

# *Proyecciones*

Volumen 7  
Número 2  
Octubre, 2009

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Comité Editorial

Lic. Gladys Esperanza, Facultad Regional Buenos Aires

Lic. Juan Miguel Languasco, 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 7  
Número 2  
Octubre, 2009

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Proyecciones es una publicación semestral, destinada a la difusión de trabajos originados en las tesis desarrolladas en el ámbito de las carreras de posgrado que se dictan en la Facultad Regional Buenos Aires, así como de otros trabajos originales de investigación en el campo de la ingeniería, en todas sus ramas, de su enseñanza y de las ciencias conexas. 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 **Cuestiones institucionales emergentes del diseño e implementación de software para *e-learning* en el nivel universitario**  
Inés Casanovas
- 25 **Secado de papas por microondas**  
Patricia Della Rocca, Rodolfo H. Mascheroni
- 35 **La gestión del mantenimiento de activos físicos en distribuidoras de energía eléctrica de Argentina**  
José Luis Martínez
- 49 **Análisis comparativo del comportamiento reológico de bases para aderezos de ensaladas adicionados con distintos hidrocoloides**  
Agustina Zangrando, Susana Santana, Graciela Celma, Rosa M. de Breier,  
Patricia Della Rocca
- 55 **Visión general sobre la integración de CMMI SVC v1.2, ISO 20000 e ITIL v3**  
Fernanda Scalone



# Editorial

Somos muchos los argentinos que hemos aprendido a valorar la democracia no sólo como valor absoluto, sino también en forma comparativa, porque durante varios períodos de nuestra historia carecimos de ella.

Es mucho lo que se puede decir sobre la democracia desde el punto de vista formal: es posible concebirla como una forma de gobierno y de organización del Estado caracterizada por la participación del pueblo a través de sus representantes o, desde su significado etimológico, como el gobierno del pueblo. La lista de definiciones es muy larga, pero quienes vivimos épocas de autoritarismo sabemos que todas ellas contribuyen a enriquecer el concepto pero no son suficientes, porque sentimos que democracia es, mucho más que una concepción política, una forma de vida que diariamente hay que fortalecer.

El libre ejercicio de la democracia se ha cristalizado recientemente en la elección de las nuevas autoridades de esta Facultad Regional Buenos Aires. Quien ahora firma estas líneas se apresta a entregar en poco tiempo la responsabilidad de conducir esta Casa de Estudios a otro Decano, elegido de acuerdo con los mecanismos de libre participación que garantizan la representación auténtica.

Durante más de seis años he tenido la suerte y el orgullo de acompañar a cada edición de Proyecciones con las reflexiones de apertura que me unían a los lectores. Seré a partir del próximo número un lector más, que tendrá la satisfacción de haber contribuido a la creación y la consolidación de esta querida y valiosa publicación. Por tal razón, estas palabras no configuran una despedida, sino un mensaje de continuidad.

Luis Ángel De Marco  
Decano





# Presentación

Este número se inicia con *“Cuestiones institucionales emergentes del diseño e implementación de software para e-learning en el nivel universitario”*, un artículo presentado por Inés Casanovas. La autora plantea la inclusión de aspectos didácticos en metodologías de diseño de software. En una etapa inicial se busca la identificación de indicadores didácticos que ofrece la Tecnología Educativa. En una segunda etapa, la modelización del software mostró el conflicto emergente entre la especificación de requerimientos y los participantes en el proyecto.

Le sigue el aporte de los autores P. Della Rocca y R. H. Mascheroni, basado en un trabajo experimental realizado en los laboratorios de esta casa de estudios, donde se analiza la influencia de la potencia del emisor de microondas sobre la velocidad de secado (masa vs. tiempo) de papas. Posteriormente se proponen diversas ecuaciones de correlación y su ajuste. Se titula *“Secado de papas por microondas”*.

A continuación se incluye el trabajo *“La gestión del mantenimiento de activos físicos en distribuidoras de energía eléctrica de Argentina”* cuyo autor es J. L. Martínez y está basado en una tesis presentada en nuestra Facultad. En el artículo se plantea un modelo para optimizar la gestión del mantenimiento de activos físicos en empresas distribuidoras eléctricas de Argentina. Tal evaluación contempla un nuevo modelo de negocios y considera las particularidades existentes en cada caso.

El siguiente trabajo describe el comportamiento reológico de diferentes formulaciones para aderezos de ensaladas (emulsiones de aceite en fase acuosa). Todas las muestras presentaron dos comportamientos, uno de carácter pseudoplástico que se pudo describir con la ecuación de la ley de la potencia y otro tixotrópico, ya que la viscosidad aparente no estaba relacionada exclusivamente con la velocidad de deformación sino también con el tiempo. Se titula *“Análisis comparativo del comportamiento reológico de bases para aderezos de ensaladas adicionados con distintos hidrocoloides”* y son sus autoras A. Zangrando, S. Santana, G. Celma, R. M. de Breier y P. Della Rocca.

Finalmente se incorpora un trabajo basado en una tesis presentada en el nivel cuaternario de esta Facultad. Este artículo tiene como objetivo brindar una idea general acerca de CMMI for services v1.2, ISO 20000 e ITIL v3, por tratarse de tres referentes de calidad aplicables a la gestión de la calidad de servicios de tecnología de la información (IT). Este trabajo, denominado *“Visión general sobre la integración de CMMI SVC v1.2, ISO 20000 e ITIL v3 E”*, fue realizado por F. Scalone.

Una vez más deseo agradecer a los autores por el esfuerzo de síntesis de sus investigaciones y sus tesis; así como a los lectores que con su interés permanente nos impulsan a seguir creciendo en variedad y profundidad de tópicos. Este segundo volumen de nuestro sexto año ininterrumpido es prueba de ello.

Ing. Ricardo Bosco  
Secretario Académico y de Planeamiento



# Cuestiones institucionales emergentes del diseño e implementación de software para *e-learning* en el nivel universitario

**Inés Casanovas**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Escuela de Posgrado.  
Avenida Medrano 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1179AAQ, República Argentina  
Jönköping University – Jönköping International Business School  
Gjuterigatan 5 (551 11)- Jönköping, Sweden  
*inescasanovas@gmail.com*

*Recibido el 6 de agosto de 2009, aprobado el 20 de agosto de 2009*

---

## Resumen

La literatura existente sobre tecnologías de educación es poco extensa con referencia a la inclusión de aspectos didácticos en metodologías de diseño de software. En la primera etapa de esta investigación se buscó entonces la identificación y redefinición de indicadores didácticos a partir de aquellos planteados en Tecnología Educativa para su incorporación en etapas tempranas de una metodología de diseño ad-hoc. En la segunda etapa, la modelización del software mostró el conflicto emergente en la especificación de requerimientos entre los participantes del proyecto. Esta disyunción de objetivos fue minimizada para lo cual se recurrió dentro de un estudio de caso a técnicas de usabilidad y negociación

**PALABRAS CLAVES:** TECNOLOGÍA EDUCATIVA - SOFTWARE EDUCATIVO – TOMA DE DECISIÓN

## Abstract

The current literature about technology in Education was not extensive when referring to the inclusion of didactical aspects in software design methodologies. In the first phase of this research, the goal was the identification and redefinition of didactical indicators selected from the ones proposed by Technology Education to be included in early stages of an ad-hoc design methodology. In the second phase, modeling the software exposed the emerging conflict in the requirements specification among participants of the project. This disjunction in the objectives was minimized in a case study by means of usability and negotiation techniques.

**KEYWORDS:** EDUCATIONAL TECHNOLOGY - EDUCATIONAL SOFTWARE - DECISION MAKING

## Introducción

A principios de esta década, era escaso el reconocimiento que se daba a las cuestiones didácticas en el nivel universitario, específicamente en el diseño de los medios tecnológicos de educación, a lo que se sumaba la problemática de la utilización indiscriminada en ese nivel, de las avanzadas tecnologías pensadas para otros ámbitos. Existía una gran cantidad de estudios sobre la utilización de medios tecnológicos en diferentes niveles educativos (Moldstad, 1999; Pablos Ramirez, 1998; Pelgrun y Plomp, 1999), pero en ellos hay escasísima referencia al uso en nivel universitario y posterior. Curiosamente, y tomando inclusive los otros niveles de enseñanza, los aspectos didácticos de los medios era el tema menos citado. Van Emmerik y Rooijn (2000) reforzaban la recomendación de otros investigadores de abrir líneas de investigación más específicas en estrategias didácticas con el objetivo de proveer lineamientos de diseño e implementación de software educativo de nivel superior.

En esta línea, el trabajo inicial "La didáctica en el diseño de simuladores digitales para la formación universitaria de ingenieros en la toma de decisiones: un modelo teórico metodológico de diseño de simuladores de toma de decisiones basado en indicadores didácticos" (Casanovas, 2005) avanzó en la redefinición y actualización del conjunto de los indicadores definidos por la Tecnología Educativa. Esto fue posible en vista de la evolución de las tecnologías de la información y, a partir de las recomendaciones de las líneas abiertas de investigación internacionales que indicaban profundizar en trabajos más específicos sobre estrategias didácticas para proveer lineamientos a ser tenidos en cuenta en el diseño de software centrado en el aprendizaje de toma de decisiones por parte de futuros ingenieros. Por una cuestión de acotamiento del objeto de estudio, el análisis realizado en este trabajo se circunscribió a simuladores como tipo específico de software de aprendizaje, pero los resultados conformaron un marco teórico aplicable genéricamente a software de aprendizaje multimedial e interactivo, presencial o en entorno Web, en enseñanza de nivel universitario.

El resultado de este trabajo fue, además de la identificación de esta deficiencia:

a. La mencionada redefinición/actualización de indicadores, de modo que en las metodologías de diseño de software de capacitación que se propongan desde la Ingeniería del Software, pudieran ser incluidas y hagan del software producido una alternativa 'didáctica' utilizable durante la formación universitaria de los ingenieros

b. La enunciación y fundamentación conceptual de una metodología ampliada sobre la base de la anterior propuesta por Cataldi (2001), a fin de proveer un marco de diseño que tuviera en cuenta los indicadores actualizados y detallados en el punto anterior

Como hallazgo derivado de esta metodología de diseño se encontró que el desarrollo de software educativo multimedial universitario no puede ser encarado por un equipo integrado únicamente por ingenieros, analistas y programadores.

Al avanzarse en la construcción del modelo lógico como continuación del trabajo anterior, siguiendo los indicadores didácticos y la metodología propuesta en ese trabajo, se detectó un nuevo conflicto: la disyunción de los modelos conceptuales de los actores involucrados en la modelización que dificultaba fuertemente el alcance del objetivo didáctico de la aplicación.

El logro pedagógico parte de una fuerte integración de los profesionales integrantes del equipo de desarrollo. Pero en este caso, la definición del problema y el planteo de estrategias de solución requieren de profesionales tradicionalmente no relacionados con el proyecto informático: Cs. de la Educación, de la Comunicación y expertos del conocimiento a modelizar.

Estudios de casos revelan que cada uno de estos integrantes ha venido trabajando basándose en los paradigmas tradicionales que condicionan fuertemente sus modelos mentales, lo que determina imprecisiones en la asignación de roles y ámbitos de acción, así como visiones no compartidas de la problemática. En muchas ocasiones se recurrió a la construcción de prototipos, pero como se partió de requerimientos ambiguos y trabajo 'en islas', con reiterados ciclos de revisión y refinamiento, la productividad fue baja y origen de retrasos considerables.

En este escenario, el conflicto resultó claro: el equipo de desarrollo, al no comprender el entorno, no pudo asumir los roles asignados ni identificar la problemática, y por lo tanto no puede esperarse que el resultado alcance el objetivo pedagógico.

Se ha demostrado que el software multimedial que obtiene mayor aceptación por parte del individuo que aprende es aquel cuyo diseño considera fuertemente el modelo mental de éste, en relación con el que fue diseñado en base al modelo mental dominante en el equipo de desarrollo (Nielsen, 1999). Parecía entonces que la clave pasaba por los conceptos de "compatibilización" y/o "negociación" de requerimientos.

En esta segunda etapa, se planteó el estudio de las siguientes cuestiones:

- Una brecha entre el modelo mental que el usuario (alumno) tiene de los objetivos del software de aprendizaje y la forma (el cómo) de conseguirlos a través de interfaces y operaciones que no le son familiares.
- Otra brecha entre el modelo mental del usuario-universidad (representativo de los objetivos institucionales del sistema) y la del equipo diseñador desde su modelo mental (funcionalidad requerida por el usuario no entendida).
- Una falta de definición precisa de los roles de los integrantes del proyecto de desarrollo de software educativo que dificulta la comunicación y coordinación para obtener un modelo del producto que sea una visión compartida por todos los integrantes (modelos mentales disjuntos).

Solucionadas las cuestiones didácticas durante la primera etapa de la investigación, esta nueva problemática proporcionaba un giro hacia áreas relacionadas con los actores involucrados en el diseño e implementación.

### **Etapas I: El estudio de las cuestiones didácticas y la formulación de una metodología de diseño de software educativo de nivel universitario**

Se partió de la hipótesis de que dentro del conjunto de indicadores definidos por la Tecnología Educativa existían algunos adecuados

o redefinibles, para ser tenidos en cuenta en el diseño de software centrado en el aprendizaje de toma de decisiones. Estos indicadores se constituían en una alternativa didáctica facilitadora de la capacitación y experimentación durante la formación universitaria de los ingenieros. Para la primera etapa se propusieron los siguientes objetivos:

1. Identificar en el conjunto de los indicadores didácticos definidos por la Tecnología Educativa los apropiados para verificar su aplicabilidad en el diseño de software para la formación de ingenieros.
2. Redefinir, de acuerdo con los avances tecnológicos, aquellos indicadores tradicionales pero conceptualmente válidos para ser aplicables a estas herramientas.
3. Generar un modelo teórico metodológico de diseño de software de toma de decisiones donde se tengan en cuenta estos indicadores didácticos

Se construyó un marco teórico amplio que incluyó las investigaciones abiertas sobre didáctica aplicada a entornos y tecnologías multimediales de aprendizaje. El estado del arte tecnológico, los enfoques didácticos de la Tecnología Educativa sirvieron de base para el diseño de algunos modelos didácticos de enseñanza, para encuadrar la búsqueda de los indicadores mencionados y delimitar variables y relaciones. Se consideró la transición del paradigma tradicional al paradigma digital en las comunicaciones, como determinante de un nuevo tipo de modelización en el proceso de toma de decisiones.

Desde el marco de la tecnología y la disciplina HCI (Human Computer Interaction) se pudo determinar que si un software debe ser diseñado para satisfacer las necesidades del usuario, es absolutamente indispensable considerar el contexto en el que será usado (aprendizaje y formación como profesional, soporte a las decisiones etc.). Otra importante cuestión al diseñar un sistema real es el marco de trabajo interdisciplinario, para una actividad real en un entorno organizacional real.

Watzlavik y Bateson, proponen un diseño de interfaces basado en la Psicología Cognitiva (niveles de complejidad progresivos, imágenes

e iconos, red de relaciones navegacionales, modelos mentales y criterios de usabilidad). Todos estos criterios fueron adoptados en la etapa de diseño de interfaces en la metodología propuesta.

Con respecto al proceso de toma de decisiones, la globalización y el paradigma digital hicieron que las estructuras y actividades de las organizaciones cambien drásticamente. Análisis detallado de todas las opciones en menos tiempo, nuevas variables en decisiones que ya no afectan solo ámbitos locales y cambios tecnológicos y económicos vuelven a los escenarios altamente inestables. La Psicología Organizacional propone:

- el modelo racional de H. Simon (1960) que consiste en la identificación y modelización del problema, creación de soluciones alternativas aceptables y evaluación y selección de la mejor estrategia teniendo en cuenta la experiencia del tomador de la decisión;
- el modelo de Myers-Briggs (Myers, 1962) que combina la complejidad cognitiva del decisor con la orientación de sus valores (técnico-lógicos vs. sociales) y
- la perspectiva psicoanalítica y sus diferentes modelos de pensamiento (pensamiento vertical: lo correcto, pensamiento lateral: distintos ángulos, y pensamiento divergente: distintas alternativas) para una toma de decisión basada en "lo diferente".

La metodología de diseño propuesta se traduce en la adopción, según el caso, de software orientado a SBR que permite distintos caminos o alternativas (toma de decisión basada en escenarios mediante pensamiento divergente) durante la etapa de diseño de navegación, u orientado a CBR (toma de decisión basada en casos mediante pensamiento lateral) para la etapa de diseño de contenido.

La metodología de trabajo se encuadró en el enfoque cualitativo de revisión en profundidad del material aceptado por la comunidad disciplinar internacional, análisis del marco teórico y selección de indicadores, en un proceso inductivo de refinamiento iterativo. A partir de un plan inicial, el proceso se desarrolló en forma emergente a medida que se recolectaban y organizaban los datos. El enfoque holístico-interpretativo se planteó a través de múltiples perspectivas y consideración de factores diversos que permitieron la construcción de un entorno amplio de estudio.

Para la recolección de datos, y dentro del marco de la Tecnología Educativa, se tomaron como suministradores de conceptos e indicadores, los listados de Cabero Almenara (1995) y Sancho (1996) por ser los más completos y porque se encuentran incluidos total o parcialmente en los conceptos e indicadores listados con posterioridad por investigadores de las Ciencias de la Educación tales como Bou Bauza (1997), Cataldi (2001), Hannafin (1997), y Marques (1999). Posteriormente se agregaron los conceptos e indicadores de Perkins (1992) porque están planteados desde la teoría de la comprensión y son por lo tanto, complementarios a los de Cabero y Sancho.

**Los indicadores didácticos resultantes de la selección y/o redefinición**

Este marco teórico nos permitió identificar aquellos indicadores planteados tanto desde la Tecnología Educativa como desde la Pedagogía. Los mismos son válidos para el diseño didáctico de software multimedial interactivo tal como fueron definidos por estas disciplinas (Tabla 1 y 2). Además se reformularon aquellos otros que por razones del avance tecnológico han perdido vigencia pero son reutilizables (Tabla 3 y 4), alcanzándose así el primero y el segundo de

1. Calidad del sonido	7. Duración
2. Calidad y tamaño de gráficos	8. Secuenciación y estructuración de contenidos
3. Sincronización imagen-sonido	9. Originalidad de presentación
4. Calidad de uso de herramientas de diseño y construcción	10. Velocidad de presentación
5. Variedad de presentaciones	11. Intuitividad
6. Calidad de animaciones	12. Menús de ayuda

**Tabla 1. Indicadores didácticos planteados desde la Tecnología Educativa e identificados y seleccionados como actualmente válidos y utilizables para el diseño de software educativo**

los objetivos propuestos. El proceso de análisis implicó reflexión continua para realizar el proceso de clasificación y estructuración de datos.

Los resultados de la selección final son consistentes con las líneas planteadas por los investigadores reconocidos del tema.

1. Nivel de actualización de contenidos	13. Adecuación al nivel cognitivo alcanzado por el alumno
2. No redundancia de contenidos	14. Adecuación de contenidos a los requerimientos académicos
3. Calidad científica de contenidos	15. Explicitación de los objetivos o logros esperados
4. Conocimientos previos requeridos	16. Relación entre contenidos y evaluación
5. Inclusión de ejemplos y tutoriales	17. Relación entre contenidos y objetivos
6. Síntesis de aspectos significativos	18. Vinculación de conceptos nuevos y viejos
7. Favorecimiento del proceso de aprendizaje	19. Legitimar conceptos o procedimientos haciendo comprobaciones contra el resultado esperado
8. Claridad de la información	
9. Claridad de explicaciones	
10. Adaptación al currículum	
11. Adecuación a características de desempeño de los alumnos	
12. Adecuación del vocabulario al ámbito profesional	

**Tabla 2. Indicadores didácticos planteados desde la Pedagogía e identificados y seleccionados como actualmente válidos y utilizables para el diseño de software educativo**

1. Rápida respuesta a la acción seleccionada	16. Retroalimentación (poder volver atrás y plantear otra estrategia por reflexión de lo actuado)
2. Rápida respuesta a los pedidos de mayor información	17. Coherencia de estilo gráfico
3. Recursos técnicos para captar la atención (realidad virtual)	18. Zonas estables en la pantalla
4. Interacción con archivos en la Web	19. Cambios de fondos
5. Registro de paginas visitadas (en caso de enlace con Web)	20. Movimiento de ángulos de visión
6. Uso de índices de contenido disponibles	21. Uso de planos
7. Uso de hipertexto	22. Tamaño y fuentes acordes y estables
8. Información textual auxiliada por recursos multimediales	24. Descomposición del argumento (escenas no recargadas)
9. Utilización de etiquetas indicadoras de la disponibilidad de ayuda	25. Realismo del escenario simulado
10. Aptitud de uso para discapacitados	26. Encuadre (los planos de detalle aportan información relevante, se adecuan a la sensación que se quiere transmitir, los encuadres generales
11. Facilidad de aprendizaje del manejo	27. Contraste (diferencia entre fondo y objetos, opciones de menú o texto con formas y colores que resaltan)
12. Comodidad de manejo	28. Distribución (zonas diferenciadas en la pantalla, elementos que no compitan por el protagonismo)
13. Almacenamiento persistente de respuestas del usuario para deducir su comportamiento	29. Diversificación (todas las pantallas parecen diferentes)
14. Selección reflexiva de las opciones o caminos alternativos	
15. El usuario puede navegar libremente con un esquema de etapas claro para	

**Tabla 3. Indicadores didácticos planteados desde la Tecnología Informática Educativa y reformulados, en indicadores definidos en este trabajo, para el diseño de software educativo**

30.	Profundidad (uso de perspectiva para eliminar la pantalla plana)	41.	Reintento hasta alcanzar niveles adecuados
31.	Originalidad de menús y recursos	42.	Consistencia y pertinencia de los casos recuperados
32.	Es posible el trabajo colaborativo	43.	Categorización de casos: activos, archivados, no resueltos, borradores...
33.	La presentación de la evaluación es clara	44.	Identificación de preguntas o acciones que no son usadas por ningún caso
34.	Se identifica la actuación individual respecto a la del grupo	45.	Distribución de los casos (valores máximos y mínimos de un campo, la desviación estándar etc.)
35.	Los resultados de la evaluación pueden desglosarse	46.	Feedback de errores en el momento adecuado, como consecuencia de acciones o como consejo en opciones de ayuda
36.	Es posible grabar la situación y retomarla	47.	Profundización progresiva
37.	Claridad y completitud de la exposición del problema y escenarios	48.	Evaluación previa antes de hacer público el resultado
38.	Las herramientas y recursos pueden ser generados o seleccionados, organizados e integrados	49.	Los resultados de las decisiones son evidentes: cumplimiento total o parcial del objetivo, o fracaso
39.	Posibilidad de experimentación/exploración		
40.	Posibilidad de selección de métodos válidos de solución		

**Tabla 3. Indicadores didácticos planteados desde la Tecnología Informática Educativa y reformulados, e indicadores definidos en este trabajo, para el diseño de software educativo (continuación)**

1.	Alcance de logros intermedios	11.	El alumnos saca conclusiones correctas de las decisiones tomadas
2.	Información temática abundante pero no repetitiva (que permite jugar con la exploración de conceptos)	12.	Las situaciones a resolver no son demasiado fáciles o difíciles sino evolutivas (estilos, estrategias metodo lógicas, actitudes etc.)
3.	Complejidad congruente con los conocimientos informáticos previos requeridos	16.	Planteo de problemas realistas
4.	Informe del equipo de diseño sobre aspectos didácticos tenidos en cuenta en la construcción	17.	Aprendizaje autodirigido
5.	Cumplimiento de la estrategia de f formación exigida por el medio laboral	18.	Razonamiento divergente y perspectivas múltiples, especialmente para la resolución de conflictos
6.	Las problemáticas presentadas son una buena representación de la realidad profesional	19.	Pertinencia y significatividad del problema
7.	Se puede apreciar una evolución en la calidad de las decisiones por retroalimentación (se incorpora, se aprende)	20.	Características de un nuevo caso no muy similares a otros existentes
8.	Las decisiones tienen distinto peso	21.	Cantidad de preguntas (casos con pocas preguntas pueden coincidir más fácilmente y erróneamente que aquellos con muchas preguntas)
9.	Las opciones son de nivel equivalente	22.	Análisis de distribución de preguntas
10.	Se han diseñado muchos ciclos con variedad de estrategias	23.	Coherencia de subconjunto de casos

**Tabla 4. Indicadores didácticos planteados desde la Pedagogía y reformulados, e indicadores definidos en este trabajo, para el diseño de software educativo**



## La metodología de diseño de software educativo propuesta

Estos resultados fueron aplicados en el planteo de una metodología de diseño de software educativo para el tipo específico de simuladores multimediales interactivos de toma de decisión, clasificable como "ampliada" a partir de la propuesta por Cataldi (2001) y "basada en modelo" (metodología formulada desde la fundamentación teórica). Esta nueva propuesta se basa en el uso de casos que involucren al alumno en una experiencia de aprendizaje individual con el computador, tanto desde el campus universitario como a distancia, y como soporte activo para la toma de decisiones. Se adoptan componentes multimediales de simulación y práctica interactiva sin perder la sensación de experimentación y retroalimentación con progresiva profundización, como así también se adopta el encuadre constructivista y la inclusión de los indicadores identificados y redefinidos de las tablas anteriores.

En forma sintética esta metodología de diseño con refinamiento iterativo puede resumirse en cuatro etapas:

1. Etapa de diseño de contenido (orientada a casos). Sus características son:

- pensamiento lateral (enfoque desde distintos ángulos)
- conexión de situaciones de aprendizaje con situaciones reales
- foco en aprendizaje acumulativo y jerárquico por complejidad
- captura y organización el material de enseñanza de acuerdo a las habilidades del ingeniero que deben ser formadas o reforzadas

El primer paso es la construcción del mapa conceptual y la definición del modelo estratégico. Los siguientes pasos son:

El primer paso es la construcción del mapa conceptual y la definición del modelo estratégico. Los siguientes pasos son:

- Selección del módulo, identificación de usuarios y delineación del camino de exploración y descubrimiento.
- Definición del contexto de uso del material
- Identificación de habilidades a formar o reforzar en los ingenieros

- Diseño del framework de la aplicación

El resultado de esta fase es un completo y detallado mapa conceptual con los correspondientes caminos y tres niveles de información (necesaria, secundaria y complementaria).

2. Etapa de diseño de control de navegación (basada en escenarios). Se adoptan acercamientos pedagógicos de aprendizaje a través del descubrimiento. Se basa en métodos que involucran al estudiante y le enseñan a seleccionar opciones, a compararlas con el problema y a efectuar un análisis del mismo sugiriéndole estrategias. Adicionalmente el escenario debe darle seguridad para explorar sin temor a errores o fallas. Permite ejercitar la toma de decisión mediante:

- La utilización de pensamiento divergente (distintas alternativas novedosas)
- Enfoque por objetivos
- Proceso reflexivo de construcción del conocimiento a partir de la experimentación y autoevaluación por retroalimentación y reformulación o reelección de alternativas.

El objetivo es enriquecer el contexto de aprendizaje creando el terreno facilitador de la conexión con el siguiente concepto en el mapa de conocimiento. Cada elección asumida frente a un problema, equivocada o correcta, provee pistas del razonamiento empleado por el alumno al hacer dicha elección. De esta forma se diseña una retroalimentación adecuada que se constituye en un vehículo para la crítica y refuerzo individual. Así es posible identificar estilos de decisión y conceptos erróneos.

3. Etapa de diseño de interfaces. Se optó por el uso de criterios planteados por la Psicología Cognitiva (diseño multimedial interactivo y dinámico) y las normas internacionales de usabilidad. El diseño de las interfaces tiene implicancias en la estructuración de los programas y en el mapa de navegación. Cuando se decidió la tecnología a adoptar, el paso siguiente fue el trabajo en el diseño propiamente de la interfase, y los métodos para presentar o mostrar el material e ingresar las decisiones del usuario.

4. Etapa de diseño de la integración. Permite la organización e interrelación de conceptos mediante el refinamiento iterativo del mapa conceptual del modelo educativo a desarrollar. Es

tablece la confección de un "storyboard" para definir lo que sucede en cada pantalla. Al unir las como un continuo, se tiene un recorrido completo del sistema en forma modular. Esta metodología propone el uso de esquemas secuenciales lineales de caminos de control entre conceptos. Una vez que el storyboard está listo, el sistema puede ser implementado preliminarmente en un prototipo. Una primera evaluación por parte de los involucrados (*stakeholders* y usuarios) muestra si el producto es y se comporta de la manera esperada y se verifica en forma experimental la validez de la metodología propuesta.

Cada uno de ellos tiene definidos expectativas y objetivos particulares de su ámbito (modelo conceptual, detallado en el marco teórico de la Comunicación) con respecto al resultado de la utilización de software de capacitación que deberán ser satisfechas por el producto. Los resultados de la/s revisión/es realizadas por este grupo se incorporan dentro de un proceso de corrección iterativo del prototipo.

## **Etapa II: El estudio de los conflictos en el equipo de desarrollo durante la definición de requerimientos del prototipo**

En este punto y continuando la segunda etapa del trabajo anterior, se encontró que el modelo conceptual de un software educativo para nivel superior de educación debe incluir las cuestiones institucionales de la universidad, la perspectiva tecnológica de los diseñadores del software, el conocimiento específico de los expertos de la disciplina a impartir, y las bases didácticas de los especialistas en Ciencias de la Educación. La definición de requerimientos para la modelización y prototipado de software educativo de capacitación a nivel universitario es pues compleja.

Se consideró entonces la creación de escenarios con actores, que representen los roles de: desarrolladores, usuarios y *stakeholders*, era un camino adecuado para llegar a resultados preliminares. En el tiempo transcurrido desde el inicio de la investigación y, ante los avances de la Tecnología Educativa, el término software para *e-learning* resultó más adecuado para encuadrar la iniciativa a prototipar. Cabe señalar que Basiel (en línea) manejó en su último trabajo una temática similar: encontrar un terreno común que permitiera a los actores involucra-

dos en un diseño VLE (Virtual Learning Environment,) tener una visión compartida del producto y su objetivo. De este modo, profundizó en la visión general del sistema, en la debilidad de las habilidades para diseño de contenido, y el poco fundamento teórico de pedagogía *e-learning* del equipo.

La consideración de las características de usabilidad de software educativo en la metodología de diseño propuesta en esta etapa permitió detectar que es posible generar un marco de consenso que represente la mayor superficie de intersección de las visiones de cada uno de los integrantes del equipo de desarrollo. El escenario de *e-learning* de hoy en día está marcado por la competitividad que hace necesaria la negociación de objetivos y requisitos en etapas tempranas, por ello la modificación presentada a la metodología en esta segunda etapa busca que la fase de iteraciones correctivas sea más corta y por ende menos costosa.

El equipo de desarrollo debe estar integrado en forma interdisciplinaria por profesionales relacionados y no relacionados con la Informática, más los representantes de usuarios. Durante el diseño de software para *e-learning*, se produce una disyunción de las visiones que los actores involucrados tienen respecto de los objetivos del producto a obtener. El objetivo general fue entonces minimizar esta brecha mediante negociación o consenso entre los actores durante la definición de requerimientos, mediante el uso de metodologías que favorecen la usabilidad en tempranas etapas del ciclo de desarrollo del software. Los objetivos específicos alcanzados fueron:

- Identificar las visiones que los actores de un equipo de desarrollo de software *e-learning* universitario, tienen de los objetivos del mismo y las disyunciones que se presenten
- Analizar los criterios de usabilidad aceptados internacionalmente e identificar las técnicas más convenientes para minimizar el conflicto de las disyunciones halladas.
- Adaptar la metodología de diseño de software educativo propuesta en la etapa I.

Diversos contextos de uso, tecnologías y herramientas para aplicaciones *e-learning* por un lado, y diferente formación y perfiles de desarrolladores, usuarios y *stakeholders* institucionales por el otro, hicieron necesario considerar

varios procedimientos en cada etapa de la investigación:

- Determinación del dominio del software educativo a ser modelado de acuerdo a revisión conceptual de teorías de aprendizaje y características de la aplicación.
- Aproximación contextual e individual a los actores: selección de los actores involucrados, determinación de los requerimientos pedagógicos generales de la aplicación, indagación contextual, y definición de los objetivos específicos (modelo conceptual individual) de la aplicación a ser modelada, desarrollados desde la aproximación individual a los actores.
- Cuantificación de las disyunciones halladas.
- Análisis y selección de los métodos más adecuados para minimizarlas

La investigación se desarrolló a través de un proceso sistemático, donde básicamente se consideró el uso de técnicas simples y económicas (con respecto principalmente al recurso tiempo) pero que permitieran información confiable y relevante. Se decidió un enfoque interpretativo-cualitativo en un único caso de estudio.

El uso de métodos cualitativos, principalmente en el dominio de ciertas disciplinas como la Tecnología Educativa y la Ingeniería de SW, genera desafíos epistemológicos y metodológicos (Estay & Pastor, 2000). Como no se pretendió objetividad absoluta, se adoptó la interpretación cualitativa, coincidiendo con Marques (2004) y McNealy (1997) respecto de que la perspectiva de interpretación cualitativa acepta que un fenómeno puede tener diversas interpretaciones. Así que, aunque los resultados de esta investigación no generan conclusiones generalizables, ellas son comparables y pueden proveer información relevante a otros escenarios y contextos específicos.

Este enfoque siempre considera que la perspectiva de los participantes del proceso (Klein & Myers, 1999) es adecuada cuando se intenta acceder al dominio del estudio de Tecnología de la Información en educación desde un punto de vista no exclusivamente tecnológico. Entre los métodos cualitativos, los que mejor encajan con el propósito de este trabajo en el sentido de detección de riqueza y diversidad de matices en el contexto de estudio, son los métodos descriptivos longitudinales en un único

caso de estudio, pero en profundidad (Stake, 1995).

El grupo se constituyó en forma cuasi-experimental a través de muestreo por conveniencia no probabilístico. En un proceso longitudinal que permitió extraer conclusiones de la evolución de este tipo de grupo. Los datos recogidos a través de técnicas como cuestionarios, observación, entrevistas y discusiones grupales, fueron analizados tratando de neutralizar en lo posible la interferencia de relaciones sociométricas entre los actores, en el sentido de que ellos no se conocían previamente. Sin embargo, no se interfirió en aquellas relaciones que pudieron haber surgido al tiempo de la interacción durante el desarrollo de la experiencia.

La determinación de los requerimientos de la aplicación, desde la perspectiva de usuarios y equipo de desarrollo, se basó en el estudio de la visión de las características que cada uno de ellos construyó mentalmente del producto final y el objetivo en sí mismo, del rol que cada uno había asumido respecto a la funcionalidad del software y el perfil cognitivo individual adquirido (experto o novato). A partir de una muestra de los potenciales roles reales involucrados en el desarrollo y el conjunto de objetivos que ellos definieron para la aplicación, se contrastaron todas esas definiciones individuales para obtener el conjunto de disyunciones.

### **El contexto del caso de estudio y el análisis de las disyunciones**

En forma genérica, el dominio de la aplicación objeto de este estudio pertenece al contexto de software educativo, pero se requería una categorización más específica. Así que finalmente, el dominio de la aplicación fue definido como: software educativo, formativo, institucional, presencial/a distancia, e individual/grupal.

La aproximación contextual e individual requirió los siguientes pasos:

- Selección de los actores. Cada candidato completó un formulario diseñado de acuerdo al rol que tomaría en el grupo. La determinación del número de actores que conformaron el grupo siguió los hallazgos de Bias & Mayhew (1994) y Nielsen (en línea), respaldados por Lewis (1994) y Virzi (1992), quienes establecieron que cinco participantes producen el 80% de

los resultados en las evaluaciones de usabilidad. Conseguimos 62 candidatos y después del análisis de los datos suministrados por ellos, el grupo se conformó con: dos usuarios primarios (estudiantes), dos profesionales informáticos, un profesor, un experto en Didáctica y un representante institucional

- Determinación de los requerimientos pedagógicos de la aplicación.

De acuerdo con teorías como las establecidas por Ausubel (1976), Bloom (1971), Kersch (1980), Nickerson (1995) y Wong et al. (1994), entre otros, los requerimientos pedagógicos generales establecidos para la aplicación fueron: aprendizaje por descubrimiento, construcción de modelos, objetivos precisos, análisis de datos y procedimientos, condiciones facilitadoras de aprendizaje, soluciones creativas, problemas conectados con el mundo real, avance progresivo por niveles de dificultad, suministro de soporte para resolución de problemas y quite del soporte cuando los problemas pueden ser resueltos en forma independiente.

- Indagación del contexto. Tres métodos fueron seleccionados: aproximación contextual, individual y grupal. Se buscó la identificación del modelo conceptual que los actores involucrados habían construido de la aplicación. Todos estos métodos están centrados en usuarios y son los que mejor se ajustan al escenario inicial de este trabajo, en el sentido de que debieron ser usados en las fases iniciales del ciclo de desarrollo. Y, son informales y económicos en tiempo y costo. La documentación resultante de esta primera fase incluyó los perfiles de los actores desarrollados por autoevaluación, una descripción general del contexto de la actividad desarrollado por aproximación contextual, y opiniones individuales acerca de *e-learning* (motivantes, barreras, actitud personal, soporte institucional etc.)

- Definición de los requerimientos específicos (modelo conceptual individual) de la aplicación a ser modelada, obtenidos por aproximación individual a los actores. El propósito de esta fase fue capturar los requerimientos y objetivos que los actores tenían de la aplicación con anterioridad al inicio del diseño. Se realizaron entrevistas de tipo uno-a-uno.

Con todos los requerimientos obtenidos, el próximo paso fue su agrupamiento en *clusters*

con el fin de hacerlos más operativos y comparables, manteniéndolos siempre asociados con los actores que los propusieron. La lista final fue: almacenamiento de datos de etapas parciales para continuar el proyecto durante varias sesiones, buen nivel de seguridad, control de acciones por parte del usuario (evitando el conductismo), definición personalizada de variables y tipo de datos, muestra de resultados y opción de retroalimentación y cambio de decisiones por método prueba-error, diferenciación de niveles de dificultad, diferentes niveles de ayuda y soporte, escenarios *what...if*, facilidad de uso, generación de reportes personalizados, gestión de documentación, gestión de recursos económicos, gestión de recursos humanos, gestión de tareas, independencia tecnológica de la plataforma, gestión de errores, orientación a objetivos, planeamiento, control y monitoreo del proyecto, gestión colaborativa opcional, gestión de archivos opcional, casos de estudio realísticos y uso intensivo de gráficos.

Para la cuantificación de las disyunciones se usó el promedio de los índices de coincidencia en la selección de objetivos por pares de actores (matriz de coincidencias), para así estimar el grado de acuerdo general con respecto a los 22 acuerdos posibles en relación con la agrupación de requerimientos. Como el propósito del trabajo era analizar la coincidencia de requerimientos didácticos *per-se*, y la usabilidad y funcionalidad didáctica con respecto a los requerimientos generales, los requerimientos técnicos mencionados por los actores fueron descartados por considerárselos no relacionados con los didácticos (nivel de seguridad, definición personalizada de variables y tipos de datos, e independencia de la plataforma). De modo que el total posible de acuerdos se redujo a 19.

El índice de concordancia resultó .33, muy por debajo del valor aceptable .70, ya que significa un índice de .67 disyunciones. También se infiere que un contexto similar de formación profesional podía ser la causa de la alta coincidencia de objetivos entre profesores y representantes de profesionales informáticos. Por otra parte se identificó que el representante con menor coincidencia con los objetivos del resto fue el representante institucional.

El siguiente paso tuvo como objetivo minimizar las discordancias. Luego se inició la cons-

trucción de escenarios de la aplicación *e-learning* teniendo en cuenta los requerimientos y objetivos definidos por el grupo y el uso de estrategias de usabilidad. Los métodos de inspección, basados en enfoques pluralísticos adecuados para ser aplicados en las fases intermedias del proceso de diseño fueron elegidos en esta etapa de negociación de requerimientos y objetivos.

La técnica de Recorrido Pluralístico fue usada para obtener la aceptación de la existencia de tales disyunciones por parte de todos los actores, mientras que las técnicas de Focus Group y Grupos de Discusión asistidas por herramientas Delphi, fueron usadas para refinar el acuerdo final de objetivos entre actores. El resultado mostró una sensación general entre los participantes de contribución con ideas creativas basadas en consenso para ayudar a resolver el problema. Finalmente, el índice promedio de concordancia se elevó a .81, con solo .19 de disyunciones no resueltas, confortablemente superior al valor establecido como aceptable en la comunidad disciplinar de .70.

La consideración de técnicas propuestas por la Ingeniería de software y Usabilidad aplicadas a *e-learning* ha permitido generar un marco de consenso que representa una aceptable superficie de intersección de las visiones de cada uno de los actores involucrados. Como resultado de esta aproximación contextual e individual a los actores y siguiendo métodos sugeridos por los estándares internacional de usabilidad, los modelos conceptuales o visiones individuales tuvieron un primer nivel de integración que resultó escaso. Aplicando métodos de inspección pluralística se elevó el índice de acuerdos al nivel de aceptabilidad propuesto.

## Conclusiones

Afortunadamente la Didáctica y la Tecnología Educativa, consideradas como el conjunto de principios y normas de enseñanza y aprendizaje con orientación hacia la práctica, han construido por acumulación y refinamiento desde hace más de medio siglo, una piedra angular de conceptos e indicadores, si bien no aplicables directamente a las tecnologías multimediales actuales, lo suficientemente sólidos en su enunciación para ser redefinibles (o actualizables, según se prefiera) para estas nuevas tecnologías.

La metodología planteada es un paso adelante en la construcción de un puente entre la Tecnología Educativa y la Ingeniería del Software. Incluir las cuestiones didácticas en etapas tempranas del diseño de software educativo para *e-learning* reduce el costo de desarrollo y evita ciclos de refinamiento iterativo en etapas avanzadas sin aumentar en forma notoria la complejidad de las actividades respecto a las metodologías relevadas, que no incluyen cuestiones didácticas en sus lineamientos. Solo hay que considerar, al igual que lo hace Cataldi (2001), que el equipo de desarrolladores deja de estar integrado exclusivamente por informáticos para constituirse en un equipo interdisciplinar.

No era el propósito analizar en esta segunda etapa de la investigación las razones que llevan a cada actor a construir un modelo conceptual diferente en características respecto a los otros. El hecho observado es que esta diferencia existe (Casanovas, 2007), y el fin era explorarla, cuantificarla y minimizarla. La identificación de los requerimientos pedagógicos individuales y la determinación de la visión compartida del objetivo pedagógico de la aplicación resultaron consecuencias del conocimiento, capacidades, limitaciones y contexto de todos los actores, de modo que la detección de esos elementos es un pre-requisito del diseño lógico y un factor crítico en la variabilidad de los resultados finales.

## Reflexiones y continuidad

Terminado el diseño, la implementación de iniciativas *e-learning*, en particular en las modalidades blended (combinación de actividades presenciales y a distancia) y en aquellas totalmente no presenciales, trajo al escenario otras cuestiones relacionadas con el proceso emergente de adopción e institucionalización de las iniciativas. Resultó claro que el mayor índice de no coincidencias con el resto de los actores involucrados respecto a los objetivos de la iniciativa planteada en el caso de uso, correspondió al representante institucional. Esto abre un nuevo camino de estudio, ya que no resulta consistente desarrollar un producto educativo que satisfaga los objetivos didácticos acordados por los participantes del proyecto si no hay una continuidad en los objetivos y estrategias institucionales donde se implementará.

La institucionalización de una iniciativa es un

proceso dinámico y continuo en el que un conjunto de actividades, estructuras y valores se convierten en una parte integral y sostenible en el tiempo en una organización (Quality Assurance Project, 2000). Steckler & Goodman (1989) se referían a la institucionalización como la viabilidad e integración a largo plazo de un nuevo programa en una organización, en la que varios factores se requieren para incorporar y sostener una innovación: ambiente interno receptivo, estructura económica y procedimental para apoyar la implementación, impulso y coaching de iniciativas, reformulación de roles y responsabilidades, coordinación, y recompensa económica e institucional de los esfuerzos individuales o grupales.

Existe extensa documentación sobre el impacto de la tecnología en la educación (Department for Education and Skills, 2003; Fox & Herman, 2000; McPherson, 2003). Las instituciones reconocen este impacto y la necesidad de cambios, pero, encarar este cambio representa un desafío formidable para las universidades que adoptan *e-learning* (Jones & O'Shea, 2004). Debe pensarse en una cultura que valore el uso de *e-learning* tanto como herramienta didáctica como una herramienta para la mejora de la administración académica (Hrastinski, Keller & Lindh, en prensa).

Este nuevo modelo institucional impacta en las funciones y roles tradicionales porque *e-learning* no encaja confortable o exactamente en las estructuras académicas existentes (Inoue, 2006). Los profesores y alumnos reclaman a la institución soporte en todas las áreas (operativas, administrativas, económicas, tecnológicas y estratégicas) para integrar al contexto formal iniciativas que en la mayoría de los casos son consideradas como parte de sus responsabilidades individuales de enseñanza, evidenciando una madurez institucional (Haywood et al., 2000; Keller et al., 2007; Lindh et al, 2007; McPherson & Nunes, 2004,2006; Naidu, 2004; Smith & Oliver, 2002, University of Brighton-JISC, 2005).

Al día de hoy, las iniciativas individuales de *e-learning* están reemplazando los proyectos y estrategias institucionales (Casanovas et. al, 2008a y b). Se requiere investigación sobre las implementaciones de educación online entendidas como un proceso dinámico que abarca niveles individuales e institucionales, desde la decisión de adopción de la innovación y desarrollo

de la iniciativa hasta la institucionalización dentro de la universidad. Esta falta de estudios respecto de la adopción de *e-learning* a nivel organizacional ya fue extensamente reportada por Alavi & Leidner (2001). Ellos consideraban que esta línea de investigación debía cobrar una importancia sustantiva como consecuencia del surgimiento de la Sociedad del Conocimiento donde el énfasis está puesto en la necesidad de formación continua.

La necesidad de estudios sistemáticos de análisis del proceso de implementación de innovaciones de tecnologías en educación, parece obvia. Particularmente, resulta significativo el estudio del proceso desde su adopción a nivel individual hasta su institucionalización y de los elementos que influyen cada etapa del proceso (los sujetos que deciden la adopción, el objeto de adopción y el contexto) frente a las circunstancias de transformación que las universidades están afrontando.

Los pocos estudios existentes en el marco internacional, identifican una tendencia evolucionaria más que revolucionaria en la adopción e internalización de *e-learning*. Los análisis cuantitativos muestran una abrumadora mayoría de iniciativas individuales que deben formalizarse en la institución con un enfoque ascendente (*bottom-up*) mientras que un porcentaje mucho menor parten de programas a nivel facultad en forma descendente (*top-down*). De todas maneras, ninguno realiza un análisis cualitativo-interpretativo de ambos procesos (Casanovas, 2009). Preguntas como: ¿de qué manera los propósitos de los docentes y la gestión institucional modelan o dirigen la adopción de *e-learning* en las universidades? ¿Qué cambios a nivel institucional son disparados por la adopción de *e-learning* en ese contexto organizacional? ¿guiarán los próximos pasos y la continuidad de esta investigación (Casanovas, 2008c).

## Referencias

- ALAVI, M., & LEIDNER, D. (2001). *Research commentary: Technology-mediated learning - a call for greater depth and breadth of research*, Information Systems Research, 12(1), 1.
- AUSUBEL D. (1976). *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*, Trillas, México.
- BASIEL A. (en línea). *A methodology and toolkit to mediate understanding between the stakeholders of a VLM: the VLE Denouement profile, technology and change in educational practice*, <http://www.elearning.mdx.ac.uk>
- BIAS R. & MAYHEW D. (1994). *Cost-justifying usability*. Hartcourt Brace.
- BLOOM B. (1971). *Mastery Learning*, NY, Holt & Winston.
- BOU BAUZA, G. (1997). *El Guión Multimedial*, Barcelona, Servei de Publicacions, Universitat Autònoma de Barcelona.
- CABERO ALMENARA J. (1995). *Investigaciones sobre la Informática*, Barcelona, PPV.
- CASANOVAS I. (2005). *La didáctica en el diseño de simuladores digitales para la formación universitaria en la toma de decisiones*, Tesis para Maestría en Docencia Universitaria, Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales Vol. 2(6),17.
- CASANOVAS I. (2007). *La utilización de indicadores didácticos en el diseño de simuladores para la formación universitaria en la toma de decisiones*. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, Nº 2.
- CASANOVAS, I., FERNANDEZ, G., HRASTINSKI, S., KELLER, C. & LINDH, J. (2008a). *Teachers' perception of institutional strategies in e-learning implementations: A comparative study of an Argentinean and a Swedish university*, Proceedings 3rd. International Conference on E-Learning, Sudáfrica.
- CASANOVAS, I., FERNANDEZ, G. & TOMASSINO, C. (2008b). *Professors' driving and Limiting Factors for the adoption of E-learning in Higher Education within Argentine Context*, Proceedings de X International Conference on Engineering and Technology Education, Brasil.
- CASANOVAS I. (2008c) *Online Education in universities: moving from individual adoption to institutionalization*, Doctoral Thesis in Informatics (in progress), Jönköping University, Jönköping International Business School, Suecia.
- Casanovas I. (2009) *Exploring the current theoretical background about adoption until institutionalization of Online Education in universities: needs for further research*, ponencia aceptada para presentación y publicación en 8th European Conference on E-learning (ECELO9), Italy, Oct. 2009
- CATALDI Z.- (2001). *Diseño y Evaluación de Programas Didácticos Hipermediales*. Tesis para Magister en Docencia Universitaria, UTN, Bs. As.
- DEPARTMENT FOR EDUCATION AND SKILLS (2003). *The future of HE, UK Government white paper*, <http://www.dfes.gov.uk>
- ESTAY C. & PASTOR J. (2000). *La investigación cualitativa en la disciplina de Sistemas de Información: elementos introductorios y reflexiones disciplinarias*. Conferencia de Asociación Portuguesa de Sistemas de Información, Portugal.
- FOX, R. & HERRMAN, A. (2000). *Changing media, changing times: coping with adopting new educational technologies*, in *Evans and Nation (Eds.)*, Changing University Teaching: Reflections on Creating Educational Technologies, London: Kogan Page.
- HANNAFIN M. (1997). *Student-centered learning and interactive multimedia: status, issues and implications*, Contemporary Education No. 68.
- HAYWOOD J., ANDERSON, C., COYLE, H., DAY, K., HAYWOOD, D. & MACLEOD, H. (2000). *Learning Technology in Scottish Higher Education: a survey of senior managers, academic staff and experts*, *Association for Learning Technology Journal*, 8 (2),5.
- HRASTINSKI, S., KELLER, C. & LINDH, J. (In Press). *Is e-learning used for enhancing administration or learning? On the implications of organizational culture*. In Stansfield & Connolly (Eds.) *Institutional Transformation through Best Practices in Virtual Campus Development: Advancing E-Learning Policies*. Idea Group, Hershey: Pennsylvania.
- INOUE Y. (2006). *Technology and Diversity in Higher Education*, Idea Group Inc.
- JONES, N. & O'SHEA, J. (2004). *Challenging hierarchies: The impact of e-learning*, Higher Education Nº 48, 379.

- KELLER, C., LINDH J. & HRASTINSKI S. (2007). *E-learning use in Higher Education: the impact of organizational factors*, Proceedings 6th ECEL, Dinamarca.
- KERSCH B. (1980). *El Aprendizaje mediante el Descubrimiento*, Morata, Madrid.
- KLEIN H. & MYERS M. (1999). *A set of principles for conducting and evaluating interperative fields studies in IT*, MIS Quaterly 23 (1), 67.
- LEWIS J. (1994). *Sample sizes for usability studies: additional considerations*. Human Factors No. 36, 368.
- MACNEALY M. (1997). *Toward better Case Study research*, <http://ieeexplore.ieee.org>
- MARQUES P. (1999, revision 2004). *La investigación en Tecnología Educativa*, <http://dewey.uab.es>
- MCPHERSON, M. & NUNES, J. (2004). *Critical research using focus groups interviews: an approach to elicit CSF's in e-learning*, Proceedings of 3rd.European Conference on Research Methodology for Business & Management Studies, UK.
- MCPHERSON, M. & NUNES, J. (2006). *Organizational Issues for e-Learning: Critical Success Factors as Identified by HE Practitioners*. *International Journal for Educational Management*, 20(7), 542.
- MCPHERSON, M. (2003). *Planning for success in e-learning in HE: a strategic view*, Proceedings of ICETA'03 (Internacional Conference on Emerging Telecommunications Technologies and Applications and the 4th Conference on Virtual University), Slovak Republic.
- MOLDSTAD J. (1999): *Media Utilization en the Classroom*, in *International Encyclopedia of Educational Technology*, Oxford Press.
- MYERS I. (1962). *Manual for the Myers-Briggs type indicator*, NJ, Princeton Univ. Press.
- NAIDU, S. (2004). *Trends in Faculty Use and Perceptions of e-learning*, Asian Journal of Distance Education, 2(2) [online] <http://www.asianjde.org/>
- NICKERSON R. (1995). *Emerging Needs and Opportunities for Human Factors Research*. National Academy Press, Washington, DC.
- NIELSEN J. (1999). *Do Interface Standards Stifle Design Creativity?* <http://useit.com/alertbox>
- NIELSSEN J. (en línea) <http://www.useit.com>
- PABLOS RAMIREZ J. (1998). *Equipamiento y Utilización de Medios Audiovisuales [encuestas a profesores]*, Revista de Educación No. 386.
- PELGRUN W. Y PLOMP T. (1999). *The Use of Computers in Education World Wide*, Oxford Press.
- PERKINS D. (1992). *Smart Schools: better thinking and learning*, NY, Free Press.
- QUALITY ASSURANCE PROJECT (2000). *Institutionalizing quality assurance* <http://qaproject.org/methods/resinst.html>
- SANCHO J. (1996). *Para una Tecnología Educativa*, Barcelona, Horsori.
- SIMON H.- (1960). *The New Science of Management Decision*, NY, Harpers.
- SMITH, H. & OLIVER, M. (2002). *University teachers' attitudes towards the impact of innovations in information and communication technology on their practice*, 9th Improving Student Learning Symposium.
- STAKE R. (1995): *The art of Case Study research*, SAGE Pub.
- STECKLER, A. & GOODMAN, R. (1989). *How to institutionalize health promotion programs*. *American Journal of Health Promotion*, 3(4), 34.
- UNIVERSITY OF BRIGHTON, JISC. (2005). *Study of Environments to Support e-learning in UK Further and Higher Education*, Joint Information Systems Committee (JISC), Education for Change Ltd, The Research Partnership Social Informatics Research Unit.
- VAN EMMERIK M. & VAN ROOIJN J. (2000). *Efficient Simulator Training: beyond fidelity*, TNO-Netherlands Organization for Applied Scientific Research, Proceedings en el ITESC 2000 (International Training, Education and Simulation Conference), London.
- Virzi R. (1992). *Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough?* Human Factors No. 34, 457.
- WONG M. Y RAULERSON J. (1994). *A Guide to Systematic Instructional Design*, Educational Technology, NJ.

Por razones de espacio de edición no se han podido incluir mayores detalles documentales. Información ampliada del contenido del artículo puede solicitarse a: [inescasanovas@gmail.com](mailto:inescasanovas@gmail.com)



# Secado de papas por microondas

**Patricia Della Rocca<sup>1</sup>, Rodolfo H. Mascheroni<sup>2</sup>**

*1* Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional, Medrano 951, (C1179 AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

*2* CIDCA, Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de La Plata, Calle 47 y 116, La Plata (B1900 AJJ), Pcia. de Buenos Aires, Argentina

*patriciadellarocca@hotmail.com*

*Recibido el 19 de agosto de 2009; aceptado el 08 de septiembre de 2009*

---

## Resumen

Se llevó a cabo el secado de papas por microondas a distintas potencias y se modeló la cinética de deshidratación con diversas ecuaciones matemáticas. Los mejores ajustes de las curvas de secado se obtuvieron con los modelos del tipo polinómico. El aumento de la potencia en el equipo de microondas incrementa la velocidad de secado, si bien acorta en forma significativa el tiempo requerido, se aprecia cierto deterioro en la consistencia y el color del alimento.

**PALABRAS CLAVES:** SECADO – MICROONDAS - SECADO DE PAPAS

## Abstract

Microwave drying of potatoes for different powers was carried out and the dehydration kinetics was modeled by several mathematical equations. The model that adjusts best the drying curves was the polynomial one. When the microwave power increases, the dry rate also increases, drying time significantly reduces but detrimental effects on consistence and colour of food are observed.

**KEYWORDS:** DRYING – MICROWAVE - POTATOES DRYING

## Introducción

Las microondas son parte del espectro electromagnético y en consecuencia, se componen de campos magnéticos y eléctricos. En el calentamiento de alimentos por microondas los campos eléctricos interactúan con las moléculas de agua e iones en el alimento, generando calor en forma volumétrica en el interior del mismo. La estructura de la molécula de agua está constituida por un átomo de oxígeno, cargado negativamente y dos átomos de hidrógeno, cargados positivamente. Ésta molécula es un dipolo eléctrico que cuando se somete a un campo eléctrico oscilante de elevada frecuencia, los dipolos se reorientan con cada cambio de polaridad. Así se produce la fricción dentro del alimento que hace posible que el mismo se caliente.

La diferencia principal entre las microondas y la radiación infrarroja es que las microondas inducen una fricción entre las moléculas de agua, que provoca calor; en cambio, la energía infrarroja es simplemente absorbida y convertida en calor. El calor generado por las microondas no es uniforme. En el interior de los alimentos, se producen gradientes de temperatura que ocasionan la difusión del agua y provocan cambios en las propiedades de éstos que a su vez tienen efecto sobre la generación de calor. En síntesis, podemos decir:

***Las ondas electromagnéticas son responsables de la generación de calor, la transferencia de humedad y de los cambios bioquímicos y transformaciones físicas que se producen en el alimento.***

Estos equipos de microondas constan de tres componentes principales:

- El magnetrón que genera los campos electromagnéticos productores de microondas.
- Un tubo de aluminio denominado guía. En su interior, la energía se va reflejando y va siendo conducida hasta la cámara de calentamiento.
- Una cámara de calentamiento donde se dispone el alimento para ser calentado.

Las dos propiedades que determinan la interacción del alimento con las microondas son la constante dieléctrica y la pérdida dieléctrica. La constante dieléctrica representa la habilidad del material para almacenar energía electromagnética y el factor de pérdida dieléctrico

efectivo tiene en cuenta la disipación de energía o la generación de calor.

El aire en el interior del horno de microondas absorbe muy poca energía de las microondas, por lo tanto el alimento es calentado directamente por las ondas electromagnéticas; a excepción de los hornos microondas combinados que también trabajan con convección de aire calentado por una resistencia eléctrica.

El tamaño, la forma y las propiedades de los alimentos afectan la distribución espacial de la absorción de las microondas.

### 1. Ecuaciones que gobiernan el fenómeno de la generación de los campos electromagnéticos

Los campos electromagnéticos responsables del calentamiento, se describen por las ecuaciones de Maxwell.

$$\nabla \times E = - \frac{\partial}{\partial t} (\mu H)$$

$$\nabla \times H = \frac{\partial}{\partial t} (\epsilon \epsilon_0 E) + \epsilon_{\text{eff}} \epsilon_0 \omega E$$

$$\nabla \times (\epsilon E) = 0$$

$$\nabla \times H = 0$$

donde: E y H son los vectores del campo eléctrico y magnético respectivamente;  
 $\epsilon$  es la permisividad compleja dada

por:

$$\epsilon'' + j \epsilon_{\text{eff}}$$

donde  $\epsilon''$  es la constante dieléctrica y  $\epsilon_{\text{eff}}$  es el factor de pérdida dieléctrico efectivo;  
 $\epsilon_0$  es la constante dieléctrica del aire;  
 $\mu$  es la permisividad magnética

Las propiedades  $\epsilon''$  y  $\epsilon_{\text{eff}}$  dependen de la ubicación en el alimento ya que varían con la temperatura y el contenido de agua. Las ecuaciones de Maxwell se resuelven para obtener el campo eléctrico, E. Éste será función de la posición en el alimento y de su tiempo de calentamiento. El calor generado es calculado a partir de este campo eléctrico.

Cabe resaltar que las propiedades dieléctricas dependen de la composición del alimento (humedad y contenido de sal, en particular) y de la temperatura.

## 2. Ecuaciones que gobiernan la transferencia de calor

$$\rho c_p \frac{\delta T}{\delta t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q(x, T)$$

El primer miembro de la ecuación representa la velocidad de aumento de la temperatura. En el segundo miembro, el primer término es el de difusión del calor y el segundo término es la generación de calor por microondas. Este término se relaciona con el campo eléctrico por medio de la siguiente ecuación:

$$Q(x, T) = 1/2 \omega \epsilon_0 \epsilon_{\text{eff}} E^2$$

El agua en estado líquido y el vapor de agua se transportan en el interior del alimento por dos mecanismos principales; el agua lo hace por capilaridad y diferencia de presión y el vapor por difusión y diferencia de presión.

### Algunas aplicaciones de las microondas

Su atractivo reside en la elevada velocidad de calentamiento y en que no provoca cambios significativos en la superficie del alimento cuando se trabaja con tiempos y potencias de microondas adecuados.

El tratamiento industrial por microondas se halla restringido por sus costos y la necesidad de sintonizar el magnetrón con diversos alimentos. La aplicación industrial más importante es la descongelación, la deshidratación y la terminación del horneado. Para productos de pequeño espesor, como bizcochos la eficacia del horneo puede mejorarse sometiéndolos a un tratamiento final por microondas.

Los hornos convencionales para lograr una buena cocción interna provocan cambios de color en la superficie; esto se debe a que la conductividad térmica del bizcocho va disminuyendo a medida que se va secando, entonces los tiempos para cocer las partes internas del producto son excesivamente grandes. Para solucionar esto, a la salida de los túneles de horneo se instalan unos calentadores por microondas que completan la cocción sin provocar cambios de color apreciables en la superficie.

La utilización de las microondas con alimentos de elevado contenido de humedad ha tenido menos éxito. Ello se debe a la escasa profundidad de penetración alcanzada en piezas muy grandes y al efecto refrigerante que ocasiona la evaporación del agua en la superficie del alimento, que puede ocasionar la supervivencia de los microorganismos en esta zona.

### Ventajas y desventajas en el uso de microondas en el secado

Entre las principales ventajas se pueden citar (Mascheroni, 2006):

- Una mayor eficiencia en la difusión de calor y materia
- Desarrollo de gradientes internos de humedad que aumentan la velocidad de secado
- Posibilidad de trabajar a menores temperaturas superficiales
- Mejora en la calidad de producto obtenido

Y entre las desventajas:

- Calentamiento no uniforme del producto
- Costos de instalación altos
- Eficiencia energética baja

No obstante el secado con microondas se considera viable para alimentos que requieren tiempos de secado cortos y una producción significativa. Es decir, aquellos alimentos a los cuales debe eliminarse una baja cantidad de agua.

Asimismo, se puede utilizar el secado con microondas en aquellos productos que tienen riesgo de formación de costra en su superficie. Por otra parte, el costo del secado combinado puede reducirse cuando se usa el secado por microondas junto con otro método de menor costo como podría ser la deshidratación osmótica.

### Objetivos del trabajo

Estudiar el secado por microondas de papas a distintas potencias y determinar los modelos que ajustan a los datos experimentales de manera más satisfactoria

## Parte Experimental

### Preparación de la muestra

Se trabajó con papas, que se pelaron y corta

ron manualmente en cubos de 1 cm de lado. El exceso de humedad exterior se eliminó mediante secado rápido con papel tissue.

### Descripción de las experiencias de secado

Al inicio de la experiencia se colocó una masa de papa fresca de 270 g en el microondas (BGH, modelo 17950, potencia 1000W, capacidad 25 litros; frecuencia: 2450 MHz). Se trabajó con distintas potencias: 20%, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 % y 90 % en las distintas experiencias de secado. Se pesó la masa de papa total a diferentes tiempos para obtener así las curvas de secado, masa en función de su variación con el tiempo: Masa (g) vs t (min). El secado se continuó hasta obtener peso constante. Asimismo, la evolución de la transferencia de masa con el tiempo se midió a través de la pérdida de peso (WR) mediante la siguiente ecuación:

$$WR(\%) = \left( \frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100$$

$m_i$  = masa inicial de muestra de papa fresca.  
 $m_f$  = masa de muestra secada por microondas a tiempo t.

## Resultados y discusión

Las curvas de secado determinadas se presentan en las figuras 1 a 4 y muestran la variación de la masa de las muestras en función del tiempo. Los datos de las cuatro figuras son los mismos y sobre ellos se grafican las regresiones probadas, como se discute más abajo.

Se observa que a potencias bajas la velocidad de deshidratación es lenta, incrementándose drásticamente para potencias del orden del 40%, con muy poca mejora a valores mayores.

Debido a que la resolución de los balances acoplados de materia y energía es casi imposible por la falta de información de los valores de las propiedades eléctricas necesarias para los cálculos, las curvas de secado experimentales se ajustaron con distintos modelos matemáticos simples: lineal, exponencial, potencial, logarítmico y polinómicos de grado 2, 3, 4 y 5, que no pretenden representar al sistema físico sino sólo proveer un instrumento de cálculo rápido. Las ecuaciones probadas se presentan en la Tabla 1.

Modelo matemático	Ecuación
Lineal	Masa (g) = a × t (min) + b
Potencial	Masa (g) = a × t (min) <sup>-b</sup>
Exponencial	Masa (g) = a × exp <sup>b t (min)</sup>
Logarítmico	Masa (g) = a ln [ t (min) ] + b
Polinomio grado 2	Masa (g) = a t <sup>2</sup> + b t + c
Polinomio grado 3	Masa (g) = a t <sup>3</sup> + b t <sup>2</sup> + c t + d
Polinomio grado 4	Masa (g) = a t <sup>4</sup> + b t <sup>3</sup> + c t <sup>2</sup> + d t + e
Polinomio grado 5	Masa (g) = a t <sup>5</sup> + b t <sup>4</sup> + c t <sup>3</sup> + d t <sup>2</sup> + e t + f

Tabla 1. Ecuaciones correspondientes a los modelos matemáticos.

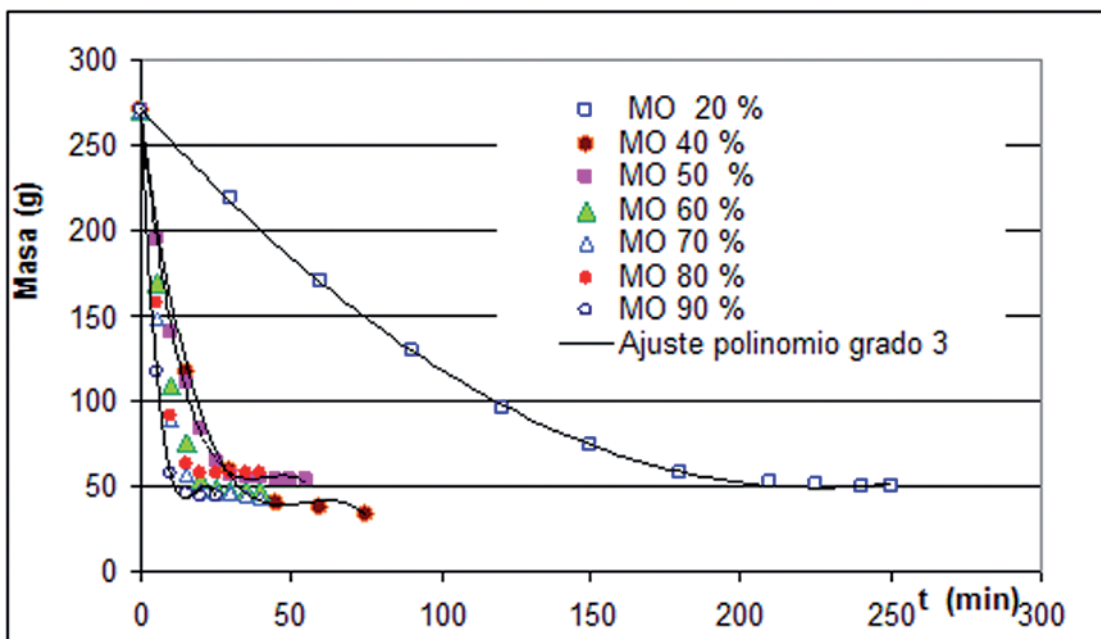


Fig 1. Datos experimentales de las curvas de secado, masa vs t para las potencias de microondas: 20%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90 % y ajuste de las mismas por polinomio de grado 3.

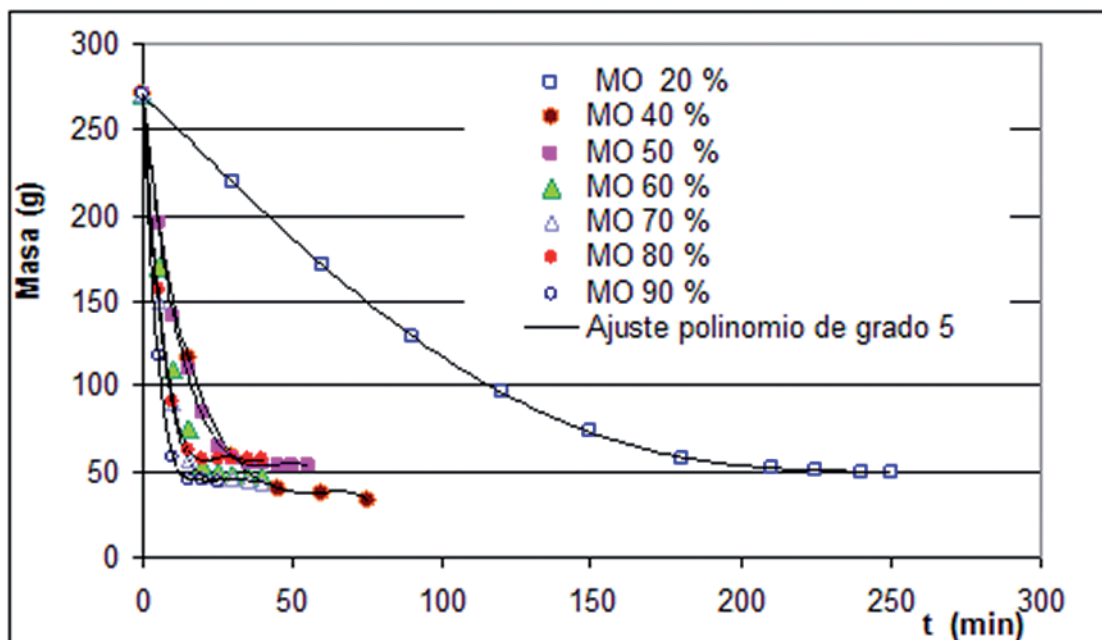


Fig 2. Datos experimentales de las curvas de secado, masa vs t para las potencias de microondas: 20%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90 % y ajuste de las mismas por polinomio de grado 5

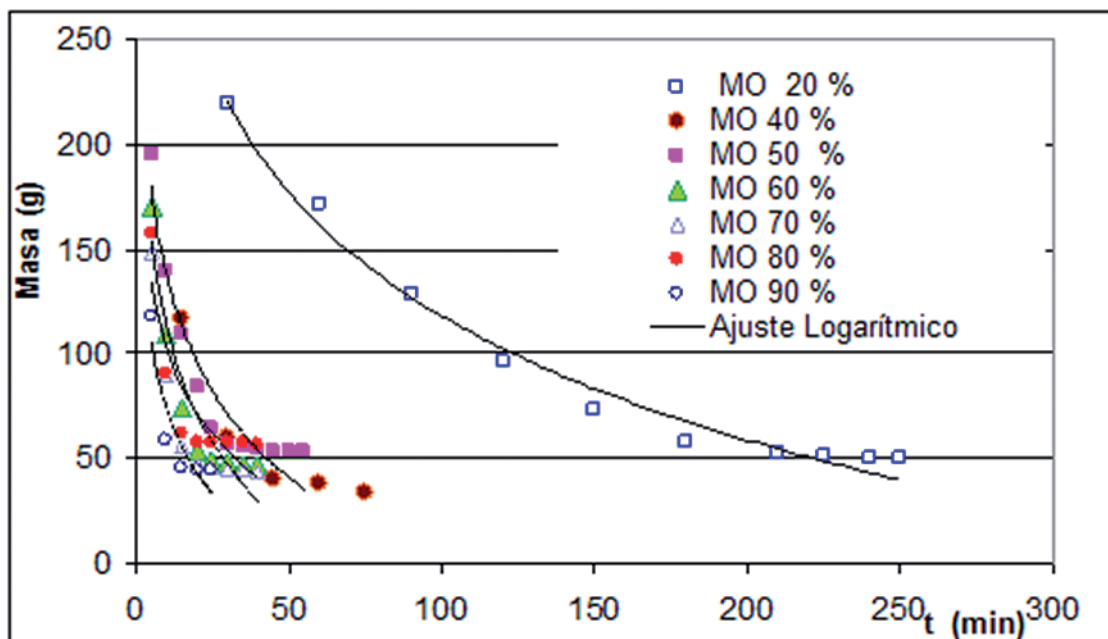


Fig 3. Datos experimentales de las curvas de secado, masa vs t para las potencias de microondas: 20%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90 % y ajuste de las mismas por modelo logarítmico

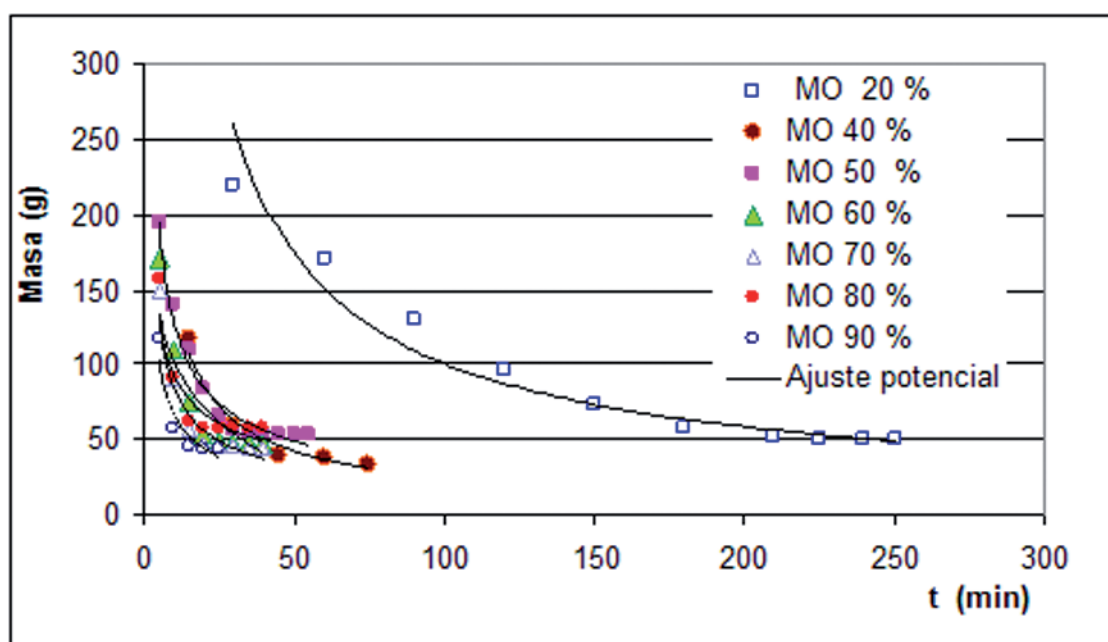


Fig 4. Datos experimentales de las curvas de secado, masa vs t para las potencias de microondas: 20%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90 % y ajuste de las mismas por el modelo potencial

Como se observa, las curvas pueden ajustarse satisfactoriamente con los modelos polinómicos de grado 2, 3, 4 y 5. A medida que aumenta el grado del polinomio el ajuste alcanzado es más satisfactorio como puede apreciarse en los valores del coeficiente de determinación cada vez más cercano a 1. En las figuras 1 y 2 se presentan las curvas de ajustes que representan el modelo polinómico de grado 3 y de grado 5, respectivamente.

Si no consideramos el punto inicial a  $t=0$ , el modelo logarítmico también presenta un buen ajuste para la mayoría de los datos experimentales,

a excepción del tramo donde el peso se hace constante, como se observa en la figura 3.

El modelo potencial describe estas curvas un poco más satisfactoriamente que el logarítmico pero peor que el polinomial como puede apreciarse en la figura 4.

En las Tablas 2 a 9 se pueden apreciar los valores obtenidos de los parámetros de los distintos modelos y del coeficiente de determinación  $R^2$  para las diferentes curvas de secado obtenidas a las distintas potencias de calentamiento.

Potencia (%)	a (g/min)	b (g)	$R^2$
20	-0,7172	206,48	0,8813
40	-2,7361	195,78	0,6966
50	-3,234	188,20	0,6999
60	-4,6983	190,52	0,6974
70	-4,3895	175,73	0,6149
80	-4,0718	177,87	0,5049
90	-7,7567	193,86	0,6595

Tabla 2. Modelo Lineal

Potencia (%)	a (g/min)	b (g)	$R^2$
20	251,30	-0,0072	0,9698
40	123,70	-0,0195	0,8344
50	183,80	-0,0200	0,8170
60	184,20	-0,0431	0,8261
70	159,68	-0,0416	0,7505
80	160,36	-0,0341	0,6831
90	177,08	-0,0693	0,784

Tabla 3. Modelo Exponencial

Potencia (%)	a (g/min)	b (g)	R <sup>2</sup>
20	-85,188	510,26	0,9847
40	-51,844	247,84	0,906
50	-60,269	276,72	0,9283
60	-59,879	250,62	0,9108
70	-48,748	208,04	0,8549
80	-44,536	205,46	0,7959
90	-45,326	178,63	0,8383

Tabla 4. Modelo Logarítmico

Potencia (%)	a	b	R <sup>2</sup>
20	3800,5	-0,7879	0,9651
40	898,74	-0,7799	0,9620
50	510,31	-0,5982	0,9526
60	473,52	-0,6681	0,9502
70	344,58	-0,6035	0,9082
80	281,04	-0,4747	0,8445
90	278,53	-0,6143	0,8844

Tabla 5. Modelo Potencial

Potencia (%)	a	b	c	R <sup>2</sup>
20	0,0044	-1,9684	271,77	0,9995
40	0,0767	-8,4876	253,29	0,9593
50	0,1310	-10,45	248,40	0,9670
60	0,2579	-15,016	250,71	0,9672
70	0,2763	-15,442	240,00	0,9277
80	0,2715	-14,931	241,22	0,9182
90	0,7100	-25,506	253,03	0,9542

Tabla 6. Polinomio de grado 2



Potencia (%)	a	b	c	d	R <sup>2</sup>
20	$4 \times 10^{-7}$	0,0042	-1,9526	271,53	0,9795
40	-0,0015	0,2457	-13,118	268,50	0,9987
50	-0,0030	0,3810	-15,720	267,20	0,9980
60	-0,0083	0,7544	-22,504	268,08	0,9993
70	-0,0120	0,9951	-26,285	265,16	0,9957
80	-0,0121	0,9996	-25,943	266,70	0,9957
90	-0,0420	2,2835	-39,878	268,76	0,9988

Tabla 7. Polinomio de grado 3

Potencia (%)	a	b	c	d	e	R <sup>2</sup>
20	$-7 \times 10^{-8}$	$3 \times 10^{-5}$	-0,0012	-1,6837	269,81	1,0000
40	$2 \times 10^{-5}$	-0,0039	0,3544	-14,636	269,87	0,9999
50	$3 \times 10^{-5}$	-0,006	0,4900	-16,930	269,20	0,9999
60	0,0001	-0,0171	0,9748	-24,229	269,74	0,9999
70	0,0003	-0,0348	1,5619	-30,721	269,44	0,9997
80	0,0003	-0,0337	1,5363	-30,114	270,75	0,9996
90	0,0012	-0,1016	3,1992	-44,137	270,04	1,0000

Tabla 8. Polinomio de grado 4

Potencia (%)	a	b	c	d	e	f	R <sup>2</sup>
20	$2 \times 10^{-11}$	$-8 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-5}$	-0,0014	-1,678	269,79	1,0000
40	$-4 \times 10^{-7}$	$8 \times 10^{-5}$	-0,0084	0,4733	-15,673	270,00	1,0000
50	$-9 \times 10^{-7}$	0	-0,011	0,6010	-17,680	269,80	0,9999
60	$-2 \times 10^{-6}$	0,0003	-0,0233	1,0616	-24,641	269,89	0,9999
70	$-3 \times 10^{-6}$	0,0006	-0,0455	1,7128	-31,436	269,69	0,9997
80	$7 \times 10^{-6}$	-0,0004	-0,0109	1,2139	-28,586	270,20	0,9998
90	$3 \times 10^{-5}$	-0,0006	-0,0635	2,8639	-43,162	270,00	1,0000

Tabla 9. Polinomio de grado 5

La velocidad de secado aumenta con el incremento de la potencia y por lo tanto la llegada a peso constante es más rápida, si bien la consistencia y el color del alimento se ven desmejorados a altas potencias, mayores del 60 %.

Este fenómeno de variación de la velocidad de secado se observa en los gráficos anteriores y también en la figura 5 donde se puede apreciar la pérdida de peso en función del tiempo.

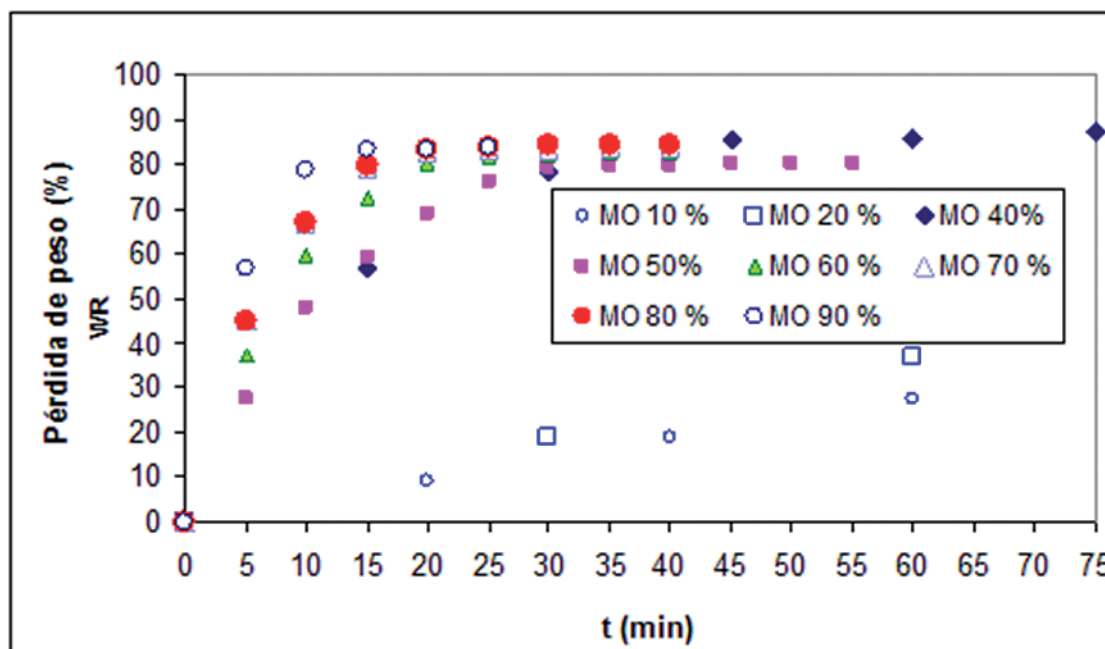


Fig 5. Pérdida de peso en función del tiempo para las distintas potencias de microondas: 10%, 20 %, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%.

## Conclusiones

El secado por microondas depende de las propiedades dieléctricas del alimento, el que se relaciona con el contenido de humedad que va modificándose durante el calentamiento. La simulación del fenómeno es bastante compleja y en consecuencia en la literatura no se encuentran muchos modelos fenomenológicos que logren describir adecuadamente este tipo de secado. Por ello, en este trabajo se ajustaron las curvas de secado experimentales a distintos modelos matemáticos simples: lineal, exponencial, logarítmico, potencial y polinomios de grado 2, 3, 4 y 5; siendo los polinomio de grado 3, 4 y 5 los más satisfactorios para el ajuste.

A potencias altas (60% o mayores) hay un desmerecimiento de la calidad por cambios de color y consistencia. Mejores condiciones de textura y color del alimento se pueden lograr cuando se realiza un pretratamiento del mismo con deshidratación osmótica antes del secado por microondas. Actualmente se está trabajando en este tema. Esta mejora puede atribuirse a la incorporación de solutos (sal y edulcorantes como pueden ser sacarosa, xilitol, etc.) al alimento durante la deshidratación osmótica. Éstos solutos modifican las propiedades dieléctricas del producto y hacen que el posterior calentamiento por microondas sea más uniforme.

## Referencias

- BEAUDRY, C.; RAGHAVAN, G.; RENNIE, T., *Microwave finish drying of osmotically dehydrated cranberries*, *Drying Technology*, 21, N°9, 1797-1810, 2003
- BOURAQUI, M.; RICHARD, P.; DURANCE, T., *Microwave and convective drying of potato slices*, *Journal of Food Process Engineering* 17 (1994), 353-363.
- WAIS, N., AGNELLI, M.E., MASCHERONI, R.H., *Combined osmotic dehydration-microwave drying of fruits application apple cubes*, 2° Mercosur Congress on Chemical Engineering, 2004

# La gestión del mantenimiento de activos físicos en distribuidoras de energía eléctrica de Argentina\*

**José Luis Martínez**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Escuela de Posgrado.  
Avenida Medrano 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1179AAQ, República Argentina  
*jmartinez@edenor.com*

*Recibido el 21 de agosto de 2009; aceptado el 18 de septiembre de 2009*

## Resumen

El actual contexto de la industria eléctrica plantea restricciones para la rentabilidad del negocio. Esta circunstancia lleva a las empresas eléctricas a buscar la optimización de la gestión del mantenimiento de sus activos físicos instalados, desarrollando sus actividades más efectivamente, cumpliendo con los requisitos demandados por el mercado y los organismos de control y con menores costos, modificando para ello los criterios de aplicación vigentes, para asegurar que el negocio continúe siendo rentable.

A partir de esta situación, en este trabajo se presenta un modelo para optimizar la gestión del mantenimiento de activos físicos en empresas distribuidoras eléctricas de Argentina, teniendo en cuenta el actual escenario imperante.

La evaluación del modelo desarrollado respecto a las mejores prácticas empleadas a nivel internacional, así como el estado del arte alcanzado en la cuestión, permiten determinar que las distribuidoras eléctricas pueden gestionar sus activos físicos en forma eficiente, contemplando el nuevo modelo de negocios y considerando las particularidades existentes en cada caso.

**PALABRAS CLAVES:** GESTIÓN DE ACTIVOS - MANTENIMIENTO - DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA - ESTACIONES TRANSFORMADORAS

## Abstract

Today's context of the electric industry, presents restraints for the profitability of the business. This fact, leads to electric utilities to optimize the maintenance management of their physical assets, developing their activities more effectively, fulfilling the requirements imposed by the market and the regulatory authorities and with lower costs, modifying to do so the criterion applied presently to ensure that the business goes on being cost-effective.

From this situation, in this paper a model to optimize the maintenance management of physical assets in Argentinean electric distribution utilities, taking into account the scenary in-force, is presented.

The evaluation of the developed model as regards the best practices used worldwide, as well as the established state-of-the-art in the matter, allows settling that for distribution utilities it is possible to manage their physical assets efficiently, taking into account the new model of business and considering the distinctive features existing in each situation.

**KEYWORDS:** ASSETS MANAGEMENT - MAINTENANCE - ELECTRIC DISTRIBUTION - TRANSFORMER STATIONS

\*Trabajo escrito por J. L. Martínez sobre la base de su tesis para optar al grado de Magister en Administración de Negocios, bajo la dirección de Z. Cataldi y M. Ramos.

## Introducción

La transformación de los mercados eléctricos sucedida a nivel mundial a principios de los años '90 requiere asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas eléctricos, lo cual representa un factor clave en las estrategias a ser desarrolladas en la actualidad por las empresas de distribución eléctrica.

Este nuevo escenario, influenciado por una creciente demanda de las redes eléctricas, con equipamiento operando al límite de su capacidad, una menor redundancia de los sistemas, restricciones operativas que limitan las salidas de servicio por mantenimiento e ingresos ligados a la disponibilidad de las instalaciones entre otras restricciones, lleva a las compañías eléctricas a buscar nuevos modos de desarrollar sus actividades teniendo en consideración esta realidad.

Consecuentemente, para afrontar este nuevo contexto, se impone reconsiderar las prácticas de gestión de activos<sup>1</sup> desarrolladas hasta el momento. El objetivo es el de alcanzar los niveles de calidad de servicio requeridos con rentabilidad y mantener al mismo tiempo, niveles de riesgo aceptables, a efectos de lograr la sustentabilidad del negocio de la distribución eléctrica.

La situación expuesta requiere de profundos cambios en los modos de pensar respecto a las actividades de mantenimiento y, el desafío consiste en desarrollar estrategias mejoradas y nuevas herramientas de gestión.

En el presente trabajo se desarrolla un modelo de gestión para el mantenimiento de activos instalados en empresas distribuidoras de energía eléctrica de Argentina, orientado a agilizar la toma de decisiones en las empresas del sector energético en relación con la mejora de la calidad de servicio y la optimización de sus costos operativos.

Para ello, la atención fue puesta en el equipamiento de estaciones transformadoras de alta tensión, en las que el mantenimiento tradicionalmente es más costoso y específico, debido al rol crítico que estos desempeñan en las redes

eléctricas para asegurar la operación de abierto para su análisis e implementación posterior sobre el resto de los activos instalados.

La estructura desarrollada podrá utilizarse como modelo de aplicación en las compañías energéticas de la República Argentina y el ámbito latinoamericano, considerando que los recursos disponibles en esta región resultan bastante distintos de los que se pueden encontrar en mercados más desarrollados ya sea del ámbito norteamericano o europeo.

## Parte Experimental

### Antecedentes

Como consecuencia de los cambios ocurridos en los últimos años en el sector eléctrico, el desarrollo del mantenimiento ha requerido alinear sus estrategias con la visión empresarial de las compañías para adaptarse a las nuevas exigencias planteadas por los ambientes competitivos y globalizados.

En este tiempo la actividad del mantenimiento ha debido reorientar su gestión, tal vez más que cualquier otra disciplina. Estos cambios se deben al gran incremento en cantidad y variedad de los activos que deben ser mantenidos, diseños más complejos, implementación de nuevas técnicas y herramientas de gestión y nuevos puntos de vista acerca de la organización y responsabilidades del mantenimiento.

En vista de la aparición de esta cantidad de cambios, quienes tienen a su cargo la gestión del mantenimiento están buscando una nueva aproximación al tratamiento de la cuestión; para ello deben modificar por completo sus modos de pensar y de actuar, como ingenieros y como administradores.

Si se repasa en forma genérica la evolución que ha tenido la gestión del mantenimiento, puede decirse que las prácticas llevadas a cabo desde los años '30 en adelante, presentan tres etapas bien definidas (Moubray, 2000):

En los años previos a la Segunda Guerra Mundial, la industria no contaba con un alto grado

---

<sup>1</sup> En este trabajo, cuando se usa el término gestión de activos, el mismo se refiere a los activos físicos relacionados con el equipamiento instalado, en particular aquellos que presentan una expectativa de vida elevada.

de mecanización, de tal forma, los tiempos de inactividad no resultaban demasiado significativos. Por otra parte, el equipamiento era más simple, lo que lo hacía fácil de reparar, por lo que las compañías efectuaban principalmente mantenimiento del tipo correctivo.

Desde fines de la Segunda Guerra Mundial hasta mediados de la década del '70, el incremento de la mecanización condujo a la aparición de una mayor cantidad de equipamiento de más complejidad, equipamiento del cual las compañías comenzaban a depender fuertemente. Esta dependencia condujo al concepto de mantenimiento preventivo. Durante la década del '60 el dicho concepto consistía principalmente en revisiones del equipamiento efectuado a intervalos fijos.

La última etapa de esta evolución, comenzó a mediados de la década del '70 con la aparición de nuevo equipamiento altamente mecanizado. El aumento creciente de los costos de estos activos llevó a que las compañías buscaran formas de asegurar que el equipamiento durara y operara correctamente tanto como fuera posible, es decir a extender su vida útil. Esta etapa también marcó un aumento en la conciencia acerca de los temas relacionados con la seguridad y las consecuencias ambientales. Todos estos factores han tenido una incidencia importante en el incremento de los costos de mantenimiento de las organizaciones.

Aunque con distintos nombres, las empresas han estado "gestionando los activos" dentro de sus organizaciones por años. Términos tales como benchmarking, revisión de estrategias de mantenimiento y reingeniería entre otros, son algunos de los que en el pasado se relacionaban con esta actividad. En nuestros días, mediante la gestión de activos las organizaciones evalúan el desempeño de sus activos físicos, en la búsqueda de determinar los mejores modos de explotarlos a fin de optimizar su gestión.

Para las empresas energéticas de servicios, en la actualidad la gestión de activos se convierte en una función vital del negocio. En el contexto de tener que satisfacer las necesidades de todos los intervinientes, la gestión de activos apunta a la toma de decisiones que permitan maximizar los beneficios a largo plazo del negocio, proporcionando a los clientes servicios de alto nivel de calidad con niveles de riesgo

aceptables y controlables (CIRED, 2003).

La aparición de nuevos mercados en el sector eléctrico, con diferentes marcos regulatorios y las políticas de privatizaciones de compañías estatales acontecidas en los años '90 (principalmente en los países de Europa y Latinoamérica), plantea cambios respecto de las estrategias de mantenimiento dirigidos a optimizar los recursos humanos y materiales disponibles, además de la reducción de los tiempos de indisponibilidad del equipamiento y de los costos de mantenimiento.

Consecuentemente, en la actualidad la gestión de activos pasa a ser crítica en términos de la planificación del éxito a largo plazo del negocio, razón por la cual comienza a encontrarse entre las prioridades de los responsables de los sistemas de distribución de energía eléctrica, cobrando vital importancia las prácticas de mantenimiento implementadas a tal efecto.

### **Análisis Situacional**

Desde principios de la década del '90, se ha producido una gran transformación de los mercados eléctricos a nivel mundial, como consecuencia de la introducción de capitales privados que desde entonces tienen a su cargo la mayoría las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica (Izaguirre, 1998).

La aplicación de medidas de desestructuración y apertura a la competencia de los mercados eléctricos, fue especialmente importante en los países de Europa Occidental y Latinoamérica, en relación con la magnitud y profundidad de los cambios llevados a cabo.

En este nuevo modelo de negocios se plantean nuevas reglas de juego, caracterizadas por el fin de los monopolios y la aparición de nuevos actores. Surgen en este contexto la presión de los consumidores destinada a obtener menores costos y mayores prestaciones técnicas y organismos de control más exigentes, que imponen exigencias de calidad de servicio.

Desde esta situación, dichos cambios han tenido un fuerte impacto sobre la industria eléctrica de los mercados europeo y latinoamericano (Lalor, 1996), y de esta región en el mercado eléctrico argentino, en particular sobre las empresas dis-

tribuidoras de energía eléctrica (Estache, 1996), segmento del negocio sobre el cual se centra el presente trabajo.

A partir del nuevo entorno en el que deben operar, las distribuidoras de energía eléctrica pasan a afrontar una cantidad de nuevos requerimientos técnico-económicos, generando un entorno que busca en forma creciente mejorar la rentabilidad de los sistemas de distribución.

En este escenario, la transformación del mercado eléctrico ocurrido en la Argentina en los años '90, con la creación de un marco regulatorio que introduce rigurosos controles para el suministro de energía (Estache, 1996), exigiendo elevados niveles de calidad de servicio y previendo la imposición de fuertes sanciones por su no cumplimiento o por la indisponibilidad de instalaciones, impone a las compañías distribuidoras de energía eléctrica la necesidad de introducir cambios en la gestión de sus activos instalados, apuntando a reducir sus costos operativos, minimizar los tiempos de indisponibilidad del equipamiento y optimizar los recursos disponibles.

### **La gestión de activos y el sector eléctrico**

La gestión de activos, representa *"el conjunto de actividades dirigidas a obtener el mayor retorno monetario de algún tipo de activo, llevadas a cabo efectuando un balance entre disponibilidad, riesgo y costos"* con el objetivo de *"gestionar los activos físicos de un modo óptimo, a fin de lograr para la organización el máximo beneficio con un nivel de riesgo aceptable"*.

En el ámbito de las empresas eléctricas de servicios, la gestión de activos, tomada como el conjunto de las actividades necesarias para controlar los activos pertenecientes a la infraestructura, con el objeto de suministrar la calidad demandada con el máximo retorno de la inversión, considerando la eficiencia, confiabilidad, durabilidad y los requerimientos ambientales, permite tomar las mejores decisiones en la planeación, ejecución y logística de las tareas de mantenimiento.

En el Seminario Internacional de Mantenimiento y Servicios Asociados en Sistemas Eléctricos *"Mantenimiento: Estrategia Empresarial de*

*Competitividad"*, organizado por la *Comisión de Integración Energética Regional (CIER)* en Cartagena, Colombia en 2003, se definió como *gestión de activos físicos* al *"proceso global de gestión destinado a concebir, combinar y ejecutar los métodos que permitan ayudar a las empresas en la toma de la decisión más objetiva y de alto valor agregado en la operación de sistemas y equipos durante toda su vida útil"* (CIER, 2004).

A tal efecto, en la actualidad reducir costos de operación y mantenimiento (O&M) y preservar y/o acrecentar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas eléctricos, constituyen objetivos prioritarios para las compañías distribuidoras de energía eléctrica.

Es así que la desregulación del mercado eléctrico ha conducido a las compañías del sector a un cambio de los factores de decisión, pasando de los aspectos puramente técnicos a la consideración de factores económicos. Como consecuencia de estos cambios, las compañías que operan los sistemas de distribución eléctrica deben afrontar diversos requerimientos del mercado.

Por un lado los clientes pagan por el servicio (suministro de energía), requiriendo a su vez que este sea confiable y las autoridades imponen regulaciones, controles y compensaciones, dependiendo esto del grado de cumplimiento de los contratos de concesión y otras obligaciones impuestas por los organismos de control. Por otro lado, las compañías deben asegurarse que los gastos que realizan resulten rentables. Esto significa que las compañías distribuidoras deben satisfacer requerimientos de disponibilidad y confiabilidad y al mismo tiempo minimizar sus costos.

Un gasto predominante para las distribuidoras eléctricas es el costo de mantener los activos pertenecientes a su sistema de distribución. Existe por lo tanto la necesidad de desarrollar estrategias de mantenimiento a aplicar sobre dichos activos que permitan reducir los referidos costos y a la vez mejorar la disponibilidad y confiabilidad del sistema.

Ante esta situación, la gestión de activos implica la decisión de maximizar los beneficios del negocio de operar las redes, efectuando el suministro de energía a los clientes de un modo

económico, con los estándares de calidad de servicio requeridos y con un nivel de riesgo aceptable y confiable, sin perder de vista por ello los resultados a largo plazo del negocio.

Dado que no existe un modelo único de gestión del mantenimiento que contemple las nuevas características del mercado eléctrico, las distribuidoras de energía eléctrica deben desarrollar nuevas estrategias con una visión global del negocio según la nueva realidad del sector, considerando la confiabilidad de sus instalaciones junto con los riesgos y costos asociados.

### **El mantenimiento en el negocio de la distribución de energía eléctrica**

El mantenimiento tiene por finalidad maximizar la vida económica de un equipo o sistema cualquiera. Este enfoque de vida económica implica que mediante el mantenimiento, es necesario que el sistema tenga el mayor grado de disponibilidad, confiabilidad, seguridad y funcionalidad.

Existen diferentes tipos de estrategias de mantenimiento (*correctivo, preventivo, predictivo*), siendo la comparación de los logros o beneficios obtenidos de ellos, el mejor camino para definir su aplicabilidad.

En los últimos años, se han desarrollado en la industria en general, una cantidad de técnicas integrales de mantenimiento que emplean las distintas estrategias existentes, con el fin de optimizar su gestión, considerando factores técnicos y económicos. Entre estas, surgen el *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM - Reliability Centred Maintenance)* y el *Mantenimiento Basado en Riesgo (RBI - Risk Based Inspections)*.

En línea con esta tendencia, en la industria eléctrica el ambiente competitivo orientado hacia el mercado ha forzado a las empresas energéticas a dar mayor importancia al rol de la gestión del mantenimiento en sus actividades (Endrenyi, 2001).

Para el caso de las distribuidoras de energía eléctrica, los resultados de la selección de estrategias de mantenimiento adecuadas están dados por la disminución de salidas de servicio en cantidad y duración y una mejor calidad de servicio.

En este sector, la calidad de los trabajos de mantenimiento no solo afecta directamente el desempeño técnico de sus instalaciones, sino también la rentabilidad de sus operaciones y los servicios brindados a los clientes. El objetivo buscado es maximizar la eficiencia de O&M, sin por ello comprometer su efectividad.

A partir de estos requerimientos, en las empresas de energía surge la necesidad de efectuar cambios en las estrategias de mantenimiento empleadas, orientados a desarrollar conceptos más avanzados de gestión que contemplen, no solo las soluciones técnicamente más convenientes, sino también aquellas que consideren los aspectos económicos relacionados con la rentabilidad del negocio, para lo cual pueden emplearse distintas estrategias, según las diferentes realidades particulares del sector.



**Fig 1. Estación transformadora de alta tensión**

### **Un modelo para la optimización de la gestión de activos**

El actual escenario de los mercados de electricidad, requiere redefinir las condiciones en que el negocio pueda desenvolverse en términos de márgenes de rentabilidad, cumpliendo las condiciones impuestas por los entes reguladores respecto a costos y calidad de suministro, lo que plantea para las distribuidoras eléctricas el desafío de gestionar sus activos de modo tal de poder dar cumplimiento a tales requerimientos.

Un área esencial para estas compañías es el de las redes eléctricas de alta tensión, en especial los activos instalados en las estaciones transformadoras de alta tensión, por tratarse de un sector particularmente capital - intensivo que resulta crítico para asegurar la operación de tales redes, considerando además los costos involucrados referidos al mantenimiento e inversiones requeridos para su explotación en forma continua y confiable (Fig. 1).

El actual esquema del negocio eléctrico impone minimizar los tiempos de indisponibilidad del

equipamiento de estas instalaciones, asegurando a la vez su confiabilidad. Para contemplar estos requerimientos, en la definición de la planificación estratégica del mantenimiento es esencial privilegiar criterios de condición e importancia de estos activos para direccionar las acciones a llevar adelante.

Es así que para optimizar la gestión del mantenimiento de estas instalaciones, en todos los casos resulta clave la consideración de una cantidad de factores (Martínez, 2009) (Fig. 2):

a) Modelización de la red de alta tensión en "módulos de mantenimiento", entendido esto como la mínima porción del sistema eléctrico que puede ser sacada de servicio para efectuar trabajos de mantenimiento sobre alguno de sus elementos componentes. Bajo este concepto, cuando una instalación es requerida fuera de servicio por mantenimiento, puede optimizarse la planificación de las tareas a realizar, aprovechando las salidas de servicio programadas para ejecutar las acciones que correspondan, mejorando así el uso de recursos e incrementando la disponibilidad de las instalaciones.



**Fig 2. Factores clave para un modelo de gestión del mantenimiento**



b) Desarrollo de programas de trabajo para el mantenimiento del equipamiento instalado, indicando tareas a efectuar, criterios técnicos a seguir para su realización y recursos necesarios. Dichos programas deben contemplar la "personalización" de los trabajos a ejecutar según los distintos contextos operativos, a fin de eliminar acciones de mantenimiento innecesarias. Para el caso de mediciones y ensayos, la definición de valores límite admisibles permite evaluar "en campo" los parámetros bajo control y detectar desviaciones. Los resultados obtenidos, deben posibilitar clasificar la condición del elemento para, en caso de detectarse anomalías, definir prioridades de intervención.

c) Elaboración de criterios para definir distintos niveles de criticidad que permitan identificar la condición del equipamiento, controlar su evolución y direccionar las acciones necesarias en caso de requerirse tareas de mayor envergadura para restaurar la condición del equipo a un nivel satisfactorio.

d) Monitoreo sistemático y evaluación de resultados obtenidos, a efectos de obtener tendencias y patrones de comportamiento de anomalías y reglas de conocimiento para priorizar las acciones correctivas a llevar a cabo que correspondan.

Estos elementos de gestión debe estar fuertemente respaldados por la realización de acciones proactivas de mantenimiento, todas ellas

orientadas a reducir las salidas de servicio de las instalaciones en cantidad y duración. Tales acciones deben estar basadas en la ejecución de tareas predictivas (en servicio y fuera de servicio) para determinar la condición del equipamiento, determinaciones detectivas con el equipamiento en servicio para la búsqueda de fallas ocultas y técnicas de mantenimiento basadas en riesgo.

El análisis de riesgo de la red de alta tensión posibilita definir los niveles de criticidad de las instalaciones evaluadas. Este desarrollo está centrado en el concepto de matriz de riesgo, mediante el cual puede ponerse de manifiesto la combinación de probabilidad de ocurrencia y posibles consecuencias para diferentes eventos indeseados que pudieran ocurrir (Nordgård, 2005).

La calificación de riesgo de la totalidad del equipamiento instalado, proporciona un puntaje de riesgo para cada componente (transformadores de potencia y de medición, interruptores, seccionadores, descargadores), lo que permite tomar acciones sobre aquellos elementos que por tener una calificación más comprometida, son los que más ponen en riesgo la calidad de servicio. La clasificación del nivel de riesgo mediante un código de colores facilita la identificación en forma rápida y sencilla del nivel de riesgo de la red de acuerdo a su nivel de criticidad, además de reflejar clara y rápidamente los resultados según criterios de aceptabilidad preestablecidos (Fig. 3).

FACTOR			IMPACTO			
			bajo	medio	alto	crítico
			1	2	3	4
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	muy baja	1	1	2	3	4
	baja	2	2	4	6	8
	media	3	3	6	9	12
	alta	4	4	8	12	16

Fig 3. Matriz de riesgo por grados de aceptabilidad



**Fig. 4 - Esquema de decisión del análisis de riesgo**

La elaboración de matrices de riesgo divididas en tres áreas, "Bajo", "Medio" y "Alto" (inaceptable) para cada módulo de mantenimiento, permite elaborar un "mapa de riesgo" de la red de alta tensión, según distintos grados de criticidad, posibilitando la identificación de los componentes más vulnerables de la red por presentar en caso de falla un mayor impacto en la calidad de suministro.

La identificación del equipamiento crítico de la red brinda una cantidad de información de utilidad para privilegiar las acciones de mantenimiento, tal el caso de instalaciones críticas por su elevada vulnerabilidad global, módulos con un cierto nivel de criticidad a partir de la vulnerabilidad de determinados elementos que puede ser reducido efectuando sobre los mismos acciones selectivas, equipamiento que presenta dificultades para diagnosticar su estado, elementos con alta criticidad que se repite en forma sistemática por problemas de diseño, instalaciones que requieren asignar prioridad en los planes de inversiones por renovación de equipamiento, etc.

La identificación del equipamiento crítico de la red brinda una cantidad de información de utilidad para privilegiar las acciones de mantenimiento, tal el caso de instalaciones críticas por su elevada vulnerabilidad global, módulos con un cierto nivel de criticidad a partir de la vulnerabilidad de determinados elementos que puede ser reducido efectuando sobre los mismos acciones selectivas, equipamiento que presen-

ta dificultades para diagnosticar su estado, elementos con alta criticidad que se repite en forma sistemática por problemas de diseño, instalaciones que requieren asignar prioridad en los planes de inversiones por renovación de equipamiento, etc.

A partir de la referida clasificación de riesgos, pueden definirse prioridades para el mantenimiento de los distintos activos, a fin de asignar los recursos requeridos para reducir niveles de riesgo según la criticidad y la importancia de las instalaciones, considerando la evaluación de riesgo de la red de alta tensión en su conjunto (Fig. 4).

En conclusión, en el modelo desarrollado resulta clave gestionar el mantenimiento de las estaciones transformadoras de alta tensión privilegiando la importancia y condición del equipamiento, direccionando las acciones a ejecutar en forma prioritaria según su criticidad y teniendo en cuenta los distintos contextos operativos en los que estos actúan, privilegiando todas aquellas acciones proactivas de mantenimiento conducentes a minimizar las salidas de servicio y maximizar la disponibilidad de las redes.

La gestión del mantenimiento de estas instalaciones según la estrategia propuesta está alineada con los actuales requerimientos del negocio, que imponen limitar las salidas de servicio del equipamiento en cantidad y duración, asegurando su disponibilidad y confiabilidad, manteniendo a la vez los niveles de calidad de suministro requeridos y optimizando los costos de O&M en su conjunto.

## Evaluación del Modelo Propuesto

Como consecuencia de los cambios ya mencionados, las distribuidoras de todo el mundo han comenzado a desarrollar nuevos métodos de gestión del mantenimiento para que el negocio pueda desenvolverse con rentabilidad, cumpliendo además las condiciones impuestas por los entes reguladores.

Al respecto, resulta de utilidad la evaluación de las prácticas de mantenimiento llevadas a cabo por compañías líderes europeas sobre sus activos, así como los desarrollos alcanzados a nivel latinoamericano.

En el sector eléctrico europeo, las cuestiones referidas a la gestión de activos físicos en el área de O&M están altamente influenciadas por la búsqueda por parte de los organismos reguladores de fijar objetivos de confiabilidad y niveles de calidad de suministro, asociados a la aplicación de incentivos o penalidades según su grado de cumplimiento.

Tal enfoque incide en gran medida en la introducción de cambios en las estrategias de mantenimiento empleadas por las empresas del sector eléctrico. Entre estas se observa una tendencia hacia la utilización de estrategias de mantenimiento predictivas (Davies *et al*, 1998), el empleo de técnicas basadas en RCM (Héroin, 1996), asociadas a la identificación y cuantificación de riesgos (Damstra, 2000) y la aplicación de estrategias de mantenimiento considerando la criticidad del equipamiento en las redes (Balzer, 2000).

Una estrategia utilizada en forma creciente por la industria eléctrica europea es la optimización de los períodos de mantenimiento. El abordaje más simple es el aplicado por *NV Sep* de los Países Bajos (Davies, 1998). En esta estrategia, el análisis de los resultados obtenidos en cada caso para cada tipo de equipamiento permite optimizar los períodos de mantenimiento. Esta estrategia ha resultado para *NV Sep* en un incremento en los intervalos de mantenimiento para la mayoría del equipamiento, proveyendo un mecanismo simple y efectivo de feedback entre los resultados obtenidos y las políticas aplicadas.

Red Eléctrica (*REE*), a cargo del sistema eléctrico de alta tensión de España, en los últimos

años ha puesto un gran énfasis en el desarrollo y aplicación de técnicas basadas en mantenimientos por condición junto con acciones no invasivas, además de efectuar una fuerte inversión en desarrollo tecnológico, lo que le ha permitido incrementar la confiabilidad de sus instalaciones, aumentar los índices de disponibilidad y reducir costos de mantenimiento [Ferrer, 2003].

Las políticas empleadas por Electricité de France (*EDF*) son una combinación de mantenimiento basado en tiempo y en condición (Aupied, 2000). En forma genérica, EDF ha definido efectuar mantenimientos diferenciados según la importancia y criticidad de los equipos involucrados (Girard, 1999).

En el Reino Unido, la National Grid Company (*NGC*) desde la desregulación del sector eléctrico de ese país a principios de los años '90, ha buscado mejorar la eficiencia del mantenimiento mediante técnicas basadas en la determinación de la condición de su equipamiento y acciones de mantenimiento invasivo de rutina, definidas a partir de evaluaciones de riesgo. Para ello, tiene en consideración que en el Reino Unido la facturación está ligada a como se gestionan las salidas de servicio de las redes, por lo cual el costo del mantenimiento no resulta solo el costo directo del trabajo, sino también el asociado con la salida de servicio de la instalación (Davies, 1998).

Aunque los conceptos relacionados con el análisis de modos de falla y sus efectos AMFE, y la técnica RCM han pasado a ser dominantes en amplios sectores relacionados con la gestión de activos, la adopción de estas metodologías en los sectores de transmisión y distribución de la industria eléctrica hasta la fecha no se ha efectuado a gran escala (Endrenyi, 2001). La razón más importante está dada por los recursos requeridos para su completa implementación. Sin embargo, la mayoría de las compañías ha efectuado algún tipo de desarrollo al respecto.

EDF ha desarrollado una adaptación experimental de técnicas basadas en RCM sobre cierto tipo de equipamiento con resultados satisfactorios (Héroin, 1996), extendiendo luego su aplicación sobre otro tipo de equipamiento (Aupied, 2000). Una variante del RCM ha sido empleada también por la NGC. La estrategia implica la comparación de los programas de

mantenimiento vigentes con los modelos de falla conocidos y los índices de deterioro, a efectos de eliminar el mantenimiento innecesario, inefectivo o excesivo (Crisp, 2004).

Por otra parte, el desarrollo de una cantidad de programas de software para facilitar la optimización del mantenimiento se encuentra disponible desde hace algunos años y comienza a tener aplicación en la industria eléctrica. Energy Noord West de los Países Bajos cambió sus políticas de mantenimiento basadas en tiempo por métodos predictivos basados en condición, mediante el empleo de un programa de software para el diagnóstico del estado del equipamiento desarrollado en colaboración con otras empresas eléctricas holandesas y el KEMA (Damstra, 1999). Su aplicación ha resultado en una importante reducción de los costos de mantenimiento, alcanzando importantes beneficios técnicos y económicos.

Un factor tenido en cuenta a menudo es la criticidad de las instalaciones, se considera que dentro de estas pueden existir algunos puntos críticos para el desempeño del conjunto, tanto por requerimientos de calidad de suministro como por su importancia para el servicio y cuya ausencia puede causar restricciones en la operación. Para estas instalaciones existe una tendencia a asignar un tratamiento prioritario a fin de proveer la calidad de suministro requerida. La gestión de las instalaciones críticas es efectuada de diferentes maneras por distintas compañías. EDF por ejemplo, clasifica el mantenimiento del equipamiento de las estaciones transformadoras según la calidad de suministro requerida por sus clientes (Davies, 1998). Scottish Power que distribuye energía en la región sur de Escocia, aplica el concepto de criticidad a todos los aspectos de la gestión de activos (Crisp, 2004), efectuando la asignación de recursos según una clasificación de criticidad otorgada al equipamiento.

Un concepto similar fue desarrollado en Alemania por la *Universidad de Tecnología de Damsstadt* en conjunto con *ABB Calor Emag Schaltanlagen AG* y la distribuidora *Energie-Versorgung Swaben AG* con el auspicio de la *VDEW* (Asociación de Distribuidoras de Electricidad Alemanas) y presentado en la 13ra Conferencia de la Industria de la Distribución de Energía Eléctrica [Balzer, 2000]. En esta aplicación, el equipamiento esencial para la operación de las redes

es calificado según su condición y la importancia que presenta de acuerdo a una cantidad de parámetros. La evaluación conjunta de estas dos variables determina la prioridad a asignar para el mantenimiento o la renovación del equipamiento.

Por último, a partir del concepto de confiabilidad de las redes, se han desarrollado modelos probabilísticos para estimar índices de confiabilidad (Endrenyi, 2001). Estas aplicaciones permiten determinar la importancia de los componentes involucrados y definir dónde tendrán mayor efecto las acciones de mantenimiento, lo cual puede ser utilizado en la optimización del mantenimiento desde una perspectiva de confiabilidad. A tal fin, se han efectuado una cantidad de modelos de simulación que han sido empleados de modo experimental sobre redes eléctricas reales, tal el caso del método desarrollado por el *Royal Institute of Technology (KTH)* de Estocolmo, Suecia, aplicado sobre la red de distribución eléctrica del área de Estocolmo perteneciente a *Birka Energi AB* (Hilber, 2005) y el método de gestión de activos basada en confiabilidad desarrollada por *Siemens AG* de Alemania, aplicado en diferentes redes eléctricas de Alemania (Schwan, 2006). El uso de estas técnicas, aún en etapa experimental, permite una mejor asignación de recursos, identificando los componentes críticos de las redes y vinculando la confiabilidad del equipamiento y su efecto en el sistema.

En Latinoamérica, en donde el desarrollo de las estrategias de mantenimiento también requiere su reorientación según las nuevas exigencias de los mercados eléctricos, la tendencia por parte de las distribuidoras eléctricas hacia la optimización de la gestión de sus activos físicos instalados es más reciente, encontrándose aún en la etapa inicial de su desarrollo.

En la búsqueda de desarrollar las cuestiones referidas a la gestión del mantenimiento, estos temas comienzan a ser debatidos por las empresas de la región. En el *Seminario Internacional de Mantenimiento y Servicios Asociados en Sistemas Eléctricos*, organizado por el CIER en 2003, se planteó que las empresas de la región deben pasar de efectuar el mantenimiento de equipos a generar valor, para lo cual el mantenimiento debe entenderse como inversión y no como un centro de costos. Por tal motivo, deben buscarse nuevos modos de gestionar el

mantenimiento que permitan reducir costos y mejorar la calidad de servicio. En tal sentido, cualquier estrategia de mantenimiento a adoptar debería incluir el uso de indicadores cuantitativos para el seguimiento de parámetros de calidad de servicio y rentabilidad, tales como herramientas estadísticas, evaluaciones y análisis de riesgos (CIER, 2004).

Respecto a la comparación de indicadores de resultados en el ámbito internacional, si bien resulta una herramienta valiosa debe tenerse en cuenta el contexto en el cual operan las empresas de la región, dado que los recursos disponibles para mejorar la gestión de activos en el ámbito latinoamericano resultan considerablemente menores que los existentes en mercados eléctricos como el europeo, a partir de que los presupuestos asignados a la gestión del mantenimiento en Sudamérica son considerablemente menores que los empleados en aquellos países. Esta situación, hace que las distribuidoras de Latinoamérica estén bastante a la retaguardia en la aplicación de nuevos modelos de gestión para mejorar su eficiencia operativa.

De la información obtenida, se concluye que hasta la fecha en Latinoamérica no se han implementado modelos de gestión de activos de la magnitud de los efectuados en el mercado eléctrico europeo. Los desarrollos efectuados alcanzan principalmente a la optimización de los períodos de mantenimiento así como a ciertas aplicaciones de mantenimientos predictivos. Adicionalmente se han elaborado una cantidad de desarrollos experimentales para la aplicación de técnicas de RCM, los cuales no han sido implementados de forma práctica a nivel masivo.

En síntesis, del relevamiento efectuado respecto a las mejoras en las prácticas de mantenimiento llevadas a cabo por empresas líderes del sector europeo, surge que aunque existe una variedad de estrategias, todas ellas cuentan con una cantidad de elementos comunes destinados a optimizar la gestión de sus activos físicos instalados. En todos los casos se busca gestionar los activos asegurando niveles de *confiabilidad* y de calidad de suministro y reduciendo los costos operativos, para lograr que el negocio continúe siendo rentable. En general, se observa además una tendencia que apunta a personalizar el *tratamiento a dar al manteni-*

*miento de los diferentes activos*, según los distintos contextos operativos en los que estos actúan. Para ello se utilizan una cantidad de herramientas, tales como la identificación y cuantificación de riesgos y la determinación de la *importancia y criticidad* de las instalaciones. Existe también una tendencia destinada a reducir las salidas de servicio de las instalaciones para *maximizar la disponibilidad de las redes*, mediante la aplicación de estrategias de mantenimiento *predictivas*.

Aunque en el ámbito latinoamericano existe una considerable diferencia respecto al nivel de desarrollo y recursos económicos disponibles, también se observa una tendencia hacia la optimización de la gestión de activos, en la búsqueda de mejorar la rentabilidad del negocio, aunque el estado del arte en la cuestión se encuentra aún en su etapa inicial de evolución y hasta la fecha no se han aplicado nuevos modelos que vayan más allá de su desarrollo experimental.

## **Resultados y Discusión**

La transformación ocurrida en los mercados eléctricos a nivel mundial desde principios de los años '90, con la incorporación de capitales privados en la mayoría de las actividades relacionadas con el negocio de la energía eléctrica, llevó a la aplicación de medidas de desestructuración y apertura a la competencia de los mercados eléctricos, las cuales fueron especialmente importantes en los países de Europa Occidental y Latinoamérica, dada la magnitud y profundidad de los cambios llevados a cabo.

El nuevo modelo de negocios imperante plantea nuevas reglas de juego, a partir de la presión de los consumidores destinada a la obtención de menores costos y mayores prestaciones técnicas y organismos de control más exigentes, que imponen exigencias de calidad de servicio. Este nuevo contexto impone a las distribuidoras de energía eléctrica la necesidad de implementar cambios en la gestión de sus activos físicos instalados.

Aunque el avance para optimizar la gestión de activos físicos en las empresas del sector eléctrico y en particular en el área de la distribución eléctrica ha sido más lento que en otras industrias, principalmente debido a la posición monopólica que estas compañías han ocupado

históricamente, en la actualidad para las distribuidoras eléctricas la gestión de activos resulta una parte central del negocio, a partir del impacto que las fuerzas del mercado ejercen sobre estas compañías. Como consecuencia de lo anterior, un costo predominante es el de mantener los activos físicos pertenecientes a su sistema de distribución.

Tal situación requiere desarrollar nuevas estrategias de mantenimiento a aplicar sobre dichos activos, para reducir tales costos mejorando a la vez la confiabilidad del sistema. No existiendo un modelo único de gestión del mantenimiento que contemple las nuevas características del mercado eléctrico en su conjunto, las distribuidoras de energía eléctrica deben desarrollar nuevas estrategias que contemplen la nueva realidad del sector, considerando la confiabilidad de sus instalaciones, junto con los riesgos y costos asociados.

A partir de los nuevos requerimientos de los actuales mercados eléctricos, en las distribuidoras se observa una tendencia de cambios en las estrategias de mantenimiento empleadas, en la búsqueda de desarrollar conceptos avanzados de gestión que contemplen no solo las soluciones técnicamente más convenientes, sino también los aspectos relacionados con la rentabilidad del negocio.

En este contexto, un área clave es el de las redes eléctricas de alta tensión, en particular los activos de las estaciones transformadoras de alta tensión, sector especialmente capital - intensivo y crítico para asegurar la explotación de tales redes. Desde esta situación, se ha desarrollado un modelo de gestión para el mantenimiento de dichas instalaciones.

Del relevamiento efectuado respecto a las prácticas llevadas a cabo por empresas que participan del negocio de la distribución eléctrica, se concluye que existe una tendencia general que apunta a gestionar sus activos físicos instalados asegurando niveles de calidad de suministro y reduciendo a la vez sus costos operativos para asegurar que el negocio continúe resultando rentable.

De la revisión de las prácticas empleadas por empresas líderes del sector a nivel europeo para lograr estos resultados surgen una cantidad de elementos comunes. Estos están dados por el

tratamiento diferenciado dado a diferentes activos, según sus distintos contextos operativos, para lo cual se emplean una variedad de herramientas tales como la identificación y cuantificación de riesgos y la determinación de la importancia y criticidad de las instalaciones. Existe también una búsqueda orientada a reducir las salidas de servicio de las instalaciones para maximizar la disponibilidad de las redes, mediante la aplicación de estrategias de mantenimiento predictivas.

Estas tendencias también se observan en un mercado en desarrollo y con menores recursos como lo es el latinoamericano, región en la cual aunque los avances logrados son menores a los existentes en el ámbito europeo, principalmente por la escasez de recursos y el grado de desarrollo del mercado, se observan indicios de búsqueda de nuevos modelos de gestión.

Los elementos enunciados, empleados en los nuevos modelos para la gestión de activos físicos en empresas distribuidoras de energía eléctrica a nivel mundial, en todos los casos más allá de la diferente disponibilidad de recursos, presentan coincidencia con las características del modelo de gestión propuesto en el presente trabajo de investigación. Consecuentemente, el modelo planteado se encuentra alineado con las últimas tendencias observadas internacionalmente, considerando las particularidades del mercado en el que se propone sea utilizado dicho modelo.

## Conclusiones

En el contexto moderno de los mercados de electricidad, mediante la gestión de activos se procura resolver el natural conflicto de intereses que se presenta entre accionistas de empresas que son monopolios naturales y organismos reguladores, se busca maximizar ganancias a lo largo del tiempo y asegurando a la vez el suministro de un servicio de calidad para los clientes, con riesgos aceptables y manejables, equilibrando desempeño, costos y riesgos asociados.

Esto requiere redefinir las condiciones en que el negocio pueda desenvolverse en términos de márgenes de rentabilidad, cumpliendo las condiciones impuestas por los entes reguladores respecto a costos y calidad de suministro. Lo expuesto plantea para las distribuidoras de energía eléctrica el desafío de gestionar sus ac-

tivos de modo tal de poder dar cumplimiento a tales requerimientos.

Desde esta realidad, el propósito de este trabajo ha sido el diseño de un modelo de gestión para el mantenimiento de activos en empresas distribuidoras de energía eléctrica, a partir del nuevo contexto en el que estas deben desenvolverse, de aplicación en compañías de la República Argentina, buscando principalmente dar respuesta a dos cuestiones: *¿pueden las compañías distribuidoras de energía eléctrica gestionar sus activos en forma eficiente a fin de enfrentar los cambios que desde un tiempo a esta parte han modificado tan profundamente los mercados eléctricos de todo el mundo? y en tal caso ¿es posible desarrollar un modelo de gestión que contemple el nuevo contexto existente?*

La investigación desarrollada se ha centrado en los países de Europa Occidental y Latinoamérica, considerando que los cambios enunciados fueron llevados a cabo especialmente sobre estas dos regiones.

Dado que la información disponible para cubrir el problema en su conjunto es escasa, ha sido necesario recurrir a una muy amplia variedad de literatura, así como a un conocimiento exhaustivo de las características de la industria eléctrica, que permitiera construir un modelo de gestión de verdadera aplicación en el sector de la distribución eléctrica de la República Argentina.

Al respecto, resultó de mucha utilidad conocer como evolucionaron los cambios en el sector eléctrico de los países pertenecientes a la Unión Europea (UE) y el modo en que fue estructurado y reglamentado el funcionamiento de tales mercados como consecuencia de los referidos cambios. El nivel de desarrollo alcanzado en esta región y el grado de armonización existente entre los distintos países para la fijación de políticas comunes, mediante la creación de una cantidad de asociaciones que representan los intereses de la industria eléctrica a nivel de la UE y organismos de control inter-países, ha facilitado el acceso a la información disponible y la comprensión en profundidad del alcance de los procesos llevados a cabo.

A diferencia de lo ocurrido en los países de la UE, en Latinoamérica la desestructuración del mercado eléctrico no se efectuó de un modo orgánico entre los distintos países, sino que más

allá de seguirse las tendencias imperantes internacionalmente en el sector, se experimentaron una variedad de sistemas, dificultando la aplicación de políticas comunes, las cuales en lo inmediato parecen difíciles de implementar. Esto se ha visto reflejado en una mayor complejidad para el acceso a la información y el establecimiento de variables de comparación entre los dis-tintos países.

Debe considerarse además, la diferente disponibilidad de recursos existente en esta región, condicionante para el desarrollo y aplicación de nuevos modelos de gestión como los alcanzados en la UE. De la evaluación entre ambos procesos, surge que aunque la comparación de la performance de las compañías es importante, resulta de mayor valor conocer de qué manera puede mejorarse el desempeño. Los estudios de benchmarking revelan áreas que pueden ser mejoradas, pero no si las estrategias empleadas por otras compañías serán efectivas bajo diferentes condiciones. Por tal razón, para el desarrollo e implementación de modelos de gestión eficientes, aunque resulta útil tomar los lineamientos y tendencias generales de gestión empleados por empresas de primer nivel, deben evaluarse las particularidades y condicionamientos de cada mercado.

A partir de la investigación llevada a cabo, surge que para las distribuidoras eléctricas es posible desarrollar un modelo para el mantenimiento de sus activos físicos instalados que permita su gestión en forma eficiente, contemplando el nuevo modelo de negocios en que les toca actuar y considerando las particularidades del contexto operativo existente en cada caso. Aunque queda mucho por avanzar, el presente trabajo ha buscado efectuar una primera aproximación al tratamiento de la cuestión en el ámbito de las empresas eléctricas de Argentina y otros países de Latinoamérica, con la idea de movilizar dentro del sector eléctrico de la región el desarrollo de nuevos modelos de gestión, dejando el tema abierto para su mayor profundización.

En suma, mediante esta investigación se buscó hacer una contribución al conocimiento en el área de la gestión de activos de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, aunque existe un gran potencial para extender este conocimiento más lejos, para beneficio de las compañías distribuidoras de energía eléctrica, sus redes y quienes utilizan sus servicios.

## Referencias

- Aupied, J., y Bonnard, G. (Electricité de France) (2000) *Optimisation de la maintenance par la fiabilité des postes du réseau de transport - Reliability centered-maintenance for substations*, revue Epure, N° 65, 3, Electricité de France.
- Balzer, G. et al (2000) *Reliability-Centered Maintenance of substation and over-head lines: a tool for optimized management*. 13th Conference CEPSE Manila 2000.
- CIER (2004) *El Mantenimiento: Estrategia Empresarial de Competitividad, Seminario Internacional de Mantenimiento y Servicios Asociados en Sistemas Eléctricos*, SIMSE Cartagena 2003, Boletín CIER, Año XII, N° 45, 5.
- CIREN (2003) *Asset Management, Development of New Approaches. 17th Conference CIREN Barcelona 2003, Session 5*, Beta Session, Round Table Discussions.
- Crisp, J. (2004) *Asset Management in Electricity Transmission Enterprises. Ph.D. Thesis. School of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Built Environment and Engineering, Queensland University of Technology*.
- Damstra, R. et al (1999) *The impact of a condition maintenance strategy on net-work system operations*. Cigré Symposium London 1999.
- Damstra, R. et al (2000) *A review of methods for the management of transmission outage risk. 38th Cigré Session*, paper 23/39-07.
- Davies, T. et al (1998) *Drivers for change in transmission maintenance policy and the role of computer based information and decision support systems*. 37th Cigré Session, paper 23/37/39-02.
- Endrenyi, J. et al (2001) *The present status of maintenance strategies and the impact of maintenance on reliability*. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 16, N° 4, 638.
- Ferrer, L. y García, R. (2003) *Estrategias de gestión en el mantenimiento de redes de transporte de alta tensión. Seminario CIER SIMSE Cartagena 2003*.
- Girard, A. et al (Electricité de France) (1999) *Mise en oeuvre de la nouvelle politique de maintenance matériels HT à Électricité de France*, Mat Post 99 Conférence, Lyon, Notes XIX, 230.
- Hérouin G. et al (Electricité de France) (1996) *Experimental adoption of RCM in EDF substations, Collection de notes internes de la Direction des études et recherches*. Matériel électrique, transport et distribution d'énergie, N° 71, 11, Electricité de France.
- Hilber, P. y Bertling, L. (2005) (KTH Royal Institute of Technology, Stockholm) *A method for extracting reliability importance indices from reliability simulations of electrical networks*. Proceedings 15th Conference PSCC Lieja 2005, paper 6.
- Izaguirre, A. (1998) *Private Participation in the Electricity Sector - Recent trends. Public Policy for the Private Sector, Note N° 154*, The World Bank Group. disponible en [rru.worldbank.org/Documents/PublicPolicyJournal](http://rru.worldbank.org/Documents/PublicPolicyJournal) (consultado 15/06/09).
- Lalor, R. y Garcia, H. (1996) *Reshaping Power Markets- Lessons from Chile and Argentina. Public Policy for the Private Sector, Note No. 85*, The World Bank Group. disponible en [rru.worldbank.org/Documents/PublicPolicyJournal](http://rru.worldbank.org/Documents/PublicPolicyJournal) (consultado 15/06/09).
- Estache, A. y Rodríguez Pardina M. (1996) *Regulatory Lessons from Argentina's Power Concessions. Public Policy for the Private sector, Note No. 92*, The World Bank Group. disponible en [rru.worldbank.org/Documents/PublicPolicyJournal](http://rru.worldbank.org/Documents/PublicPolicyJournal) (consultado 15/06/09).
- Martínez, J. (2009) *A maintenance management model for HV substations in the framework of the new electric markets. 20th Conference CIREN Praga 2009*, paper 0028.
- Moubray, J. (2000) *Reliability-Centered Maintenance - An Introduction*. disponible en [www.thealadonnetwork.com](http://www.thealadonnetwork.com) (consultado 30/05/09).
- Nordgård, D. et al (2005) *Developing and Implementing a risk based maintenance strategy for distribution companies*. 18th Conference CIREN Turín 2005, paper 292.
- Schwan, M. et al (2006) *Reliability centered asset management for electricity installations - From theory to practice*. Congreso CIDEL Buenos Aires 2006, paper 1.5.07.



# Análisis comparativo del comportamiento reológico de bases para aderezos de ensaladas adicionados con distintos hidrocoloides

**Agustina Zangrando, Susana Santana, Graciela Celma, Rosa M. de Breier, Patricia Della Rocca**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires  
Grupo Tecnología de Alimentos, Departamento de Ingeniería Química  
Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.  
*patriciadellarocca@hotmail.com*

*Recibido el 14 de marzo de 2009; aceptado el 20 de mayo de 2009*

## Resumen

El objetivo del presente trabajo es el estudio del comportamiento reológico de diferentes formulaciones bases para aderezos de ensaladas (emulsiones de aceite en fase acuosa) a las que se incorporaron almidón nativo, almidón modificado, goma guar y goma xántica. Todas las muestras analizadas mostraron un comportamiento no newtoniano de carácter pseudoplástico que se pudo describir con la ecuación de la ley de la potencia (Ostwald-de-Waele) y también tixotropía ya que la viscosidad aparente no estaba relacionada exclusivamente con la velocidad de deformación sino también con el tiempo. El almidón modificado mejoró el comportamiento reológico de las formulaciones (aumento de la pseudoplasticidad) respecto del almidón nativo. El agregado de concentraciones muy bajas de goma guar y xántica a las formulaciones incrementaron notablemente la pseudoplasticidad. Los datos experimentales obtenidos con las muestras que contenían almidón modificado y goma guar se ajustaron también satisfactoriamente con el modelo de Herschel-Bulckley modificado.

**PALABRAS CLAVES:** EMULSIÓN ACEITE-AGUA - HIDROCOLOIDES - REOLOGÍA

## Abstract

The aim of the present work is the study of the rheological behaviour of different dressing salads (emulsions of oil in water fase) that contained native starch, modified starch, guar gum and xantic gum. All the samples showed a non Newtonian behaviour with pseudoplastic nature which could be described by the power law (Ostwald-de-Waele) and also thixotropy because the apparent viscosity was related not only with the stress rate but the time also. The modified starch improved the rheological behaviour of the samples (pseudoplasticity increase) with regard to native starch. The addition of low concentrations of guar gum and xantic gum to the samples enlarged the pseudoplasticity. The experimental data obtained with the samples that contained modified starch and guar gum were adjusted satisfactorily with the modified Herschel-Bulckley model.

**KEYWORDS:** OIL-WATER EMULSION - HYDROCOLLOIDS - RHEOLOGY

## Introducción

El estudio del comportamiento reológico de los hidrocoloides tiene especial relevancia cuando se emplean para modificar la textura de diversas formulaciones alimenticias (Yaseen et al, 2004). Las propiedades reológicas juegan un importante rol en el diseño de procesos. Los datos reológicos se necesitan para los cálculos de flujo de fluidos en cualquier proceso (bombeo, extracción, filtración, extrusión, etc) (Marcotte et al., 2001). Los hidrocoloides (xantanos, carragenatos, pectinas, almidones y gelatinas) son usados ampliamente en alimentos debido a sus propiedades funcionales. Numerosos estudios se han llevado a cabo para analizar las características reológicas de los hidrocoloides individualmente o como integrantes de formulaciones alimentarias (Abdelrahim, 1995; Da Silva y Rao, 1997; Dickie y Kokini, 1983; Krumel y Sarkar, 1975; Sanderson, 1981; Stanley, 1990; White, 1993).

La viscosidad de los hidrocoloides puede ser significativamente afectada por variables como la velocidad de deformación, temperatura, presión y tiempo de deformación. Para los fluidos newtonianos a temperatura y presión constante la viscosidad no varía con la velocidad de deformación. En el caso de los fluidos no newtonianos la viscosidad puede decrecer con un aumento en la velocidad de deformación dando lugar a un comportamiento pseudoplástico o puede incrementarse cuando se está en presencia de un fluido dilatante. La pseudoplasticidad ocurre debido a una alineación molecular en el interior de una sustancia (Glickman, 1969). El efecto de la concentración sobre la viscosidad aparente de los hidrocoloides es generalmente descrito por una relación exponencial o potencial (Rao, 1977; Speers et al, 1986). La temperatura tiene una importante influencia en el comportamiento del flujo de soluciones de hidrocoloides. El efecto de la temperatura sobre la viscosidad aparente es generalmente expresado por un modelo tipo Arrhenius (Rao, 1977; Speers et al, 1986). Varios modelos han sido utilizados para describir el comportamiento de soluciones de hidrocoloides: Newtoniano, Bingham, ley de la potencia (Ostwald-de-Waele), Herschel-Bulkley y Casson. El modelo de la ley de la potencia es tal vez el más extensamente empleado para líquidos no newtonianos y el más aplicado en la práctica ingenieril (Barnes et al, 1989). Las propiedades reológicas de las soluciones de hi-

drocoloides podrían también exhibir una dependencia con el tiempo (tixotropía), en la que la viscosidad aparente disminuye con el tiempo. El modelo logarítmico modificado de Weltmann (Weltmann, 1943) ha sido aplicado para describir el comportamiento reológico de las soluciones de carboximetilcelulosa y pectinas en yogures.

La interacción sinérgica de mezclas de gomas en la viscosidad ha sido también objeto de numerosos estudios. Khouryieh et al, 2006 analizó el comportamiento de las mezclas de goma xántica y guar a distintas temperaturas.

Cabe resaltar que el comportamiento viscoso de los productos es importante en muchas áreas de la tecnología de alimentos y puede convertirse en un factor significativo en determinados procesos, que se hacen más ineficientes a altas viscosidades en los procesos de bombeo, agitación, mezclado, etc, en los que se requiere que el fluido se mueva con menor resistencia y una mayor facilidad. De esta manera, se consumiría una mayor cantidad de energía en su movimiento. A una gran variedad de alimentos como la mayonesa o la salsa ketchup, se les exige determinadas características de textura: untabilidad y flujo bajo pequeños esfuerzos, pero que mantengan su forma cuando están en reposo. Así, la viscosimetría es un importante componente de la calidad de alimentos fluidos y semi-fluidos. Los hidrocoloides se agregan al producto a fin de aumentar la viscosidad de la solución que integra el sistema bifásico. Los productores nacionales en general eligen el tradicional almidón de maíz nativo debido principalmente a su bajo costo, teniendo como desventaja que una vez gelatinizado presenta el fenómeno de retrogradación y subsiguiente sinéresis con el transcurso del tiempo. Otros hidrocoloides, como las gomas guar y xántica pueden sustituir al almidón a nivel industrial ya que en menores concentraciones pueden brindar mayor consistencia a costos comparables y minimizar la sinéresis.

La goma guar es el polisacárido del endospermo de la semilla de *Cyamopsis tetragonolobus*, familia de las leguminosas. Ofrece un especial interés, derivado del hecho de presentar simultáneamente las propiedades de los polisacáridos lineales y las de los ramificados. Se presenta como una larga cadena de unidades de D-manosa y las pequeñas cadenas laterales de restos de una sola molécula de D-galactosa.

La molécula es por lo tanto muy larga, pero con numerosas ramas laterales muy cortas.

La goma xántica es un polisacárido extracelular elaborado por diversas especies de Xanthomonas, siendo X. campestris el microorganismo comercialmente utilizado para su síntesis. Su estructura consiste en una cadena de celulosa con grupos de oligosacáridos unidos como ramificaciones.

## Parte Experimental

### Preparación de las Muestras

Las muestras se elaboran a partir de las materias primas (formulación según Jellinek, 1985). Los espesantes usados son almidón de maíz nativo (Buffalo 034010) 3% m/m, almidón modificado al 3.8 % m/m, goma guar al 0.1 % y 0.3%, goma xántica al 0.3 %. El pH final se ajusta siempre a 4.0 a 20°C. Las muestras se envasan en frascos estériles y se conservan en refrigeración hasta su análisis.

### Metodología

Para la caracterización reológica se utiliza un viscosímetro Brookfield RVDVII con Small sample adapter, baño termostatzado Brookfield con controlador digital Modelo TC 502. Las muestras se termostatzan a  $20 \pm 0,5$  °C. Cada muestra es sometida a un ciclo de deformación (curvas ascendente o ida y descendente o vuelta) incrementando la velocidad cada 10 segundos variando el gradiente de velocidad. Las medidas se llevan a cabo por triplicado. Se mide el tor

que para cada gradiente de velocidad. La viscosidad aparente se calcula a partir de la ley de Newton. El umbral de fluencia se estima a partir de la curva de flujo (esfuerzo vs. velocidad de deformación) extrapolando a deformación 0 en la curva ascendente (Barbosa & Peleg 1983). Se estudia la dependencia con el tiempo a través de la determinación de la viscosidad aparente a velocidad constante. Se selecciona la velocidad en la que se encuentre el mayor grado de histéresis, encendiendo el rotor en dicha velocidad. Se mide durante 5 minutos cada 10 s (Barbosa & Peleg 1983). Se determina la retención de la fracción líquida de las muestras realizando un Half Hour Blotter Test (Bridge & Company-Printers and Stationers, London).

### Análisis de Resultados

A fin de describir el comportamiento reológico de las diferentes muestras, se ajustaron los datos experimentales obtenidos a diversos modelos encontrados en la literatura.

El modelo de Ley de la Potencia (Ostwald-de-Waele) ajusta satisfactoriamente los datos experimentales obtenidos con todas las muestras. En la Tabla 1 se muestran los valores obtenidos de a, coeficiente de consistencia; b, índice del comportamiento del flujo y R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación. En todas las muestras el índice de comportamiento de flujo, b, es menor que la unidad indicando un comportamiento pseudoplástico. Se puede inferir que cuando en las muestras se reemplaza el almidón nativo por el modificado el coeficiente de consistencia aumenta notablemente. Cuando se incrementa la

CONTENIDO EN ESPESANTES DE LAS FORMULACIONES (% M/M)	A (PA.S <sup>b</sup> )	B	R <sup>2</sup>
almidón nativo 3.8 % y goma guar 0.3 %	40.138	0.2748	0.9972
almidón nativo 3.8 % y goma guar 0.1 %	12.987	0.3104	0.9992
almidón modificado 3.8 % y goma guar 0.1 %	40.666	0.2648	0.2648
almidón modificado 3.8 % y goma guar 0.3 %	74.52	0.2926	0.9900
almidón modificado 3.8 % y 0.3 % goma xántica	62.294	0.2374	0.9941
almidón modificado 3.8 % y 0 % goma	32.306	0.3455	0.9924

**Tabla 1. Valores de los parámetros a y b obtenidos al ajustar con la Ley de la Potencia los datos experimentales de todas las formulaciones estudiadas**

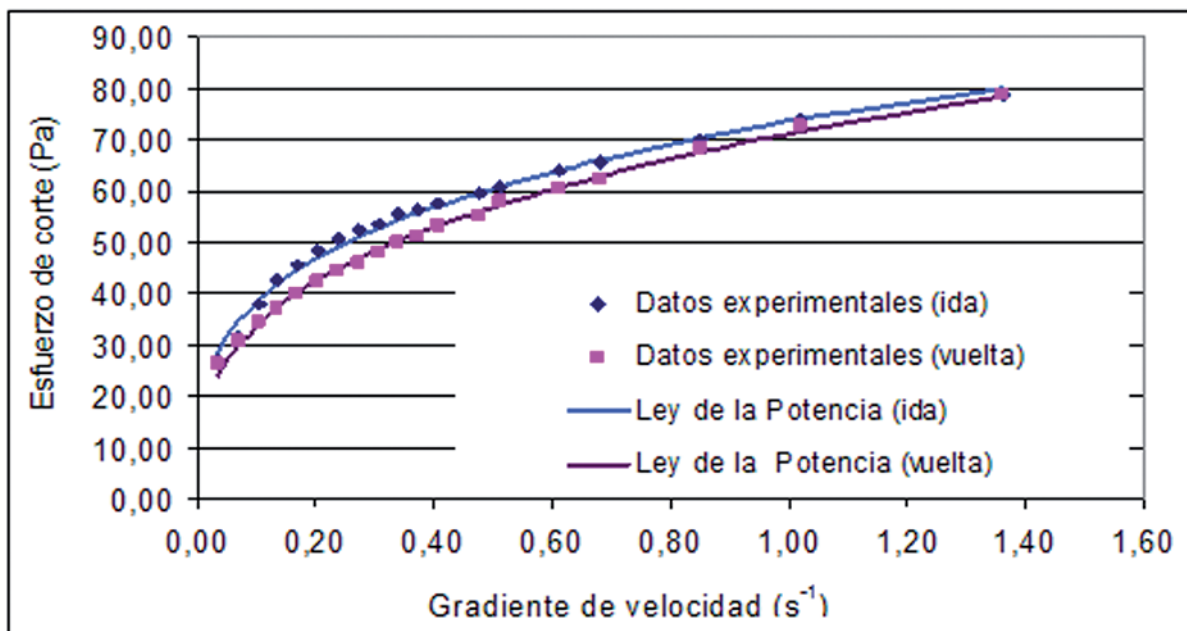
concentración de goma en las muestras para una misma concentración de un mismo tipo de almidón, el coeficiente de consistencia resulta superior. Asimismo, cuando se comparan las muestras que contienen la misma concentración de goma xántica que de guar se aprecia que las formulaciones con goma guar presentan un mayor coeficiente de consistencia y de índice de comportamiento de flujo.

En la Figura 1 se muestran los datos experimentales de la formulación con almidón modificado 3.83 % y goma guar 0.3 % y el ajuste de la ecuación de la Ley de la Potencia a los mismos.

Los datos experimentales obtenidos con las muestras que contenían almidón modificado y goma guar se ajustaron con el modelo de Herschel-Bulckley modificado. La ecuación del modelo utilizado es:

$$\sigma^{n_1} = \sigma_0^{n_1} + k_1 \dot{\gamma}^{n_2}$$

donde:  $\sigma$  es el esfuerzo de corte (Pa)  
 $\dot{\gamma}$  es la velocidad de deformación ( $s^{-1}$ )  
 $\sigma_0$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  y  $k_1$  son los parámetros del modelo



**Fig 1. Ajuste de los datos experimentales de la muestra con almidón modificado 3.83 % y goma guar 0.3 % con el modelo de la Ley de la Potencia**

Se apreció un comportamiento de las muestras dependiente del tiempo, que se puede apreciar en las curvas experimentales (ida y vuelta). En la curva de ida se representa la variación de la velocidad de rotación de la muestra en el equipo hasta una dada velocidad y a partir de allí se disminuye la velocidad hasta la inicial en la curva vuelta. En cada una de estas velocidades se determina el esfuerzo de corte. El descenso de la viscosidad aparente no está relacionado exclusivamente con la velocidad de deformación, sino también con el tiempo, atribuyéndose esto último a un comportamiento tixotrópico. Estas representaciones presentan un bucle de histéresis, ya que el camino de ida no coincide con el de vuelta.

En la Figura 2 se aprecian los datos experimentales obtenidos con la muestra que contiene almidón modificado 3.83 % y goma guar 0.3 % y el ajuste de los mismos con el modelo de Herschel-Bulckley modificado. Comparando los dos modelos matemáticos propuestos se observa que este último ajusta mejor los datos debido a que contiene un mayor número de parámetros.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros estimados del modelo de Herschel-Bulckley modificado y su coeficiente de variación de las muestras con almidón modificado y goma guar 0.3 y 0.1 %, respectivamente.

MUESTRA	$\Sigma_0$	$N_1$	$K_1$	$N_2$	CV (%)	
Almidón modificado 3.83 % y goma guar 0.3 %	Trayecto ida (aumento de la velocidad de deformación)	7.32 10 <sup>-5</sup>	0.46	7.38	0.13	0.021
	Trayecto vuelta (disminución de la velocidad de deformación)	1.19	0.12	0.65	0.11	0.011
Almidón modificado 3.83 % y goma guar 0.1 %	Trayecto ida (aumento de la velocidad de deformación)	0.86	0.53	6.17	0.16	0.040
	Trayecto vuelta (disminución de la velocidad de deformación)	1.33	0.56	6.40	0.19	0.044

Tabla 2. Valores de los parámetros de ajuste del modelo de Herschel-Bulckley y coeficiente de variación de las formulaciones con almidón modificado y goma guar en las dos concentraciones estudiadas

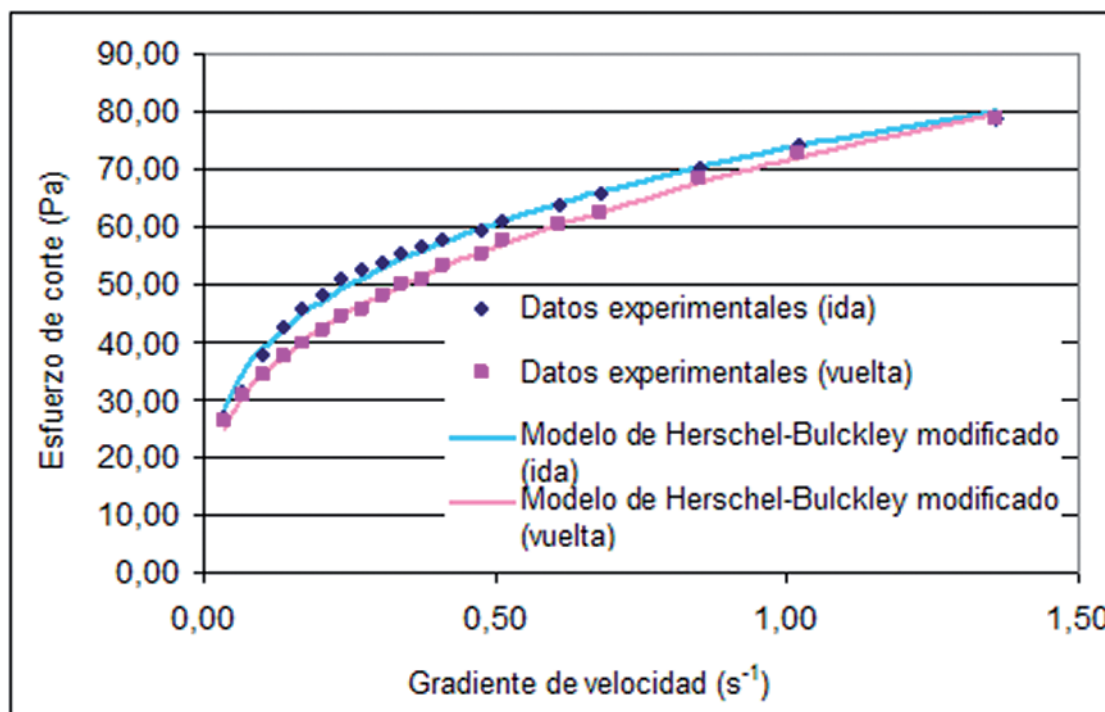


Fig 2. Ajuste de los datos experimentales de la muestra con almidón modificado 3.83 % y goma guar 0.3 % con el modelo de Herschel-Bulckley modificado.

## Conclusiones

El almidón modificado mejora notablemente la consistencia de las formulaciones cuando se compara con el nativo. Asimismo el agregado de gomas guar y xántica incrementan la consistencia de la base de aderezo. Por lo general, un aumento en la concentración de gomas aumen-

ta el coeficiente de consistencia y disminuye el índice de flujo aumentando la pseudoplasticidad. Si se compara el agregado de goma xántica con el de goma guar se aprecia un notable aumento de la pseudoplasticidad con el agregado de goma xántica.

## Referencias

- ABDELRAHIM, K.A.; RAMASWAMY, H.S.; VAN DE VOORT, F.R. (1995) *Food Research International* 28, pp. 473–480.
- BARNES, H. A.; HUTTON, J. F.; WALTERS, K. (1989) *Viscosity: An introduction to rheology*. Elsevier Applied Science, New York. pp.11–35.
- DA SILVA, M.S.; RAO, M.A. (1995) *Food Technology* 49 (10), pp. 70–73.
- DA SILVA, M.S.; PEDRO, J.C.; RAO, M.C. (1997) *Journal Texture Studies*. 28, pp. 123–138.
- DICKIE, M.; KOKINI, J.L. (1983) *Journal of Food Science* 48, pp. 57–65.
- GLICKMAN, M. (1969) *Rheology, Texture and Gums: Gum technology in the food industry*. Academic Press, New York and London. Chapter 3, pp. 56–93..
- KHOURYIEH, H.A.; HERALD, T.J.; ARAMOUNI, F.; ALAVI, S. (2006) *Food Research International*, 39 (9), pp 964-973.
- KRUMEL, K.L.; SARKAR, N. (1975). *Food Technology* 29 (4 ), pp. 36–44.
- MARCOTTE, M.; TAHERIAN HOSHAHI, A.R.; RAMASWAMY, H. S. (2001). *Food Research International*, 34 (8), pp 695-703
- RAO, M.A. (1977) *Journal Of Texture Studies*. (8), pp. 135–168
- SANDERSON, G.R. (1981) *Food Technology*. 74 , pp. 50–56.
- STANLEY, N. F. (1990). *Carrageenans. in: food gels*. Elsevier Applied Science, New York. Chapter 3, pp. 79–119.
- SPEERS R. A.; TUNG M. A. (1986). *Journal Of Food Science* 51, pp. 96–98.
- WELTMANN, R. N. (1943) *Journal Of Applied Physics* 14, pp. 343–350.
- WHITE, J.P.; DAVIDSON, V.J.; OTTEN, L. (1993) *Canadian Institute Of Food Science And Technology Journal*, 26, pp 109-129.
- YASEEN, E. I., HERALD T. M., ARAMOUNI, F.M., ALAVI, S.(2005). *Food research international*, 38 (2), pp 111-119.

# Visión general sobre la integración de CMMI SVC v1.2, ISO 20000 e ITIL v3 \*

**Fernanda Scalone**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Dirección de Posgrado  
Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

*mfscalone@yahoo.com.ar*

*Recibido el 30 de julio de 2009; aceptado el 20 de agosto de 2009*

---

## Resumen

Este artículo tiene como objetivo brindar una idea general acerca de CMMI for services v1.2, ISO 20000 e ITIL v3, los cuales son referentes de calidad aplicables a la gestión de la calidad de servicios de tecnología de la información (IT). Estos referentes de calidad se relacionan entre sí y su implementación puede contribuir a mejorar la performance de la empresa y a lograr una mayor satisfacción del cliente respecto de los servicios brindados.

**PALABRAS CLAVES:** ÁREA DE PROCESO - NIVEL DE MADUREZ - SERVICIO - BUENA PRÁCTICA - GESTIÓN DE SERVICIOS

## Abstract

A general overview regarding the models CMMI for services v1.2, ISO 20000 and ITIL v3 is the purpose of this article. These are quality models referred to quality management in information technology (IT) services. They are related to each other and their application could improve the company's performance and enhance the client's satisfaction with supplied services.

**KEYWORDS:** PROCESS AREA - MATURITY LEVEL - SERVICE - GOOD PRACTICE - SERVICE MANAGEMENT

## Introducción

### Visión general sobre CMMI for services v1.2

El modelo Capability Maturity Model Integration for Services (CMMi SVC) proporciona guías para aquellos que proveen servicios dentro de la organización y a clientes externos. Este modelo tiene el propósito de suministrar prácticas efectivas que contribuyen a la *performance*, satisfacción del cliente y confiabilidad de la comunidad económica.

CMMi SVC cubre todas las actividades requeridas para gestionar, establecer y entregar servicios. Este modelo de calidad tiene 24 áreas de proceso que abarcan las áreas de administración de proyecto, administración del proceso y soporte. Se entiende por área de proceso a un grupo de prácticas relacionadas que cuando son implementadas logran satisfacer un conjunto de objetivos para el mejoramiento del área de proceso. Existen áreas de procesos que tratan las prácticas de servicios.

Todas las prácticas de las áreas de proceso incluyen actividades con el proveedor. Estas actividades son: (1) Determinación del proveedor, (2) Desarrollo del acuerdo del proveedor y (3) Administración de las soluciones adquiridas (productos o servicios).

Este modelo permite proponer el mejoramiento de procesos y valoraciones usando o el Enfoque Continuo o la Representación por Etapas.

El **Enfoque Continuo** permite que una organización pueda seleccionar un área o grupo de áreas de procesos y mejorarlos. Este enfoque posibilita que una organización pueda mejorar diferentes procesos y entender las dependencias entre las áreas de proceso.

Este enfoque utiliza los niveles de capacidad para caracterizar el mejoramiento relacionado a un área de proceso o grupo de áreas de procesos seleccionados e interrelacionados que pueden beneficiar a la organización y a sus objetivos de negocio. El Nivel de Capacidad está conformado por un objetivo genérico y prácticas genéricas relacionadas, las cuales a su vez están vinculadas con un área de proceso y permiten optimizarlos. Dichos niveles de capacidad se numeran de 0 a 5. En esta representación

las áreas de proceso están organizadas o agrupadas en categorías. Una vez que dichas áreas fueron elegidas, se debe seleccionar el nivel de capacidad.

La **Representación por Etapas** utiliza conjuntos de áreas de proceso preestablecidas para definir un mejoramiento en la organización. Este mejoramiento está caracterizado por los Niveles de Madurez, los cuales son numerados de 0 a 5.

Un Nivel de Madurez consiste de prácticas específicas y genéricas relacionadas a un conjunto de áreas de procesos predefinido que mejora la *performance* de la organización. Cada nivel de madurez tiene asociado un conjunto de áreas de proceso que caracterizan distintos comportamientos de la organización. Este enfoque suministra, por etapa, una manera sistemática y estructurada para proponer el mejoramiento del proceso. El logro de cada etapa se asegura por medio de una infraestructura de proceso adecuada y sirve de fundamento para la próxima etapa. Este enfoque prescribe un orden para la implementación de las áreas de proceso de acuerdo a los niveles de madurez.

Los Niveles de Madurez son medidos por medio del logro de objetivos genéricos y específicos asociados a cada conjunto predefinido de áreas de procesos.

Las 24 áreas de procesos de CMMi SVC son: (1) Service Continuity (SC), (2) Services Delivery (SD), (3) Service System Development (SSD), (4) Services System Transition (SST), (5) Strategic Service Management (SSM), (6) Causal Analysis and Resolution (CAR) (7) Configuration Management (CM), (8) Decision Analysis and Resolution (DAR), (9) Integrated Project Management (IPM), (10) Measurement and Analysis (MA), (11) Organizational Innovation and Deployment (OID), (12) Organizational Process Definition (OPD), (13) Organizational Process Focus (OPF), (14) Organizational Process Performance (OPP), (15) Project Monitoring and Control (PMC), (16) Organizational Training (OT), (17) Project Planning (PP), (18) Process and Product Quality Assurance (PPQA), (19) Quantitative Project Management (QPM), (20) Requirements Management (REQM), (21) Risk Management (RSKM), (22) Incident Resolution and Prevention (IRP), (23) Supplier Agreement Management (SAM) y



## (24) Capacity and Availability Management (CAM)

A continuación se señalan las funciones características de cada una de estas áreas de procesos:

OPF permite planificar e implementar mejoras en los procesos organizacionales, las cuales se basan en el entendimiento de las fortalezas y debilidades de esos procesos.

OPD permite establecer y mantener un conjunto de procesos de la organización y estándares del ambiente de trabajo.

OT permite desarrollar las habilidades y conocimientos del personal para que puedan cumplir su rol de manera efectiva y eficiente.

OPP permite establecer y mantener un entendimiento cuantitativo de la *performance* de los procesos estándares de la organización relacionados a los objetivos de calidad y de *performance* del proceso. También, permite suministrar datos de la *performance* del proceso, líneas de base y modelos que permiten administrar cuantitativamente los proyectos de la organización.

OID permite realizar mejoras en las tecnologías y procesos de la organización que se basan en los objetivos de calidad de la organización y de *performance* de los procesos.

PP permite establecer y mantener los planes que definen las actividades del proyecto.

PMC permite entender el avance del proyecto, las acciones correctivas apropiadas del plan y relacionadas a las desviaciones de la *performance* del proyecto.

REQM permite administrar los requerimientos del producto y de los componentes del producto, e identificar las inconsistencias entre estos requerimientos y los productos de trabajo y planes del proyecto.

IPM permite establecer y administrar el proyecto; y la participación de las partes interesadas de acuerdo a un proceso definido e integrado que se basa en un conjunto de procesos estándares de la organización.

RSKM permite identificar los problemas poten-

ciales antes que ocurran y las actividades de manejo del riesgo necesarias, en el ciclo de vida del proyecto o producto, para mitigar los impactos en el logro de objetivos.

QPM permite administrar de manera cuantitativa el proceso definido en el proyecto para lograr los objetivos de la *performance* del proceso y los objetivos de calidad del proyecto.

CAM permite asegurar la *performance* del sistema de servicio y los recursos suministrados y utilizados, de manera efectiva, para soportar los requerimientos del servicio.

SAM permite administrar la adquisición de productos y servicios de los proveedores.

SC permite establecer y mantener planes para asegurar la continuidad de los servicios durante alguna interrupción de las operaciones normales.

IRP permite asegurar de manera efectiva, la resolución de incidentes del servicio y la prevención de incidentes del servicio.

SD permite entregar servicios en base a los acuerdos de servicios establecidos.

SSD permite analizar, diseñar, desarrollar, integrar, verificar y validar los sistemas de servicios, incluyendo sus componentes para satisfacer los acuerdos de servicio.

SST permite efectuar cambios en los componentes de los sistemas de servicio y administrar los efectos de la entrega del servicio.

SSM permite establecer y mantener servicios estándares de acuerdo a necesidades estratégicas y planes.

CM permite establecer y mantener la integridad de los productos de trabajo por medio de la identificación de la configuración, su control y la determinación y las auditorías de la configuración.

PPQA permite informar objetivamente al staff y a la gerencia acerca de los procesos y productos de trabajo asociados.

MA permite desarrollar una capacidad de medición utilizada para soportar las necesidades de

administración de la información.

DAR permite analizar posibles decisiones usando un proceso de evaluación formal que evalúa las alternativas junto a los criterios establecidos.

CAR permite identificar las causas de los defectos y problemas y tomar la acción necesaria para prevenir que ocurran nuevamente.

De esta forma, la empresa deberá tomar la decisión acerca de qué representación implementar para el logro de sus objetivos. Dicha implementación implica un estudio preliminar acerca de las ventajas y desventajas de implementar este modelo, teniendo en cuenta tiempos, costos y recursos necesarios.

### **Visión general sobre ISO 20000**

ISO 20000:2005 es el primer estándar mundial para IT Service Management basado en ITIL (Information Technology Infrastructure Library). ITIL es un conjunto de buenas prácticas de dirección y gestión de servicios de tecnologías de la información en lo referente a personas, procesos y tecnología. Este estándar fue desarrollado por la Office of Government Commerce (OGC) del Reino Unido, que cumple y desarrolla la norma BS 15000 de la BSI (British Standards Institution).

La realización de las buenas prácticas especificadas en ITIL hace posible que los departamentos y organizaciones puedan reducir costes, mejorar la calidad del servicio tanto de clientes externos como internos y aprovechar al máximo las habilidades y experiencia del personal, mejorando su productividad. El principal objetivo de ITIL es alinear el negocio con los Sistemas de Información.

ISO 20000 permite que las organizaciones puedan mejorar su capacidad en la entrega de los servicios administrados, medir los niveles del servicio y evaluar el performance. También permite a los proveedores del servicio entender cómo aumentar la calidad del servicio entregado a los clientes internos y externos. Los proveedores de servicios de TI (Tecnología de la Información) brindan un servicio de alta calidad a un costo mínimo. Este estándar reducirá el riesgo, cumplirá los requerimientos y demostrará la calidad del servicio. La implementación de ISO 20000 asegurará prácticas de trabajo proactivas capa

ces de entregar altos niveles de servicio al cliente que satisfagan las necesidades del negocio. ISO 20000 incluye el ciclo PDCA (Plan – Do – Control – Act) que se discutirá más adelante y el requerimiento de mejoramiento continuo.

Las organizaciones pueden tener sus sistemas de gestión de servicios de TI certificados así como pueden estar acorde a los requerimientos de ISO/IEC 20000. Este nuevo estándar está basado en BS 15000 y está integrado a los estándares ISO de ingeniería de sistemas y de software.

Actualmente la TI tiene un estándar internacional para auditar y certificar TI. ISO 20000 muestra cómo administrar y mejorar la TI; y establece un criterio de auditoría. También, suministra a los auditores de un documento estándar, el cual es usado para medir la conformidad de la TI. ISO 20000 es una certificación organizacional con reconocimiento internacional.

Las dos partes de ISO 20000 derivan de ITIL. A continuación se indican los contenidos de dichas partes, manteniendo su redacción en el idioma original, en un esfuerzo por mantener una estricta fidelidad, dada la falta de una traducción formal, vigente en nuestro país.

ISO 20000-1:2005 -  
Information Technology  
-- Service management -- Part 1: Specification

Scope

Terms And Definitions  
Requirements For A Management System  
Planning And Implementing Service Management  
Planning And Implementing New Or Changed Services  
Service Delivery Process  
Service Level Management  
Service Reporting  
Service Continuity And Availability Management  
Budgeting And Accounting For It Services  
Capacity Management  
Information Security Management  
Relationship Processes  
Business Relationship Management  
Supplier Management  
Resolution Processes  
Incident Management  
Problem Management

ContRol Processes  
Configuration Management  
Change Management  
Release Process  
Release Management Process

La primera parte de ISO 20000 es la especificación de la Gestión del Servicio de TI y ayuda a iniciar, implementar o mantener la gestión del servicio de TI en la organización. Define los procesos y suministra el criterio de evaluación y recomendaciones para el responsable de la Gestión de Servicios de TI. También promueve la adopción de un proceso integrado que entrega servicios que cumplen con los requerimientos del negocio y del cliente.

ISO 20000-1 define los requerimientos para un proveedor de servicios administrados.

ISO 20000-2: 2005  
- Information Technology -- Service management -- Part 2: Code of practice

Scope

Terms and Definitions  
The Management System  
Planning and Implementing Service Management  
Service Delivery Processes  
Relationship Processes  
Resolution Processes  
Control Processes  
Release Management Processes

La segunda parte de ISO 20000 representa un consenso de la industria sobre la guía para los auditores y provee mejoras en el servicio de planificación. Es un código de práctica y describe las mejores prácticas de los procesos de Gestión de Servicios dentro del alcance de BS 15000-1 e ISO 20000-1.

El BS 15000 es el estándar británico original para la Gestión de Servicios de TI, que ahora se ha convertido en el ISO 20000, con algunos cambios.

La certificación de la Gestión del Servicio, que al igual que la BS 15000 es otorgada por el Instituto Británico de Estándares (BSI, ya mencionado), se está transformando en la norma ISO 20000. La norma BS 15000 toma gran parte de sus lineamientos de las mejores prácticas de ITIL.

Finalmente, se puede decir que esta Norma ISO permite enfocar los negocios de una empresa de TI desde el punto de vista de los servicios. Este enfoque da la posibilidad de acceder a nuevos mercados y mejorar la competitividad de la empresa.

### **Visión general sobre ITIL v3**

ITIL (IT Infrastructure Library) suministra una estructura de guía de mejores prácticas para manejo de servicios de IT (IT Service Management). Abarca una guía de mejores prácticas de todos los aspectos del manejo de servicios de IT. También abarca el espectro de personal, procesos, productos y socios.

ITIL v3 consta de cinco partes que forman una estructura articulada en torno al concepto de ciclo de vida del servicio de la TI y responden a los títulos de:

Estrategia del Servicio (Service Strategy – SS)  
Diseño del Servicio (Service Design –SD)  
Transición del Servicio (Service Transition – ST)  
Operación del Servicio (Service Operation – SO)  
Mejora Continua del Servicio (Continual Service Improvement – CSI)

### **Estrategia del Servicio (SS)**

Se focaliza en la gestión de los servicios como un activo estratégico y define los estándares y políticas que se usan para definir los servicios de TI.

Los procesos de SS son: (1) Demand Management, (2) Strategy Generation, (3) Service Portfolio Management y (4) IT Financial Management

### **Diseño del Servicio (SD)**

Se enfoca en la creación o modificación de los servicios y de la arquitectura de la infraestructura para alinearlos con las necesidades del negocio. Provee una guía para el diseño y desarrollo de servicios y procesos; y cubre los principios de diseño y métodos para convertir los objetivos estratégicos en carteras de servicios y activos de servicios.

Los procesos de SD son: (1) Service Catalogue Management, (2) Service Level Management,

(3) Capacity Management, (4) Availability Management, (5) Service Continuity Management, (6) Information Security Management y (7) Supplier Management.

### Transición del Servicio (ST)

Maneja la transición de los servicios nuevos o modificados al ambiente de producción y provee una guía para el desarrollo y la mejora de las capacidades de transición de servicios nuevos o modificados a la fase de operaciones.

Los procesos de ST son: (1) Transition Planning & Support, (2) Change Management, (3) Service Asset & Configuration Management, (4) Release & Deployment Management, (5) Service Validation & Testing, (6) Evaluation y (7) Knowledge Management.

### Operación del Servicio (SO)

Se focaliza en lograr efectividad y eficiencia en la entrega y soporte de los servicios que garanticen un valor para el cliente. Provee guías y consejos sobre las mejores prácticas en los aspectos relacionados con la gestión y operación diaria de los servicios de TI.

Los procesos de SO son: (1) Event Management, (2) Incident Management, (3) Request Fulfillment, (4) Problem Management y (5) Operation Management.

### Mejora Continua del Servicio (CSI)

Permite crear y mantener valor para los clientes, a través de un mejor diseño, introducción y operación de los servicios. Ayuda a implementar mejoras incrementales y a gran escala sobre la calidad del servicio, eficiencia operacional y continuidad del negocio. Se usa durante todo el ciclo de vida del servicio.

Los procesos de CSI son: (1) Service Management, (2) Service Reporting y (3) Service Improvement.

El enfoque principal de ITIL V3 migra de estar solo orientado a procesos a definir en un ciclo de vida que fortalece una estrategia integral del servicio de TI. Estas prácticas tomadas como un todo muestran la idea del ciclo de vida de un servicio de TI. Se parte de un diseño, se produce

un periodo de transición en el que se desarrolla e implanta el servicio, el cual posteriormente se operará, y todo ello auspiciado por una estrategia, y bajo el amparo de una mejora continua.

De esta forma, los proveedores de servicios pueden mejorar la calidad, bajar costos y responder rápido a los clientes. La implementación exitosa de ITIL permite lograr una gestión de servicios efectiva para entregar niveles altos de servicios y satisfacción al cliente.

### Parte experimental y Resultados

En principio, se podría decir que existen similitudes entre los referentes de calidad mencionados anteriormente. Las prácticas de ITIL pueden ayudar a implementar CMMI SVC o ISO 20000-1 y lograr la certificación del modelo o estándar mencionado (Fig. 1).

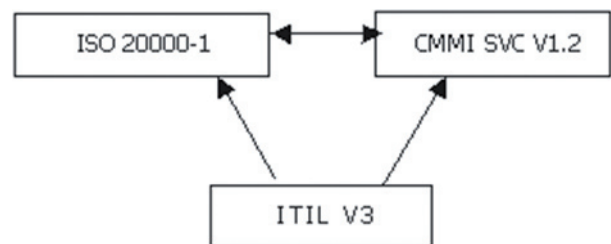


Fig 1. Relación de correspondencia entre ISO 20000, ITIL V3 y CMMi SVC

En la siguiente Tabla 1 se establecen los puntos principales y secundarios que conforman la Norma ISO 20000-1:2005. Posteriormente, se analiza el contenido de cada punto establecido anteriormente y se determina su correspondencia o similitud respecto de los procesos de las partes de ITIL V3 y de las áreas de proceso de CMMI SVC.

La empresa que decide implantar un sistema de gestión de calidad en sus servicios deberá considerar la situación desde el punto de vista interno y externo.

Desde el punto de vista interno, la empresa deberá efectuar la implementación de CMMI SVC o ISO 20000 desarrollando un "manual de calidad", el cual permite especificar el sistema de gestión de la calidad de la organización. El manual de calidad tendrá "procedimientos" que documentan las especificaciones respecto de las actividades de los procesos que conforman los servicios.

<b>ISO 20000-1</b>	<b>ITIL V3</b>	<b>CMMI SVC V1.2</b>
Capacity Management	Capacity Management	Capability and Availability Management (CAM)
Service Level Management	Service Level Management	Capability and Availability Management (CAM) ok
Service Continuity and Availability Management	IT Service Continuity Management Availability Management	Capability and Availability Management (CAM) Service Continuity (SC)
Budgeting and Accounting for IT Services	Financial Management for IT Services	Service Continuity (SC)
Service Reporting	Activity Service Level Management	Capability and Availability Management (CAM) Incident Resolution and Prevention (IRP) Measurement and Analysis (MA) Service Delivery (SD)
Information Security Management	Security Management	Configuration Management (CM) Integrated Project
Configuration Management	Configuration Management	Configuration Management (CM)
Change Management	Change Management	Configuration Management (CM)
Release Management	Release Management	Configuration Management (CM)
Incident Management	Incident Management	Incident Resolution and Prevention
Problem Management	Problem Management	Causal Analysis and Resolution (CAR)
Business Relationship Management	Business Relationship Management	Organizational Process Definition (OPD) Integrated Project Management (IPM)
Supplier Management	Supplier Management	Supplier Agreement Management (SAM)

**Tabla 1. Relación de correspondencia entre ISO 20000, ITIL V3 y CMMi SVC**

Para la especificación técnica de los servicios se tendrá en cuenta lo definido en los referentes de calidad mencionados anteriormente. Por ejemplo, la documentación del área de proceso de CMMI SVC o del punto de ISO 20000-1 llamado: "Administración de la configuración" será desarrollada teniendo en cuenta lo especificado en modelo o estándar y considerando las prácticas de ITIL V3.

La aplicación de los procedimientos genera "registros", los cuales presentan los resultados obtenidos de las actividades realizadas. (Fig. 2)

Teniendo en cuenta los procedimientos que se aplicarán en cada servicio, se debe considerar que a cada uno de ellos se le puede aplicar el concepto de ciclo de Deming (así denominado en reconocimiento al Dr. William E. Deming) o PDCA (Planificar – Hacer – Controlar – Actuar). (Fig. 2)

"Planificar" significa realizar la planificación de la implementación y prestación de la gestión de servicios. "Hacer" significa implementar los objetivos y el plan de gestión de servicios. Este plan tiene como objetivo planificar la implementación y entrega de la gestión del servicio.

Controlar" significa revisar el plan de gestión del servicio, revisiones realizadas por la Dirección y auditorías internas. Por último, "Actualizar" significa mejorar la eficacia y la eficiencia de la prestación y gestión de servicios; y adoptar acciones correctivas y/o preventivas. (Fig. 2)

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 interfaz definida de manera correcta e implementada independientemente. Los servicios pueden ser invocados por otros servicios o aplicaciones.

Desde el punto de vista externo, un servicio

brindado de manera correcta permite: (1) lograr la satisfacción del cliente, (2) tener mayor competitividad en el mercado, (3) tener posibles clientes potenciales y (4) ampliar los segmentos de mercado donde ofrecer servicios. De esta manera, se puede establecer una relación entre los servicios y los resultados asociados, es decir que se tiene una "Orientación a Servicios", la cual consiste en una conexión de servicios y resultados asociados.

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

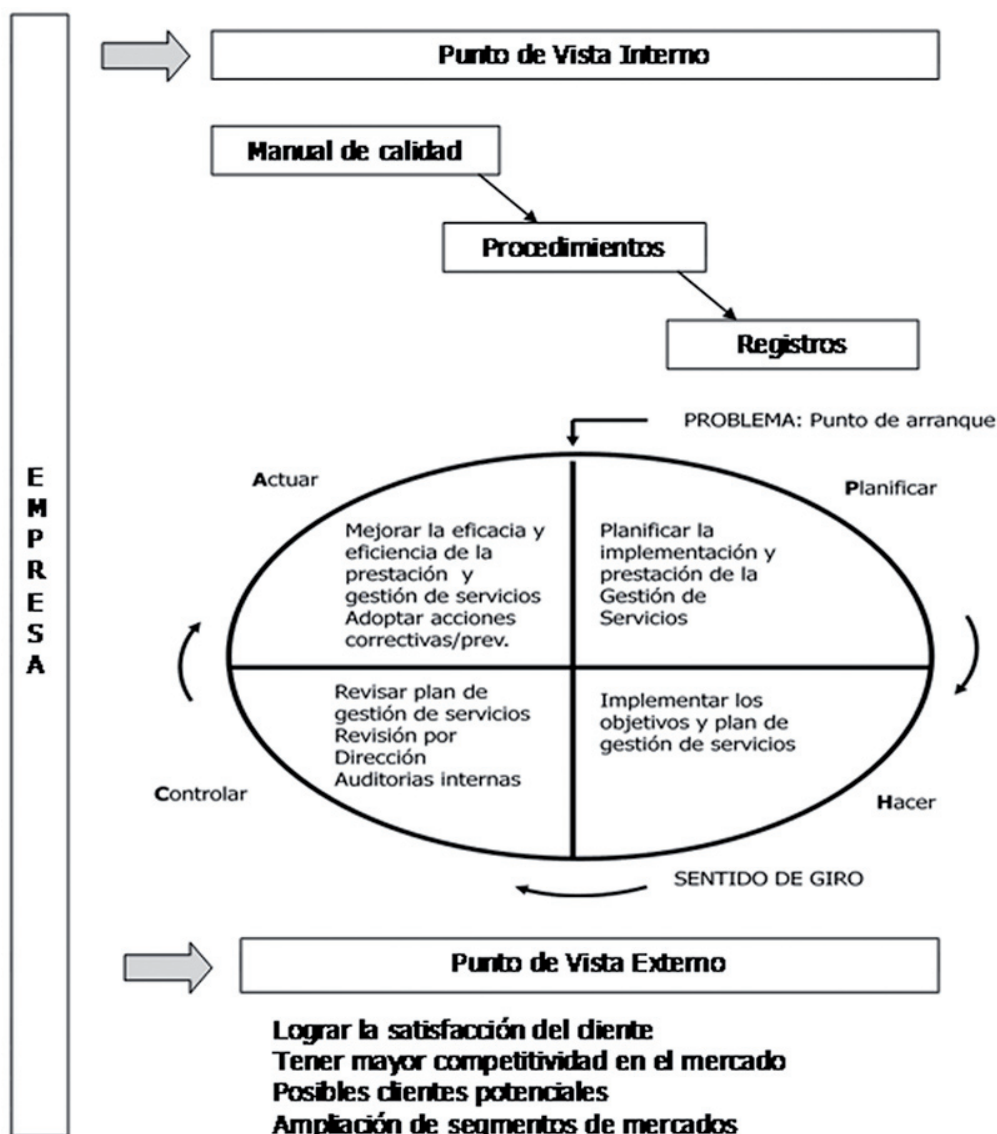


Fig 2. Empresa, Calidad y Servicios de TI

## Conclusiones

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.

CMMI SVC, ITIL e ISO 20000 son referentes de calidad que ayudan a implementar un sistema de gestión de servicios de TI. Luego de la implementación, puede aplicarse el ciclo de

Deming para efectuar un mejoramiento continuo de los servicios que brinda la empresa. Es un ciclo que se retroalimenta teniendo en cuenta las observaciones efectuadas y que, posteriormente, serán resueltas.

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

## Referencias

SALILLAS J. (2008), *Calidad integral en desarrollos y servicios*, European Software Institute.  
CMMI for Services, Versión 1.2 (2009) (CMU/SEI-2009-TR-001). Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University  
Fundamentos de ITIL V3 (2008), PM-JAM  
ISO 20000-1:2005 (2005), *Information technology – Service Management – Part 1: Specification*  
ISO 20000-2:2005 (2005), *Information technology – Service Management – Part 2: Code of practice*

## **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. Miguel Languasco

Dr. Isaac Marcos Cohen

Facultad Regional Buenos Aires

Secretaría Académica

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.



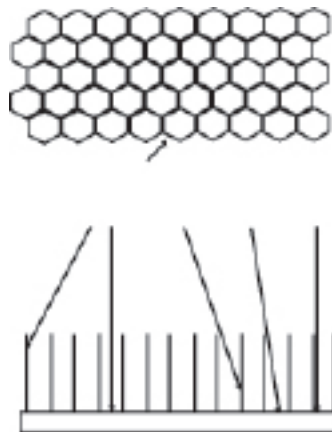
Se aconseja ordenar al trabajo de acuerdo a los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existen) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo, 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

Maestría en Ingeniería Ambiental

Maestría en Ingeniería en Calidad

Maestría en Ingeniería en Sistemas de la Información

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Tecnología de los Alimentos

Maestría en Docencia Universitaria

Maestría en Gestión de la Educación Superior

Especialización en Ingeniería Clínica

Especialización en Ergonomía

Especialización en Preparación y Evaluación de Proyectos

## **Cursos de Posgrado**

Dirección de Empresas

Automación Industrial

Higiene y Seguridad en el Trabajo

Generación de Empresas Innovadoras



## **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  
Octubre de 2009**

