en unidades de función de negocio denominadas servicios. Estos servicios son combinados en procesos de negocio de una manera flexible.

La "Arquitectura Orientada a Servicios" es un estilo de arquitectura que permite ver los procesos de negocio como un conjunto de servicios vinculados entre sí. Es un concepto de arquitectura de software que define la utilización de servicios para dar soporte a los requisitos del negocio. Permite la creación de sistemas altamente escalables que reflejan el negocio de la organización, a su vez brinda una forma estándar de exposición e invocación de servicios, lo cual facilita la interacción entre diferentes sistemas propios o de terceros.

Esta arquitectura constituye un enfoque que se vale de los estándares abiertos para que las operaciones de la empresa sean más eficientes, eficaces y fluidas. Cuando los procesos de negocios se asientan sobre una base SOA, una empresa puede lograr que sus datos y aplicaciones de software operen mejor entre las distintas unidades de la empresa y también con terceros externos. Este enfoque considera los recursos existentes a fin de contribuir a mejorar la productividad, reaccionar rápidamente a las condiciones cambiantes del mercado y aprovechar las oportunidades que se presentan.

SOA no es un producto, es el núcleo de BPM (Business Process Management) y crea un conjunto de servicios que soportan procesos de negocio. Las metas de una implantación BPM / SOA son: (1) Flexibilidad, (2) Capacidad de respuesta, (3) Optimización y (4) Efectividad en la construcción de soluciones.

La propuesta de valor de IBM respecto de BPM / SOA es: "administrar procesos, decisiones y documentar para mejorar el negocio mediante la innovación". Las organizaciones de TI deben innovar para agregar valor. Las prioridades de la innovación son: (1) Modelos de negocios, (2) Procesos de negocio y (3) Productos / Servicios. SOA es crítica para la innovación, ya que es el corazón de la innovación. SOA es una propuesta sistemática que permite integrar las aplicaciones existentes y desarrollar futuras aplicaciones. Consiste en una herramienta para el diseño de procesos de negocios. Los servicios de la aplicación pueden ser combinados para efectuar nuevos procesos o funciones de negocio.

La posibilidad de crear una independencia proceso/servicio ayuda a facilitar la correspondencia entre el modelo de proceso y la actual implementación de la empresa. El éxito de SOA comienza con una infraestructura flexible y robusta que puede ser usada en conjunto con la actual infraestructura y ventajas de la Tecnología de la Información (TI) para crear un valor de negocio adicional. También, se necesita conocimiento específico de la industria y mejores prácticas para implementar SOA en un negocio.

SOA es un modelo de componente que interrelaciona unidades funcionales diferentes de una aplicación, denominado servicios, a través

de interfaces y contratos bien definidos entre estos servicios. La interfaz se define de una manera neutral, ya que debe ser independiente de la plataforma de hardware, del sistema operativo y del lenguaje de programación en los que se implemente el servicio. Esto permite que los servicios, a pesar de su variedad, puedan interactuar entre sí de una manera uniforme y universal.

SOA surge de la necesidad de hacer que los sistemas de negocios de TI sean más ágiles con respecto a los cambios en la empresa. Al permitir relaciones fuertemente definidas, los sistemas de TI pueden obtener las ventajas de los sistemas existentes y, no obstante, la empresa puede estar lista para futuros cambios en sus interacciones. La aplicación de un modelo SOA permite analizar mejor las capacidades de negocio; y rentabilizar y facilitar la integración de aplicaciones empresariales. El resultado de SOA es una mayor eficiencia y mejor integración de los servicios de la empresa, a unos costes reducidos y de una manera más simple y eficiente. La esencia de SOA consiste en la integración e interacción de servicios tecnológicos y de negocios, de manera rápida, flexible y en beneficio de clientes y usuarios finales.

### **Componentes o puntos de entrada de soa según IBM**

Los componentes o puntos de entrada de SOA ayudan a las empresas a seguir el camino correcto aplicando un enfoque basado en proyectos y solicitando que cada proyecto pueda otorgar un valor empresarial real. Un estudio realizado mostró que las compañías encuestadas están alcanzando SOA desde los puntos de entrada de integración de personas, procesos, información, o una combinación de los tres. El objetivo es ayudar a los clientes a utilizar estos puntos de entrada con software, servicios y experiencia. También, se pretende ayudar a trazar el trabajo de base técnico para la integración de personas, procesos e información al ofrecer puntos de entrada para la conectividad y reutilización.

Los puntos de entrada de SOA son: (1) Personas: interacción de individuos y procesos, (2) Procesos: Lograr mayor eficiencia y eficacia por medio de la innovación, (3) Información: entrega de información, (4) Reutilización y (5) Conectividad.

Para integrar personas, procesos e información en la empresa, es necesario proporcionar conectividad entre los diferentes servicios en un entorno de TI. También, es necesario crear y reutilizar los servicios de manera eficiente. Con el tiempo, se deberá trabajar para crear seguridad en cada uno de los proyectos de SOA y utilizar las mejores prácticas de SOA establecidas para asegurar su vigilancia y control.

### **Colaboración entre las Personas (1)**

Las empresas que ponen su enfoque en la colaboración entre las personas están interesadas en mejorar su productividad al darles a sus empleados y asociados comerciales la capacidad para crear una forma personalizada y consolidada de interactuar con otras personas e información, teniendo en cuenta el contexto de los procesos empresariales. Sus empleados y asociados comerciales necesitan una experiencia de usuario, basada en roles, que sea intuitiva y adaptable.

Para usar este punto de entrada, las empresas deben crear una visión del proceso empresarial agregando información que tenga sentido para la gente, para así ayudarlos a tomar mejores decisiones. A medida que las empresas mejoran, el siguiente paso es utilizar tableros SOA, impulsados por alertas, que están unidos a una cantidad más amplia de procesos para una administración más estricta del performance.

La persona es uno de los ejes fundamentales en el desarrollo de una empresa, lo cual permite plantear lo siguiente: la persona establece, desarrolla y ejecuta procesos, los cuales utilizan y/o generan información. Dicha información puede servir para la toma de decisiones. El criterio utilizado por el equipo de trabajo o persona para el desarrollo de los servicios podrá determinar su reutilización y/o conectividad respectiva.

Las personas son un punto de entrada de SOA que interactúa con las aplicaciones y los servicios de información que soportan procesos de negocio. También, facilitan la toma de decisiones en tiempo real, la colaboración dinámica y la ejecución inmediata. La personas en SOA ayudan a poder lograr lo siguiente: (1) Aumentar la productividad, (2) Disminuir los costos de acceso a varias aplicaciones y fuentes de infor-

mación, (3) Disminuir el tiempo de despliegue de los nuevos servicios, (4) Aumentar el acceso a la flexibilidad del proceso y a la orquestación; y (5) Permitir la colaboración interna y externa a la empresa.

### **Administración de los Procesos Empresariales (2)**

Las compañías están interesadas en optimizar sus procesos, ejecutarlos y monitorear la eficiencia de los procesos modificados. Pero para ser verdaderamente innovadoras, las empresas necesitan asegurar que los componentes de los procesos sean completamente reutilizables, de manera que se los pueda reconfigurar veloz y económicamente para dar respuesta a las rápidas oportunidades y amenazas que suceden en un mercado cambiante.

Para hacer uso de este punto de entrada, las empresas diseñan un único proceso con baja *performance*, eliminan los cuellos de botella y simulan el proceso. Luego, ensamblan los componentes en una aplicación SOA y establecen un proceso mejorado y optimizado. Posteriormente, vinculan flexiblemente los múltiples procesos de enlace a través de la empresa y fuera de sus firewalls con sus proveedores y asociados.

Este punto de entrada provee herramientas específicas y servicios que ayudan a mejorar los procesos de la empresa. También, permite mejorar la eficiencia, flexibilidad y control de los principales procesos de negocio. El proceso en SOA ayuda a poder lograr lo siguiente: (1) Mejorar la productividad de los empleados, (2) Aumentar la colaboración entre los empleados, (3) Acelerar los tiempos en el mercado, (4) Responder rápidamente a los cambios del negocio, (5) Implementar nuevos procesos en menos tiempo y (6) Maximizar el retorno de inversión.

### **Información como Servicio (3)**

Las empresas están interesadas en mejorar su conocimiento y reducir riesgos al utilizar servicios confiables de información entregados en línea y según un contexto. Todo lo que una compañía hace se extrae de la información. La integración de la información resuelve este dilema al dar a los usuarios una única visión de la verdad.

Para hacer uso de este punto de entrada, las empresas pueden descubrir y comprender nuevas fuentes de información, relaciones y contextos empresariales, antes de habilitar estos datos de alto valor como un servicio. Posteriormente, los usuarios pueden expandir el volumen y ámbito de la información que se entrega como servicios en los procesos internos y externos.

Aunque lograr la integración de personas, procesos e información como proyectos por separado produce grandes beneficios, existe un efecto multiplicador asociado al aplicar SOA en estas áreas en forma combinada. Las empresas están continuamente mejorando y cambiando procesos, aplicaciones, bases de datos y visiones. Con SOA, todas las partes de la empresa pueden permanecer vinculadas y con soporte a través de estos cambios continuos. El efecto multiplicador ayuda a preparar a la empresa para una innovación basada en experiencias anteriores.

### **Creación y Re-utilización de Servicios (4)**

Los servicios recientemente creados y reutilizables son los bloques de construcción de SOA. La reutilización brinda a los usuarios flexibilidad a través de un ciclo reducido y la eliminación de procesos duplicados. Al habilitar los servicios de sus activos esenciales de TI, se expandirá el acceso a estos sistemas a un conjunto de aptitudes más amplio y extraerá un mayor valor de estas inversiones existentes. De hecho, un estudio realizado por Software Productivity Research determinó que reutilizar los servicios y aplicaciones existentes es cinco veces menos costoso que volver a grabarlas.

Para comenzar con este punto de entrada, se usa la administración de portfolios para considerar qué tipos de activos son necesarios para operar una empresa. Luego, se identifican los bienes de TI de alto valor existentes y se habilitan como servicios reutilizables. Probablemente no podrá satisfacer el 100 por ciento de sus necesidades empresariales mediante la reutilización, por lo que generalmente será necesario completar los espacios creando nuevos servicios.

La reusabilidad en SOA puede ayudar a lo siguiente: (1) Reducir la cantidad de código nuevo que debe ser creado para nuevas iniciativas

de negocio, (2) Disminuir el costo de mantenimiento por medio de la eliminación de sistemas redundantes, (3) Identificar funciones existentes en las aplicaciones y procesos actuales, (4) Mejorar la eficiencia, (5) Reducir los costos y riesgos, (6) Mejorar la flexibilidad del negocio y generar un retorno de inversión; y (7) Diferenciar el negocio de manera interna y externa.

## **Conectividad (5)**

Aunque en el pasado la conectividad haya sido un requisito, SOA proporciona nuevos niveles de flexibilidad a estos vínculos. La conectividad provista por SOA tiene un valor distintivo en sí mismo y como bloque de construcción para iniciativas adicionales de SOA. Existen muchas maneras de obtener el nivel de conectividad que se necesita para la empresa.

La Orientación a Servicios permite alinear el negocio y los objetivos de TI, de tal manera de soportar los niveles de flexibilidad y cambios requeridos en el negocio.

La conectividad del servicio es un punto de entrada de SOA que ayuda a simplificar el ambiente de TI con una propuesta más segura, confiable y escalable. La conectividad permite: (1) Asegurar que el flujo de información se puede usar en cualquier lugar, (2) Ejecutar procesos de negocios fuera de la compañía, (3) Establecer relaciones con nuevos socios y con los existentes, (4) Lograr que el negocio sea flexible y dinámico, (5) Disminuir las aplicaciones existentes para focalizarse en la lógica del negocio, (6) Aumentar el acceso a las funciones existentes sin realizar cambios en las aplicaciones y (7) Reducir el mantenimiento necesario cuando el negocio tiene cambios.

## **Visión general sobre referentes de calidad e ISO 9126**

El software juega un papel muy importante para el desarrollo de las organizaciones. Día tras día son liberados para su uso distintos tipos de programas para diferentes clases de clientes, los hay para cada necesidad de tal manera que resulta difícil imaginar alguna situación en la que el software no estuviera presente, dado que es uno de los componentes básicos de la tecnología que se involucra en las empresas, no sólo como soporte a los procesos de negocio, productivos y administrativos, sino como

parte integral de las estrategias corporativas para la generación de ventajas competitivas.

Es una gran oportunidad y un reto para la industria del software desarrollar las estrategias que le permitan un posicionamiento y un reconocimiento internacional con productos competitivos de exportación, lo que requerirá entre otras cosas, de la elección e implantación de un referente de calidad (Modelo o Estándar), dejando de lado la informalidad que caracteriza a nuestra industria nacional de software.

Las propuestas de acción para el fortalecimiento de la industria del software han permitido que las empresas productoras de software identifiquen, como tarea imprescindible para tener éxito, alcanzar los niveles de competitividad de las organizaciones extranjeras con el fin de lograr una certificación. Esta búsqueda de reconocimiento internacional de calidad, que se ha iniciado en algunas empresas del sector, permitirá enfrentar los mercados con mayores posibilidades de éxito y abrirá las puertas para que otras empresas se animen a estos procesos y surja un alto interés y compromiso en la incorporación de Referentes de Calidad tales como Modelos o Estándares de Calidad del Software.

Los Modelos de Calidad son documentos que integran la mayor parte de las mejores prácticas, proponen temas de administración en los que cada organización debe hacer énfasis, integran diferentes prácticas dirigidas a los procesos clave y permiten medir los avances en calidad. CMMI para desarrollo, adquisición y servicios son algunos de los modelos de calidad existentes.

Los Estándares de Calidad son aquellos que permiten definir un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software. Los estándares suministran los medios para que todos los procesos se realicen de la misma forma y son una guía para lograr la productividad y la calidad. Las normas ISO y los estándares IEEE son algunos de los estándares existentes.

Los Referentes de calidad permiten que las Empresas de Software realicen sus tareas y funciones teniendo en cuenta la Calidad. Cualquier organización que se dedica a la investigación, producción y comercialización de software debe

considerar la calidad, hoy con más razón, donde existe un mercado en el cual el cliente es cada vez más exigente, no sólo en lo que se refiere al precio, sino sobre todo, en cuanto a los servicios y a la confiabilidad que brindan los productos de software y/o servicios. La calidad desempeña un rol determinante para la competitividad de la empresa. Cuando una empresa está funcionando y decide implantar un referente de calidad, es señal que la empresa tiene el propósito de permanecer y crecer en el mercado, ser competitiva, proteger los intereses de los accionistas, cuidar la fuente de trabajo y mejorar la calidad de vida de su personal.

Existen referentes de calidad que se aplican a nivel software. Uno de ellos es la norma ISO 9126, la cual plantea un conjunto de atributos que tienen impacto en la capacidad del software de mantener su nivel de desempeño dentro de las condiciones establecidas por un período de tiempo.

ISO 9126 tiene 4 partes:

1. Modelo de Calidad – ISO 9126-1:2001
2. Métricas Externas, las cuales miden el software en sí mismo (Calidad Externa – Ambiente de Prueba) – ISO 9126-2:2003
3. Métricas Internas, las cuales miden el comportamiento del sistema (Calidad Interna – Ambiente de Desarrollo) – ISO 9126-3: 2003
4. Calidad en Uso, el cual mide el efecto de usar el software en un contexto específico (Ambiente de Producción) – ISO 9126-4: 2004

La calidad externa evalúa que el software satisfaga las necesidades del usuario teniendo en cuenta las condiciones especificadas. Esta calidad es medible en el comportamiento del producto.

La calidad interna evalúa el total de atributos que un software debe satisfacer teniendo en cuenta condiciones especificadas. Esta calidad es medible a partir de las características intrínsecas.

Las características definidas son aplicables a todo tipo de software. Las características y sub-características proveen una terminología consistente respecto de la calidad del software.

Esta Norma permite especificar y evaluar la ca-

lidad del software desde distintas perspectivas, las cuales están asociadas a la adquisición, requerimientos, desarrollo, uso, evaluación, soporte, mantenimiento, aseguramiento de la calidad, y auditoria del software. Puede ser usada por desarrolladores, evaluadores independientes y grupos de aseguramiento de la calidad. Estas personas son responsables de especificar y evaluar la calidad del software.

Para realizar la evaluación de la Calidad del Software se puede considerar la Norma ISO 9126-1:2001. Esta Norma define las características de calidad como un conjunto de atributos del software a través de los cuales la calidad es descripta y evaluada. Estas características de calidad del software pueden ser precisadas a través de múltiples niveles de sub-características.

La norma ISO 9126-1 establece 3 niveles: (1) Característica, (2) Sub-característica y (3) Métricas. Las características de calidad son: (1) Funcionalidad, (2) Confiabilidad, (3) Facilidad de Uso, (4) Eficiencia, (5) Facilidad de Mantenimiento y (6) Portabilidad.

La "Funcionalidad" (1) es el conjunto de atributos que se refieren a la existencia de un conjunto de funciones y sus propiedades específicas. Las funciones cumplen unos requerimientos o satisfacen unas necesidades implícitas. Las sub-características de esta característica son: Aptitud, Precisión, Interoperatividad, Conformidad, Seguridad y Trazabilidad.

La "Confiabilidad" (2) es el conjunto de atributos que se refieren a la capacidad del software de mantener su nivel de rendimiento bajo unas condiciones especificadas durante un período definido. Las sub-características de esta característica son: Madurez, Tolerancia a Fallas, Facilidad de Recuperación, Disponibilidad y Degradabilidad.

La "Facilidad de Uso" (3) es el conjunto de atributos que se refieren al esfuerzo necesario para usarlo, y sobre la valoración individual de tal uso, por un conjunto de usuarios definidos e implícitos. Las sub-características de esta característica son: Facilidad de Comprensión, Facilidad de Aprendizaje, Operatividad, Explicitud, Adaptabilidad al Usuario, Atractivo, Claridad, Facilidad de Ayuda y Amigable al Usuario.

La "Eficiencia" (4) es el conjunto de atributos que se refieren a las relaciones entre el nivel de rendimiento del software y la cantidad de recursos utilizados bajo unas condiciones predefinidas. Las sub-características de esta característica son: Respeto al Tiempo y Respeto a los Recursos.

La "Facilidad de Mantenimiento" (5) es el conjunto de atributos que se refieren al esfuerzo necesario para hacer modificaciones especificadas. Las sub-características de esta característica son: Facilidad de Análisis, Facilidad de Cambio, Estabilidad y Facilidad de Prueba.

La "Portabilidad" (6) es el conjunto de atributos que se refieren a la habilidad del software para ser transferido desde un entorno a otro. Las sub-características de esta característica son: Facilidad de Adaptación, Facilidad de Instalación, Conformidad y Facilidad de Reemplazo.

### Parte experimental y resultados

En esta parte del trabajo se determinan los referentes de calidad que se pueden tener en cuenta para cada punto de entrada de SOA y que se relacionan con una aplicación determinada. (Tabla 1).

<b>Colaboración entre las Personas (1)</b>	
<b>Proceso</b>	<b>Referente Asociado</b>
Planificar, medir y administrar el trabajo de los ingenieros de SW	Personal Software Process (PSP)
Evaluar y mejorar las técnicas individuales de cada persona	Personal Software Process (PSP)
Mejorar la calidad y productividad de los trabajos de los ingenieros	Personal Software Process (PSP)
Armar, guiar y administrar los equipos de trabajo	Team Software Process (TSP)
Mejorar la calidad y productividad de los equipos de trabajo	Team Software Process (TSP)
Implementar prácticas relacionadas a recursos humanos	People CMM V2.0
Organizar y mejorar la capacidad de la fuerza de trabajo según los objetivos de la empresa	People CMM V2.0
<b>Administración de los Procesos Empresariales (2)</b>	
<b>Proceso</b>	<b>Referente Asociado</b>
Evaluar los procesos que conforman la aplicación	ISO 9126-3:2003 – Sub-Característica de "Tolerancia a fallas" (2.2), Característica de "Eficiencia" (4) y Sub-característica de "Facilidad de cambio" (5.3)
<b>Información (3)</b>	
<b>Proceso</b>	<b>Referente Asociado</b>
Evaluar la calidad de los datos de una aplicación	Facilidad de acceso – Cantidad de datos apropiada – Completitud – Facilidad de comprensión – Credibilidad – Disponibilidad temporal - Facilidad de manipulación – Facilidad de interpretación – Libres de error – Objetividad – Relevancia - Representación concisa – Representación consistente – Reputación – Seguridad – Valor añadido

**Tabla 1: Referentes de calidad relacionados a los componentes de SOA.**

<b>Creación y re-utilización de Servicios (4)</b>	
<b>Proceso</b>	<b>Referente Asociado</b>
Evaluar la re-utilización de una aplicación	ISO 9126-3:2003 – Característica de "Eficiencia" (4) y Subcaracterística de "Facilidad de cambio" (5.3)
<b>Conectividad (5)</b>	
<b>Proceso</b>	<b>Referente Asociado</b>
Evaluar la conectividad de una aplicación	ISO 9126-3:2003 – Característica de "Seguridad" (1.4)

**Tabla 1. Referentes de calidad relacionados a los componentes de SOA. (Continuación)**

ISO 9126-2, ISO 9126-3 e ISO 9126-4 son normas de calidad que se utilizan en los ambientes de Prueba, Desarrollo y Producción respectivamente y tienen las mismas métricas asociadas por cada Sub-característica definida. Una vez calculada cada métrica se realiza una comparación respecto del valor especificado/ esperado por el cliente. De esta forma, se puede determinar su cumplimiento. También se calcula un promedio ponderado por Sub-característica y por Característica.

La evaluación del software que satisface las necesidades establecidas es uno de los procesos del ciclo de vida de desarrollo del software. La calidad de la aplicación puede ser evaluada por medio de la medición de atributos internos, externos o a través de la calidad en uso. El objetivo es que la aplicación tenga el efecto requerido en un contexto particular de uso.

El formulario establecido (Tabla 2) permite registrar información acerca de la evaluación de los componentes de SOA. Para cada componente de SOA se deberán establecer información referente al proyecto y a la aplicación.

Luego, se determinan las métricas que se utilizarán para efectuar la evaluación de los componentes de SOA. Existe un valor esperado de la métrica y un valor obtenido.

La no coincidencia entre estos valores genera una "Mejora". Esta mejora consistirá en una acción correctiva o preventiva, la cual será implementada posteriormente. En este caso, las métricas utilizadas corresponden a la ISO 9126-3:2003 (Ambiente de Desarrollo). Para el caso del componente "Personas" se establecerán métricas relacionadas al trabajo en equipo. (Tabla 2).

Por cada registro de información correspondiente a un componente de SOA se establece la fecha de la última actualización de la información (FUA) y el número de legajo de la persona que por última vez actualizó la información (LUA).

Luego se establecen las conclusiones de la evaluación efectuada y se determina el número del informe final, su autorización o no, fecha y responsable / firma respectiva. (Tabla 2).

De esta forma, se determina que por cada aplicación relacionada a servicios se debería efectuar esta evaluación respectiva.

## **Conclusiones**

Desde hace bastante tiempo, la calidad es un factor determinante en el desarrollo de toda empresa que tenga como objetivo ser reconocida en el mercado. La Calidad del Software, en todas sus alternativas, plantea la existencia de una concordancia entre los requerimientos planteados respecto de los obtenidos. Toda empresa que tenga como finalidad implantar SOA debería evaluar la calidad de sus procesos y de los servicios que brinda. Esto permitirá que la empresa mejore y mantenga una ventaja competitiva respecto de sus potenciales competidores.

La Administración de Servicios de TI debería tener en cuenta el concepto de calidad para la implementación de los mismos. Una implementación exitosa de un referente de calidad permitirá que la empresa pueda optimizar tiempos, costos y recursos.

La adopción de SOA en una organización permite mejorar los tiempos de realización de los

<b>EVALUACION DE LOS COMPONENTES DE SOA</b>				
Nro. Evaluación:		Fecha:	Legajo:	
Evaluación:				
Aplicación Asociada:		Subsistema Asociado:		
Sistema Asociado:		Proyecto Asociado:		
<b>Colaboración entre Personas (1)</b>				
Rol (Cantidad)	Métrica	Valor Esperado / Valor Obtenido	Mejora Asoc.	FUA / LUA
<b>Administración de los Procesos Empresariales (2)</b>				
Proceso	Métrica	Valor Esperado / Valor Obtenido	Mejora Asoc.	FUA / LUA
<b>Información (3)</b>				
Dato (Campo)	Métrica	Valor Esperado / Valor Obtenido	Mejora Asoc.	FUA / LUA
<b>Re-utilización de procesos (4)</b>				
Proceso	Métrica	Valor Esperado / Valor Obtenido	Mejora Asoc.	FUA / LUA
<b>Conectividad (5)</b>				
Proceso	Métrica	Valor Esperado / Valor Obtenido	Mejora Asoc.	FUA / LUA
<b>Conclusiones</b>				
1				
2				
3				
<b>Autorización</b>				
Nro Informe Final:	Sí: No:	Fecha:	Responsable y Firma:	

**Tabla 2. Evaluación de los componentes de SOA.**

cambios de procesos, evolucionar en los modelos de negocio tercerizados, e integrar tecnologías disímiles. Los componentes de SOA

(procesos, personas, información, reutilización y conectividad) serán establecidos y evaluados teniendo en cuenta un referente de calidad.

La evaluación de la calidad del software permite, entre otras cosas, tener una oportunidad para corregir los procesos de software que se hayan desajustado con el tiempo, cambiar la actitud del personal de la empresa y generar una cultura organizacional enfocada a cumplir con los requisitos de los clientes.

De esta manera, las empresas pueden brindar servicios que les permitan mejorar su competencia en el mercado, tener clientes potenciales y mejorar el performance de sus procesos organizacionales, para así lograr los objetivos de negocio.

## Referencias

DARMAWAN B., (June 2008) *Power Systems and SOA Synergy*, ISBN 0738485357  
BIEBERSTEIN N., (2006) *Service-Oriented Architecture Compass*, Pearson, ISBN 0-13-187002-5  
CUATRECASAS L., (2001) *Gestión Integral de la Calidad, Gestión 2000, Barcelona, , 2d ed., 356 p.,* ISBN 84-8088-609-9  
Normas ISO, <http://www.iso.org>, Febrero 2010

## **INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS**

El presente instructivo reúne las condiciones generales de presentación y formato e información general para todos los interesados en remitir sus contribuciones.

### **Presentación de los textos**

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a los miembros del Comité Editorial:

Lic. Gladys Esperanza

Lic. Juan Miguel Languasco

Mg. Fernando Gache

Facultad Regional Buenos Aires,  
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva  
Medrano 951 (C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

### **Recomendaciones generales**

Proyecciones es una publicación destinada a un público amplio, con formación específica en diferentes campos del conocimiento, que se distribuye en diversos países de habla castellana. Por tal razón, se recomienda a los autores preservar la pureza y la claridad idiomática de sus textos y evitar el uso de vocablos de uso corriente en disciplinas particulares, pero no conocidos (o con significado distinto) en otros ámbitos. Asimismo, no deberán emplearse palabras derivadas de traducciones incorrectas (por ejemplo, asumir en lugar de suponer, o librería por biblioteca) o pertenecientes a otros idiomas, salvo cuando no existan en castellano equivalencias válidas, o cuando se refieran a técnicas o procesos conocidos por su denominación en la lengua original.

Se recomienda también evitar el uso indiscriminado de mayúsculas cuando se haga mención sustantivos comunes, como por ejemplo elementos químicos o técnicas particulares.

Es conveniente, en todos los casos, efectuar una adecuada revisión ortográfica y de sintaxis de los textos antes de su envío.

### **Pautas específicas**

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño A4 (21 cm x 29,7 cm) escritas con interlineado simple, conservando los siguientes márgenes: superior e inferior, 2,5 cm; derecho e izquierdo, 3 cm; encabezado y pie de página, 1,2 cm. La fuente escogida es Tahoma, tamaño 12. Se recomienda muy especialmente a los autores respetar esta pauta, pues las conversiones posteriores desde otras fuentes, diferentes a la mencionada, pueden representar la distorsión o la pérdida de caracteres especiales, como las letras griegas. Se deberá emplear sangría en primera línea de 1 cm y alineación justificada en el texto.

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y con mayúscula sólo en la primera letra de la palabra inicial; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en itálica, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n), junto con la dirección de correo electrónico del autor principal.

A continuación, dejando tres espacios libres, el texto, en espacio simple, comenzando con un resumen de 50 a 100 palabras, en castellano e inglés, también en negrita y con tamaño de fuente 10. Luego del resumen, deberán consignarse las palabras clave que orienten acerca de la temática del trabajo, hasta un máximo de cinco. Asociaciones válidas de palabras (por ejemplo, contaminación ambiental, fluorescencia de rayos X) se considerarán como una palabra individual.

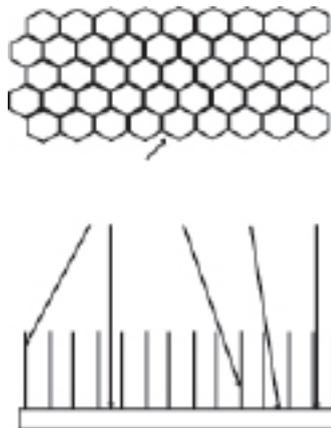
Se aconseja ordenar al trabajo de acuerdo a los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existieren) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo, en negrita y centrado, mientras que los subtítulos se consignarán en el margen izquierdo y en negrita. Ninguno de estos ítems deberá ser numerado. La extensión del trabajo no podrá ser mayor que 20 páginas.

En hoja aparte se indicará el tipo de procesador de texto utilizado y la versión correspondiente.

Los autores deberán entregar un disquete conteniendo su trabajo y diagramado en la forma propuesta para la versión final impresa.

### **Tablas y Figuras**

Las figuras deberán ser ubicadas en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y leyendas explicativas al pie. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300 ppi, en formato tif, jpg o eps. Los gráficos o dibujos se presentarán, preferentemente, en vectores (formato .cdr o .ai); en el caso de estar presentados en forma de mapa de bits su resolución en 1.1 deberá ser mayor a 800 ppi. No podrán reproducirse figuras en color.



**Figura 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (centrada, en negrita y fuente 10)**

Las tablas se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y acompañadas con un título auto-explicativo en el encabezado.

**Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 10)**

<b>Magnitud</b>	<b>Condición A</b>	<b>Condición B</b>
Magnitud A	1a	1b
Magnitud B	2a	2b

### **Agradecimientos**

Los agradecimientos deberán ser escuetos y específicos, vinculados al trabajo presentado. Serán suprimidos los de naturaleza general o no aplicables a la contribución.

## Referencias

Las referencias se consignarán en el texto indicando el apellido del autor (o primer autor, en trabajos de autoría múltiple) y el año de la publicación. Ejemplos: Gould (1958); Sah y Brown (1997); Probst y colaboradores (1997). Cuando la referencia se coloque a continuación de una oración completa en el texto, la forma indicada se convertirá en: (Gould, 1958). Las referencias múltiples se indicarán bajo un único par de paréntesis; ejemplo: (Sah y Brown, 1997; Probst y colaboradores, 1997). El ítem Referencias contendrá todas las citas consignadas en el texto, ordenadas alfabéticamente, tomando el apellido del primer autor. Los artículos incluidos en publicaciones colectivas deberán figurar en el orden: apellido e iniciales de todos los autores; entre paréntesis, año de publicación; abreviatura internacionalmente aceptada de la publicación; volumen; primera página del artículo. Las referencias a libros consignarán iniciales y apellido de todos los autores; título; página (si corresponde); editorial: Ejemplos:

**GOULD, E. S. (1958)** *Curso de Química Inorgánica*. Selecciones Científicas, Madrid, España.  
**PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997)** Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115.  
**SAH, R.; BROWN, P. (1997)** Microchem. J., 56, 285.

No deberán incluirse, bajo el ítem **Referencias**, citas bibliográficas no mencionadas específicamente en el texto del trabajo.

## Mecanismos de Aceptación y Normativa General

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, los trabajos serán enviados a los autores. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, los trabajos serán sometidos a una nueva evaluación.

El envío de una contribución para *Proyecciones* supone que ésta no ha sido publicada previamente y, adicionalmente, la cesión de los derechos de publicación por parte de los autores. Cuando el trabajo ha sido ya presentado en una reunión científica (sin publicación de actas) o inspirado en una presentación de esta naturaleza, se aconseja citar la correspondiente fuente.



## **Doctorado, Maestrías y Carreras de Especialización**

Doctorado en Ingeniería

*Mención en Procesamiento de Señales e Imágenes*

Magíster en Administración de Negocios

Magíster en Docencia Universitaria

Magíster en Ingeniería Ambiental

Magíster en Ingeniería en Calidad

Magíster en Ingeniería en Sistemas de Información

Magíster en Tecnología de los Alimentos

Especialista en Docencia Universitaria

Especialista en Ergonomía

Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo

Especialista en Ingeniería Ambiental

Especialista en Ingeniería en Calidad

Especialista en Ingeniería en Sistemas de Información

Especialista en Ingeniería Gerencial

Especialista en Tecnología de los Alimentos

## **Cursos de Posgrado**

Dirección de Empresas

Higiene y Seguridad del Trabajo

Automación Industrial

Formulación y Evaluación de Proyectos

Sistemas Integrados de Gestión-Calidad, Medio Ambiente y Salud, y Seguridad Ocupacional



## **Carreras de Grado**

Ingeniería Civil

Ingeniería Eléctrica

Ingeniería Electrónica

Ingeniería Industrial

Ingeniería Mecánica

Ingeniería Naval

Ingeniería en Sistemas de la Información

Ingeniería Química

Ingeniería Textil

## **Ciclos de Licenciatura**

Licenciatura en Ciencias Aplicadas

Licenciatura en Tecnología Educativa

Licenciatura en Gestión de la Producción Gráfica



**Proyecciones se terminó de imprimir en los talleres gráficos Forma Color  
Impresores S.R.L. Camarones 1768 (C1416ECH),  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
Abril de 2010**

