

# EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

ISSN: 2007-4530

UNIVERSIDAD DE SONORA, DICIEMBRE 2017, NÚMERO 23



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

## Desarrollo Sustentable y su impacto en el medio ambiente

### INVESTIGACIÓN

- Sistema inteligente para la gestión de un centro de distribución basado en la identificación de productos.
- Viscoelasticidad de polímeros en solución acuosa: estudio microreológico-estructural.

### DESDE LA ACADEMIA

- Nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) y la auto-formación educativa.

### POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

- Gestión de riesgos una medida para la prevención de pérdidas.
- Gestión del conocimiento manufacturero En pymes de hermosillo, sonora.

Indexada en:

DOAJ

DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

REDIB

Red  
Iberoamericana  
de Innovación y  
Conocimiento  
Científico

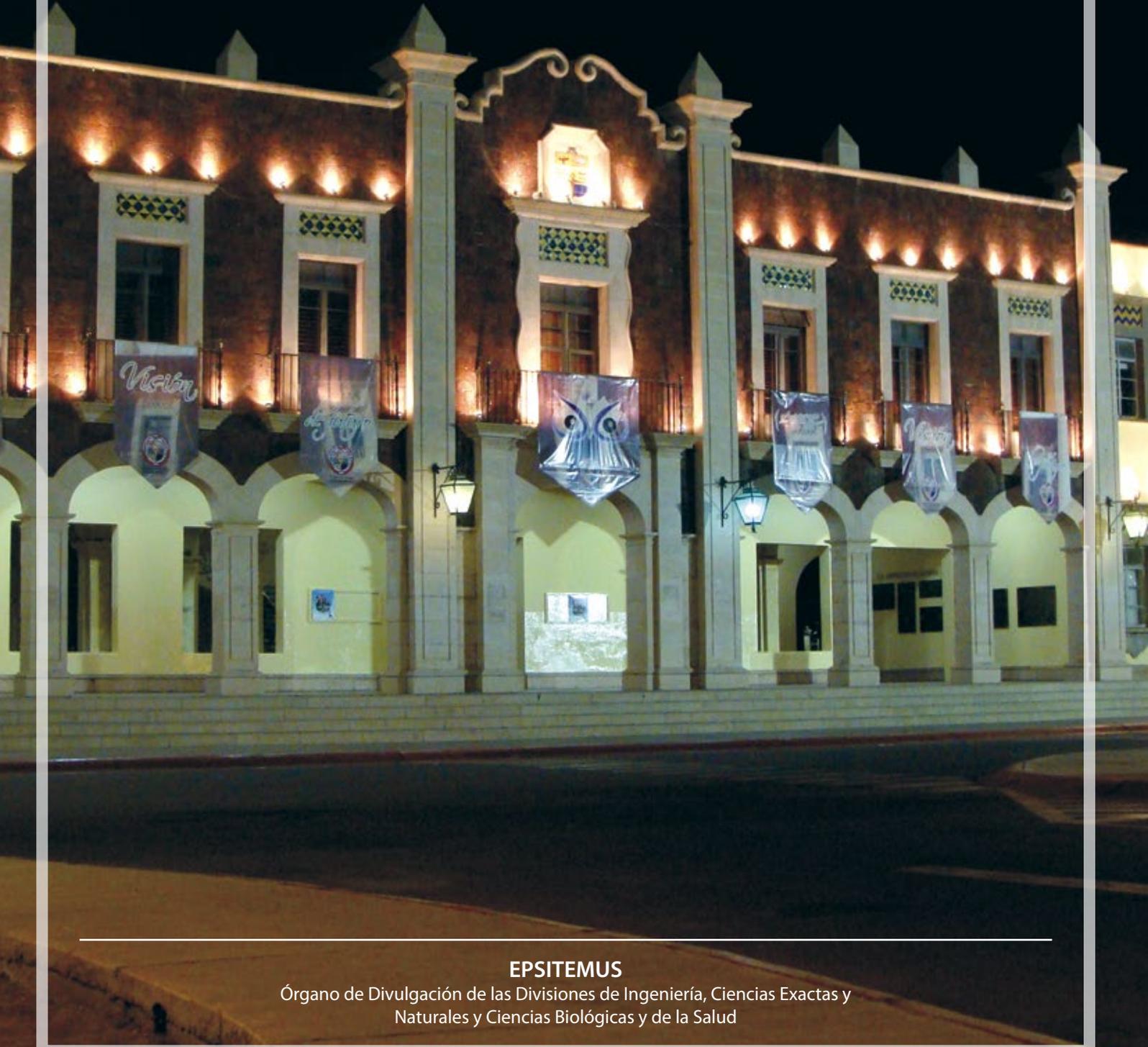
latindex

PERIÓDICA

biblat



“El saber de mis hijos  
hará mi grandeza”



**EPSITEMUS**

Órgano de Divulgación de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud



# CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>1</b>
<b>DIRECTORIO</b>	<b>2</b>
<b>EDITORIAL</b>	<b>3</b>
<b>BASES</b>	<b>4</b>
<b>SEMBLANZA RECTOR</b>	<b>6</b>

## INVESTIGACIÓN



### SISTEMA INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN LA IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS

JULIO CÉSAR ENCINAS ALVARADO  
 JUAN PABLO SOTO BARRERA  
 ROBERTO NÚÑEZ GONZÁLEZ  
 ANDRÉS GARCÍA HIGUERA

7



### VISCOELASTICIDAD DE POLÍMEROS EN SOLUCIÓN ACUOSA: ESTUDIO MICROREOLÓGICO-ESTRUCTURAL

ROGELIO GAMEZ CORRALES  
 EMMANUEL ROBLES ÁVILA

13



### DETERMINACIÓN DE VARIABLES CUALITATIVAS COMO FACTORES CLAVES EN LA PROGRAMACIÓN DE LOS PROYECTOS DE EDIFICIOS EN ALTURA, REGIÓN COQUIMBO, CHILE

MSC. ING. OSCAR CONTRERAS  
 ING. RONNIE KAUER

20

## DESDE LA ACADEMIA



### METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS AMBIENTAL Y VALORACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA MINERÍA EN EL ENTORNO GLOBAL

SERGIO A. MORENO ZAZUETA  
 JUAN M. RODRÍGUEZ ZAVALA

26



### NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (NTIC) Y LA AUTO-FORMACIÓN EDUCATIVA

GUILLERMO ARREAGA-GARCÍA  
 SILVIO ORESTE TOPA

34

## POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



### GESTIÓN DE RIESGOS UNA MEDIDA PARA LA PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS

JESÚS FERNANDO GARCÍA ARVIZU  
 FERNANDO RODRÍGUEZ LÓPEZ  
 GONZALO FERNÁNDEZ SÁNCHEZ

40



### GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO MANUFACTURERO EN PYMES DE HERMOSILLO, SONORA

CARLOS CÉSAR MESINAS CORTÉS

44



### LA PLANEACIÓN Y CONTROL DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LAS PEQUEÑAS EMPRESAS MANUFACTURERAS, COMO HERRAMIENTAS QUE FACILITEN EL CUMPLIR TIEMPOS DE ENTREGA DEL PRODUCTO TERMINADO

JOSEFINA ANDRADE PACO  
 AMADO OLIVARES LEAL  
 MARÍA FERNANDA ROBLES MONTAÑO

50

## CTS EPISTEMUS



### ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

MARCO ALBERTO A LA TORRE ISLAS  
 ANDREA ZAVALA REYNA  
 JUANA ALVARADO IBARRA

56

# EPISTEMUS

## UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 11, No. 23, julio-diciembre 2017, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592105, (662)2592183 ext. 2650, [www.epistemus.uson.mx](http://www.epistemus.uson.mx), [revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx). Editor ejecutivo: Dr. José Luis Díaz Gómez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2012-101210334800-102. ISSN: 2007-4530 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido: 15747, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S. A. de C. V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 30 de diciembre del 2017, con un tiraje de 500 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la presente publicación siempre y cuando se cite plenamente la fuente.

Información del contacto institucional de la publicación: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662)2592155, correo electrónico: [revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx), At'n. Dr. José Luis Díaz Gómez, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en el Directory of Open Access Journal (DOAJ), la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB), el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el portal especializado en Revistas Científicas y Académicas publicadas en América Latina y el Caribe (Biblat).

### REVISTA EPISTEMUS

Universidad de Sonora  
Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y  
Rosales, s/n, Col. Centro, C.P. 83000,  
Hermosillo, Sonora, México.  
Teléfono: (662) 2592155.  
Correo: [revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx)  
Atn. Dr. Eduardo Ruíz Bustos  
Editor Ejecutivo



## UNIVERSIDAD DE SONORA

**Dr. Enrique F. Velázquez Contreras**  
Rector

**Dra. Arminda Guadalupe García de León Peñúñuri**  
Secretaria General Académica

**Dra. Rosa María Montesinos Cisneros**  
Secretaria General Administrativa

**Dra. María Rita Plancarte Martínez**  
Vicerrectora de la Unidad Regional Centro

**Dr. Rodolfo Basurto Álvarez**  
Director de Vinculación y Difusión

## DIRECCIÓN GENERAL

**Dr. Martín Antonio Encinas Romero**  
**Dr. Juan Carlos Gálvez Ruíz**

## EDITOR EJECUTIVO

**M.A. Jesús Fernando García Arvizu**  
[revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx)

## COMITÉ EDITORIAL

**Dr. José Luis Ochoa Hernández**  
Secretario del Comité Editorial

**Dra. Erica Silva Campa**

**Dr. Raúl Sánchez Seferino**

División de Ciencias Exactas y Naturales

**M.A. Jesús Fernando García Arvizu**

División de Ingeniería

**Dr. José Manuel Galván Moroyoqui**

**Dr. Felipe Medrano Valenzuela**

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

## CORRECCIÓN DE ESTILO

**M.C. Fermín González Gaxiola**

Depto. de Letras y Lingüística

Universidad de Sonora

## DISEÑO

L.D.G. José Benito Montaña Dórame

## IMPRESIÓN

COLOR EXPRESS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

12 de octubre No. 130, C.P. 83190

Col. San Benito, Hermosillo, Sonora, México

## PÁGINA WEB

<http://www.epistemus.uson.mx/>

**E**l 16 de junio de 2017, al asumir el cargo como rector de la Universidad de Sonora para el periodo 2017-2021, el Dr. Enrique Fernando Velázquez Contreras afirmó que trabajará en conjunto con la comunidad universitaria para “mantener una institución de calidad que afronte con éxito el reto de la competitividad nacional e internacional; flexible y abierta al cambio, capaz de establecer e impulsar métodos eficientes de medición de la calidad y la competitividad, y dispuesta a proporcionar de manera ordenada y transparente los pormenores de nuestro quehacer institucional”.

Durante el mismo semestre, los miembros del comité editorial de la Revista *Epistemos*, Ciencia, Tecnología y Salud para el periodo 2017-2019 conformada por académicos de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales así como de Ciencias Biológicas y de la Salud iniciamos con el compromiso y reto de no sólo mantener el nivel de maduración de esta publicación, sino avanzar en su grado de consolidación mediante su acreditación por instancias nacionales e internacionales, mediante el trabajo de equipo no sólo del Comité Editorial, sino también del Comité Científico, Revisores, Autores e instancias Administrativas de nuestra institución, encaminado a la reestructuración de la revista, con la finalidad de cumplir con los niveles de exigencia de los organismos acreditadores.

Lo anterior, manteniendo el objetivo central de la revista, siendo éste el de “Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en las áreas de Ingenierías, Ciencias

Exactas y Naturales y las Ciencias Biológicas y de la Salud para favorecer el debate académico y la producción de nuevos conocimientos para generar un espacio de difusión, reflexión y crítica, en nuestro entorno”. Siendo actualmente una publicación semestral, el Comité Editorial de *Epistemos* somete a un proceso de revisión manuscritos recibidos en cualquier periodo del año, publicando aquellos que cumplen con los criterios de la revista, así como la aprobación por al menos dos pares académicos de instituciones nacionales o internacionales de educación superior e investigación.

Así, el nuevo equipo de trabajo nos comprometemos en fomentar las actualizaciones necesarias de esta publicación, con la finalidad de tener un mayor alcance de difusión del conocimiento, un incremento en participación de autores nacionales e internacionales, que resulten en un mayor reconocimiento del trabajo publicado, producto del esfuerzo de los mismos autores de los mismos.

Finalmente, al igual que el Comité saliente, exhortamos a los interesados a publicar sus trabajos de investigación o difusión en *Epistemos* tomando en consideración las bases de la revista, y a los lectores en general, nos participen sus valiosas sugerencias, que nos permita fortalecer la revista para beneficio de todos.

**Atentamente**

Comité Editorial

### POLÍTICA EDITORIAL

La educación, la ciencia y tecnología son consideradas como pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país; por eso es importante fortalecer el enlace entre los que generan el conocimiento y los beneficiados de ello: la sociedad. Uno de los aspectos que distingue a la Universidad de Sonora es la generación de conocimiento y su impacto en la sociedad. Es así como las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud crearon el proyecto editorial Epistemus el cual, constituye un medio de información y comunicación para dar a conocer las investigaciones realizadas o en proceso, las actividades académicas, las reflexiones en torno a la ciencia, la tecnología y la salud.

### OBJETIVO

Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en las áreas de Ingenierías, Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Biológicas y de la Salud para favorecer el debate académico y la producción de nuevos conocimientos para generar un espacio de difusión, reflexión y crítica, en nuestro entorno.

### DIRIGIDA A

Está dirigida a investigadores, profesores y estudiantes de las Ingenierías, las Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y la Salud, y a todos aquellos profesionales que desarrollan la ciencia y la aplican en estas áreas.

### SECCIONES DE LA REVISTA

La revista publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, en las siguientes secciones:

#### Investigación

Incluye resultados de proyectos de investigación y quiere mostrar la metodología del caso.

#### Divulgación

- **Desde la academia.** Comprende los temas relacionados con el quehacer académico, ensayos, reseñas, desarrollo de problemas, temas de la vida académica y su relación con el entorno.
- **Políticas de Ciencia y Tecnología.** Incluye temas que tienen que ver con el análisis de las políticas en materia de ciencia y tecnología, la relación entre la investigación y el desarrollo, la innovación y las políticas públicas.
- **Ciencia, Tecnología y Sociedad.** Se trata de promover una cultura científica, tecnológica, de la salud y de la sociedad, abordando diversos temas específicos que inviten a la reflexión, y/o al análisis para comprender el conocimiento.

### ARBITRAJE

Cada trabajo será revisado por integrantes del Comité Editorial, y una vez que el trabajo sea considerado pertinente, se someterá al proceso de revisión en doble ciego por al menos dos especialistas en el área al que corresponde el artículo. Estos pares académicos deben ser de una institución diferente a la(s) institución(es) de origen del artículo. En caso de que los dictámenes de los especialistas sean contradictorios, el artículo se someterá al Consejo Editorial, o bien se solicitará una evaluación adicional.

- **La decisión podrá ser:** Aceptado, Condicionado o Rechazado.

El dictamen, será comunicado por escrito exclusivamente al autor corresponsal, en un plazo no mayor a tres meses, a partir de la fecha de recepción del original.

### EXCLUSIVIDAD

Todos los textos deberán ser originales e inéditos, enviando declaratoria de originalidad ([http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Carta\\_originalidad.docx](http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Carta_originalidad.docx)) y de no presentarse en paralelo para otras publicaciones. Se deberá asumir la responsabilidad si se detecta falsificación de datos y falta de autenticidad en la publicación.

### DERECHOS DE AUTOR

La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos sólo para difusión sin ningún fin de lucro, sin menoscabo de los propios derechos de autoría.

Los autores son los legítimos titulares de los derechos de propiedad intelectual de sus respectivos artículos, y en tal calidad, al enviar sus textos expresan su deseo de colaborar con la Revista Epistemus, editada semestralmente por la Universidad de Sonora.

Por lo anterior, de manera libre, voluntaria y a título gratuito, una vez aceptado el artículo para su publicación, ceden sus derechos a la Universidad de Sonora para que la Universidad de Sonora edite, publique, distribuya y ponga a disposición a través de intranets, internet o CD dicha obra, sin limitación alguna de forma o tiempo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y con la obligación expresa de respetar y mencionar el crédito que corresponde a los autores en cualquier utilización que se haga del mismo.

Queda entendido que esta autorización no es una cesión o transmisión de alguno de sus derechos patrimoniales en favor de la mencionada institución. La Universidad de Sonora le garantiza el derecho de reproducir la contribución por cualquier medio en el cual usted sea el autor, sujeto a que se otorgue el crédito correspondiente a la publicación original de la contribución en Epistemus.

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la edición electrónica se distribuyen bajo una licencia de uso

y Creative Commons — Attribution-NonCommercial 4.0 International — CC BY-NC 4.0. Puede consultar desde aquí la versión informativa y el texto legal de la licencia. Esta circunstancia ha de hacerse constar expresamente de esta forma cuando sea necesario.

## FORMATO GENERAL

- 1. Título:** de la colaboración, máximo de 12 palabras. Escrito en los idiomas Español e Inglés. Debe representar el contenido del artículo y permitir al lector situarse en el contexto específico que aborda.
- 2. Nombre(s) de los autores:** en mayúsculas, separados por una coma, sin grados. Máximo 5 autores.
- 3. Resumen:** Aproximadamente de 100 a 150 palabras, colocado después de los autores del artículo. Debe contener información concisa de principales resultados, métodos y conclusiones.
- 4. Palabras clave:** Mínimo 3 y máximo 5.
- 5. Abstract:** La traducción al inglés del resumen es responsabilidad del autor.
- 6. Keywords:** Mínimo 3 y máximo 5. La traducción al inglés es responsabilidad del autor.
- 7. Nombre(es) de los autores:** ámbito disciplinar, institución académica, dirección de correo electrónico de autor(es).
- 8. Estructura deseable para artículos de investigación** (Extensión máxima de 3500 palabras y hasta 20 cuartillas):
  - A. Introducción.
  - B. Objetivo.
  - C. Planteamiento del problema.
  - D. Método de trabajo.
  - E. Resultados.
  - F. Discusión.
  - G. Conclusiones.
- 9. Estructura deseable para artículos de divulgación** (Extensión máxima de 3000 palabras y hasta 15 cuartillas):
  - A. Introducción.
  - B. Desarrollo.
  - C. Conclusiones.
- 10. Citas y referencias:** Preferentemente de los últimos 5 años; deben seguir el formato IEEE ([http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Biography\\_IEEE.pdf](http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Biography_IEEE.pdf)) e ir al final de la colaboración.
- 11. Contenido:** Elaborado en Microsoft Word de Windows. Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, normal, a doble espacio, justificada. Para las expresiones matemáticas debe usarse un editor de ecuaciones y deberán estar numeradas consecutivamente entre paréntesis. No incluir notas en pie de página.
- 12. Tablas, fotos y gráficos:** Se deben incluir en archivos separados. Incluir el título (como nombre Figura1.ext). Fo-

tos y gráficos en formato jpg o tif con una resolución (en puntos por pulgada) de 300 ppp para imágenes a escala de grises o color, 600 ppp para combinaciones imagen texto o 1,200 ppp para imágenes a línea; las tablas en Excel. Las imágenes deben ser originales o de licencia creative commons (libres de regalías).

- 13. Bajar la plantilla con el formato general para el documento:** Para desarrollar el artículo se encuentra una plantilla establecida de acuerdo a las características de los artículos. En la liga [http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Plantilla\\_Epistemus.docx](http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Plantilla_Epistemus.docx) se puede encontrar la plantilla en Word para la publicación de los trabajos.

## POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO

Esta revista proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global de conocimiento. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.

Esta revista no aplica ningún cargo económico ni en la entrega de artículos ni para la producción editorial de los artículos.

## CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Comité Editorial de la publicación. Las imágenes son responsabilidad de los autores y o de la imprenta que realiza el diseño. El Comité Editorial declina toda responsabilidad por los derechos que pudieran derivarse de ellas.

## FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

Los artículos se reciben durante todo el año de manera electrónica en el correo:

[revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx)

- Cierre de la edición del primer número del año: Primera quincena de marzo
- Cierre de la edición del segundo número del año: Primera quincena de septiembre
- Impresión y distribución: Junio y Diciembre de cada año.

## MAYORES INFORMES AL CORREO Y PÁGINA WEB

[revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx)

[www.epistemus.uson.mx](http://www.epistemus.uson.mx)

# Dr. Enrique Fernando Velázquez Contreras

## Rector de la Universidad de Sonora

### 2017 – 2021



Originario de Hermosillo, Sonora, el Dr. Enrique F. Velázquez Contreras cursó sus estudios de licenciatura en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas dentro de la carrera de Químico Biólogo con especialidad en Análisis Clínicos, para posteriormente cursar sus estudios de maestría y doctorado en el Programa de Posgrado en Ciencias de Materiales, Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales.

A desarrollado diversas actividades académicas, entre ellas como auxiliar de laboratorio y profesor de asignatura en el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica, y dentro de la Universidad de Sonora incluye participación como Profesor de Asignatura y posteriormente de tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas (1985 – 1992), y a partir de 1992 como Investigador de Tiempo Completo, del Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales formando parte del Cuerpo Académico “Química Supramolecular”, reconocido como Cuerpo Académico Consolidado por PROMEP.

Ha dirigido 8 tesis de licenciatura, 3 de maestría y 2 de doctorado, participando asimismo en 16 jurado de tesis de posgrado, incluyendo 3 como sinodal externo en el Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Tijuana y 3 en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Como producto de su trabajo académico y de investigación, el Dr. Velázquez Contreras cuenta con más de 17 artículos científicos publicados en revistas indexadas de circulación internacional, con 113 citas independientes a sus publicaciones. Lo anterior le ha hecho merecedor de distinciones tales como el Reconocimiento de Profesor con Perfil Deseable otorgado por la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación

Científica (SESI), y ser miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1998, contando actualmente con el nivel 1.

En el ámbito administrativo y colegiado, fungió como miembro de los Comités de Evaluación de los Programas Integrantes de Fortalecimiento Institucional (PIFI) de la SESIC, como miembro de los Comités de Evaluación de los Programas Integrales de Fortalecimiento del Posgrado (PIFOP) de CONACyT, así como miembro del jurado del Premio Nacional de Química “Andrés Manuel del Río”, otorgado por la Sociedad de Química de México. A la fecha, es miembro activo del Comité de Ciencias Naturales y Exactas de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIIES), participa como evaluador del Comité de Ingeniería y Tecnología de los CIIES, así como evaluador del Comité de Biología y Química de CONACyT.

Cuenta también con experiencia en Administración Académica dentro de la Universidad de Sonora, ejerciendo diversos cargos entre ellos, Secretario Administrativo del Departamento de Ciencias Químico Biológicas (1987 – 1991), Secretario Académico del Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales (1992 – 1995), Director de la División de Ingeniería (1995 – 1999), Coordinador de los Programas de Posgrado en Ciencia de Materiales (2000 – 2001), y como Secretario General Académico (2001 – 2017).

En Junio de 2017, la Junta Universitaria lo elige por mayoría de votos como rector de la máxima casa de estudios del estado de Sonora, por el periodo comprendido del 16 de junio de 2017 al 15 de junio de 2021.

# SISTEMA INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN LA IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS

*Intelligent system for the management of an distribution center based on the product identification*

EPISTEMUS  
ISSN: 2007-8196 (electrónico)  
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Julio César Encinas Alvarado<sup>1</sup>  
Juan Pablo Soto Barrera<sup>2</sup>  
Roberto Núñez González<sup>2</sup>  
Andrés García Higuera<sup>3</sup>

Recibido: 27 de mayo de 2017,  
Aceptado: 22 de septiembre de 2017

Autor de Correspondencia:  
Dr. Julio César Soto Barrera  
Correo: jencinas@uabc.edu.mx

## Resumen

La globalización, aunada a otros factores, ha originado un conjunto de transformaciones en las decisiones sobre la producción, dando paso a la reestructuración de los mercados y de la organización de la distribución. Esto ha originado una demanda en el desarrollo de sistemas que permitan un mejor control, manipulación, seguimiento y distribución de productos en entornos distribuidos. Dichos entornos favorecen la subdivisión del sistema total en subsistemas más pequeños y abarcables, con la capacidad de interactuar unos con otros, con la intención de alcanzar un objetivo colectivo.

En este trabajo se propone un sistema automático-inteligente basado en control distribuido que permite la identificación y gestión de pedidos mediante el uso de agentes inteligentes y la Identificación por Radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés: Radio Frequency Identification) para la gestión de un centro de distribución.

## Abstract

*Globalization, together with other factors, has led to a series of transformations in production decisions, giving way to the restructuring of markets and the organization of distribution. This has led to a demand in the development of systems that allow better control, manipulation, monitoring and distribution of products in distributed environments. These environments favor the subdivision of the total system into smaller and more encompassing subsystems, with the ability to interact with each other, with the intention of achieving a collective objective.*

*This paper proposes an automatic-intelligent system based on distributed control that allows the identification and management of orders through the use of intelligent agents and Radio Frequency Identification (RFID, for its acronym in English: Radio Frequency Identification) for the management of a distribution center.*

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California / Facultad de Ingeniería - Mexicali / Correo: jencinas@uabc.edu.mx

<sup>2</sup> Universidad de Sonora / Departamento de Matemáticas - Hermosillo / Correo: jpsoto@gauss.mat.uson.mx

<sup>3</sup> Universidad de Castilla-La Mancha / E.T.S. de Ingenieros Industriales - Ciudad Real (España) / Correo: andres.garcia@uclm.es



## INTRODUCCIÓN

Dadas las nuevas exigencias en los mercados globales, el sector de producción industrial ha tenido que evolucionar para enfrentar esta situación de tal manera que hoy se habla de las nuevas industrias y estilos de gestión logística empresarial. Debido a este entorno de alta competitividad, un conjunto de transformaciones han dado paso a la reestructuración de los mercados y de la organización de la distribución. Obligando a las compañías a mejorar día a día, en términos de calidad, respuesta, agilidad y flexibilidad, siendo éstas, cualidades decisivas para permanecer en un negocio [1]. Esta situación conlleva múltiples consecuencias para la industria, por ejemplo, la reducción del ciclo de vida de los productos, el aumento de la diversidad, la rápida satisfacción de la demanda, la reducción de costos excesivos, entre otros [2]. Es por esto, que en modelos de negocios tan complejos y cambiantes se requiere que la información del entorno sea lo más exacta y fiable posible, para que el sistema de gestión pueda tomar decisiones adecuadas y precisas [3].

Actualmente la mayoría de las empresas utilizan el código de barras para la trazabilidad y seguimiento de sus productos. Sin embargo, uno de los principales problemas de este mecanismo radica en su lectura, ya que, ocasionalmente, las etiquetas están dañadas, mal colocadas, o parcialmente despegadas. En estos casos, los lectores no pueden realizar correctamente su función, por lo que afecta a la hora de gestionar la información en tiempo real de acuerdo con la precisión del sistema. Debido a esto, consideramos que la Identificación por Radiofrecuencia, está llamada a hacerse con el lugar que ha sido ocupado por el código de barras durante más de 30 años. Si además, a la Identificación por Radiofrecuencia se dota de un sistema de información es posible identificar la información relativa a un producto. Por otra parte, si el sistema de información es gestionado por agentes inteligentes que faciliten el procesamiento y manejo de la información de manera distribuida, se garantizaría el desarrollo de sistemas más capaces en cuanto al manejo de la información en tiempo real. Teniendo esto en cuenta, en este trabajo diseñamos un sistema automático-inteligente de control distribuido basado en la integración de la tecnología RFID y el uso de agentes inteligentes (Intelligent Management Systems, RFID-IMS). Para dar más claridad, la metodología propuesta se describe mediante su aplicación a un caso concreto basado en un centro de distribución real representado en una plataforma experimental. Una descripción detallada de la plataforma antes mencionada puede encontrarse en [5]. En la sección 2 se describe la metodología de gestión propuesta (RFID-IMS). Posteriormente, en la sección 3, se describe la implementación del sistema de control en una plataforma experimental. En la sección 4 se presenta la arquitectura

utilizada, así como la integración de la tecnología RFID con los agentes inteligentes. Finalmente, las conclusiones y trabajos futuros son presentadas en la sección 5.

## METODOLOGÍA RFID-IMS

El sistema de gestión RFID-IMS consta de una importante parte de hardware basada en la identificación por radiofrecuencia. Durante el proceso de producción que se lleva a cabo en el centro de distribución, los productos son identificados por antenas ubicadas en puntos estratégicos distribuidos por la planta, además del área de entradas y salidas del centro de distribución. La gestión de dicha información se lleva a cabo a un bajo nivel por la red de PLCs (por sus siglas en inglés: Programmable Logic Controller) que controla el área de elaboración o producción de órdenes y a un nivel alto por el ERP (por sus siglas en inglés: Enterprise Resource Planning).

Según [5], las capacidades funcionales de los sistemas ERP están basadas en el sistema proveedor de información y la arquitectura utilizada en la implementación del sistema ERP. Es decir, que el éxito de la solución generada por el ERP depende, en gran parte, de la veracidad de la información guardada en sus bases de datos. Por lo tanto, para poder tener un proceso de toma de decisiones correcto, es necesario una tecnología generadora de información confiable que mantenga las bases de datos con información actualizada.

La arquitectura propuesta está basada en un Sistema Multi-agente (SMA). Este tipo de arquitectura le proporciona al sistema ERP la capacidad de enviar y recibir la información generada por el sistema RFID-IS y la red de PLCs. De esta forma, el ERP a través del sistema RFID-IS puede visualizar la situación de la planta y el estado de avance de las órdenes de producción. Esto conlleva tres aportaciones importantes:

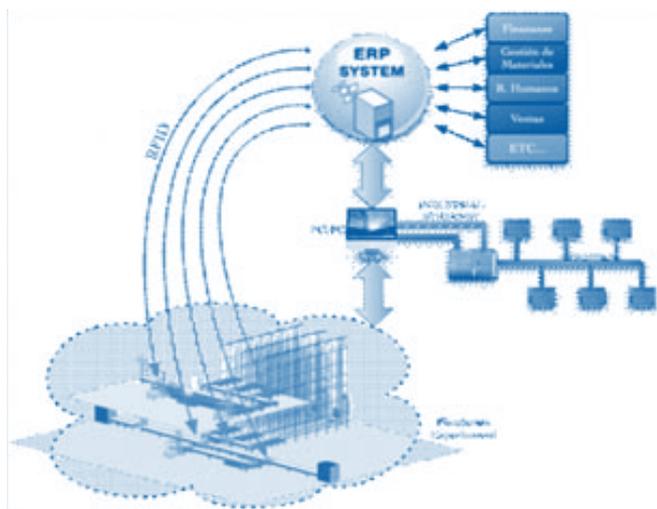
- Visibilidad del centro de distribución.
- Ajuste dinámico de los niveles de prioridad.
- Libramiento del canal de comunicación entre la red de PLCs y el ERP.

El sistema ERP está obligado a mantener una constante comunicación con los distintos elementos que componen los módulos; en especial con el módulo de cadena de suministro. Por tanto, el envío y recepción de información entre el ERP y el elemento controlador de la planta, que en este caso es la red de PLCs, es constante. Básicamente las comunicaciones consisten en el envío de las órdenes de trabajo, niveles de prioridad, cambios de nivel de prioridad, finalización de elaboración de la orden, etc.

Sin embargo, hay situaciones en las que el cliente presiona al centro de distribución por su pedido, estos casos conllevan un crecimiento (hostigamiento) en la comunicación del ERP hacia la red de PLCs que muchas veces termina saturando los canales de comunicación.

Además, algunas veces este hostigamiento por parte del ERP hacia el controlador del centro de distribución es innecesario debido a que el palé o pedido se encuentra en una zona o situación, como puede ser un cuello de botella, donde los PLCs no pueden realizar ninguna acción para agilizar su envío.

Para hacer frente a este problema, en la propuesta se ha dotado al sistema ERP de una visibilidad directa del centro de distribución, por medio de la tecnología RFID. En otras palabras, el ERP tiene acceso a la información generada por los lectores RFID instalados en distintos puntos estratégicos a lo largo del centro (Figura 1). De esta manera, el ERP sabe cuándo es útil hacer un cambio de prioridad urgente o en qué área del centro de distribución debe de presionar.



**Figura 1. Esquema general de comunicaciones en el centro de distribución**

Es muy importante que los agentes encargados de la gestión del centro de distribución, tengan la capacidad de hacer ajustes en los niveles de prioridad en función de las demandas de los distribuidores, clientes y otros factores que se detallarán más adelante. De esta forma, pueden organizar la elaboración de las órdenes de producción mediante el movimiento dinámico de los niveles de prioridad de cada orden, inclusive de cada palé, además, de proveer al sistema con una gran flexibilidad.

Por ejemplo, supongamos que se tiene en proceso de elaboración un pedido de nivel medio y a mitad del pedido entra una orden de un cliente de mayor importancia, evidentemente con una prioridad más alta. Entonces al encontrarse los palés de distintas órdenes en los cruces de las cintas transportadoras, se realizará una comparativa del nivel de prioridad, dando paso al de nivel más alto. Esto nos produce ciertas ventajas como el aumento de flexibilidad del centro, disminución tiempo de respuesta y de elaboración de pedidos.

Sin embargo, el movimiento de prioridades debe de ser dinámico, es decir, que vaya cambiando respecto al progreso en la elaboración del pedido. Para esto, se propone un modelo matemático donde la prioridad va cambiando en función de distintos factores y de una forma dinámica. De tal modo que conforme el orden de trabajo es cumplimentada el nivel de prioridad para los últimos palés va ascendiendo y así evitando atascos y retrasos.

## **SISTEMA DE CONTROL E IMPLEMENTACIÓN**

La implementación del sistema de control para el centro de distribución ha sido realizada en varias partes. Si bien, el desarrollo de cada una de las partes que integran el sistema, siempre se ha realizado de forma coordinada con el resto. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la metodología RFID-IMS está implementada en la red de PLCs, el sistema ERP y la parte hardware de RFID, la migración de esta tecnología a cualquier empresa no supone un gran costo [6].

Se trata de un sistema automático de control distribuido basado en agentes en el que cada una de las partes que lo integran es independiente de las demás. La implementación de este tipo de técnicas proporciona una gran optimización en los sistemas, ya que son un conjunto de pequeños esfuerzos, que sumados provocan que el conjunto funcione de manera sólida y eficiente. Además, en caso de fallo o caída de alguna de las partes que forman el sistema, únicamente dejaría de funcionar la parte afectada, mientras que el resto del sistema seguirá funcionando con normalidad, evitando así, un fenómeno de cascada del fallo.

## **CADENA DE DATOS**

Como se ha comentado anteriormente, el centro de distribución está controlado por una red de PLCs. Entre el sistema de gestión y el de control, existen una serie de comunicaciones, en las que se envían y reciben las cadenas de información que contienen las órdenes. En dichas órdenes se incorpora únicamente la información necesaria para el correcto funcionamiento del centro de distribución.

Las citadas órdenes presentan una determinada estructura (Figura 2), en la que aparecen codificados, de forma eficiente, los datos necesarios. Se trata de una cadena binaria de 4 Bytes que incorpora: identificación del palé dentro del sistema de control, origen y destino del mismo, un conjunto de flags, habilitados para la escritura de posibles errores producidos durante el cumplimiento de la orden, y un espacio reservado para definir la prioridad de cada orden. Esto servirá al sistema de control implementado en los PLC para llevar a cabo correctamente su tarea, y será determinante a la hora de actuar en ciertas situaciones críticas, que se producen en la actividad cotidiana del centro de distribución.

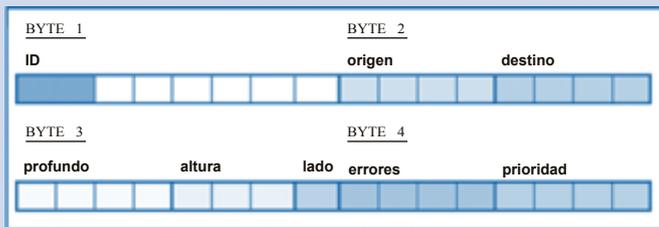


Figura 2. Formato de la cadena de datos (Fuente: [7])

## RED DE PLCS

Para la implementación del sistema de control del centro de distribución, se van a emplear una serie de PLCs SIMATIC S7 de Siemens conectados mediante una red PROFIBUS-DP. Se tienen entonces 7 PLCs; un maestro y 6 esclavos. El maestro es un Siemens SIMATIC S7 300 CPU 313C-2DP, el cual va acoplado con un módulo de red Siemens modelo CP343-1, el cual le permite interactuar vía Internet con otros entes. Los esclavos son 6 Siemens SIMATIC S7 200 CPU 224, conectados a través de módulos EM-227 de PROFIBUS-DP.

El elemento más importante de la red es el PLC Master, ya que permite la comunicación de la red con el exterior, y por tanto con el resto de los controladores, a través de una red LAN (Figura 3).

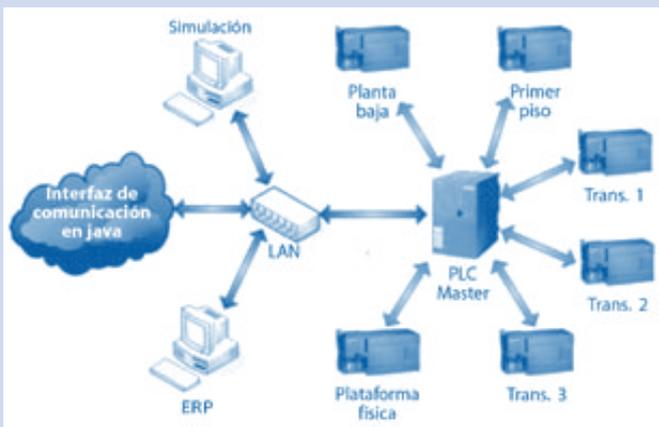


Figura 3. Esquema general del funcionamiento del sistema (Fuente: [7])

La principal función de este PLC es la de establecer comunicación con cada uno de los PLC esclavos y con el interfaz de comunicación. Es decir, gestionar la información y las comunicaciones entre cada uno de los PLCs que forman la red y el exterior de la misma, y por tanto con el resto del sistema de gestión y control del centro de distribución.

El PLC Master es el encargado de recoger las cadenas de datos (órdenes) que llegan desde el sistema de gestión, almacenándolas en el Bloque de Datos (DB) de recepción. Después de analizar la orden, la envía al PLC esclavo que corresponda. Previo a la llegada de la orden al PLC esclavo correspondiente, la orden es transferida a otro DB, que

hace como bandeja de entrada de cada esclavo. Una vez que la orden es procesada por el PLC esclavo, la envía a su bandeja de salida (su DB correspondiente). En ese momento, el Master se encarga de recoger la orden que es devuelta por el PLC esclavo, y de redireccionar a otro PLC o a la interfaz de comunicación, para informar al sistema de gestión sobre la ejecución de la orden, según el caso.

## INTERFAZ CON LA SIMULACIÓN

Dado que el sistema de control se encuentra implementado en una red de PLCs y el centro de distribución es simulado en su mayor parte, resulta imprescindible la creación de un interfaz de comunicación para conectar ambas partes y poder controlar la planta. Se ha desarrollado un interfaz en Java, utilizando Eclipse, mediante el uso de sockets que comunican las señales de los PLCs (entradas y salidas), con el software de simulación Grasp 10 (Figura 4). El interfaz se conecta con ambas partes utilizando una red LAN, lo que aporta una gran flexibilidad al sistema, ya que las partes pueden encontrarse en distintas ubicaciones físicas. De este modo, dicha interfaz se conecta por un lado con el módulo LAN de la red de PLCs, y por otro lado con la computadora en la que se ejecuta la simulación.



Figura 4. Ventana de conexión del interfaz

Esta interfaz consiste en la interpretación y correspondencia del conjunto de entradas y salidas de la red de PLCs, con una serie de mensajes de texto interpretables y generados por el software de simulación. Para ello, este interfaz se basa en el uso de bases de datos MySQL, en las que se almacenan las relaciones entre las direcciones de E/S de los PLCs y los eventos de la simulación, ya sean instrucciones de comando hacia la simulación o los mensajes generados por la misma.

## ARQUITECTURA MULTI-AGENTE

Uno de los objetivos de los SMA es que los agentes tengan la capacidad de negociar entre ellos para enfrentar situaciones de conflicto [8]. Basados en los conceptos

definidos en [9], se ha diseñado una arquitectura multi-agente para su aplicación en el centro de distribución. El sistema está estructurado en tres niveles reactivo, deliberativo e interfase (Figura 5).

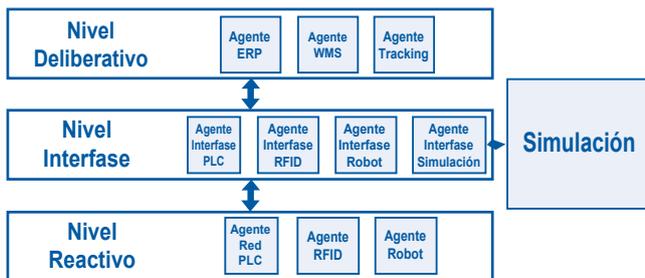


Figura 5. Arquitectura basada en Agentes(Fuente: [4])

## NIVEL REACTIVO

En este nivel los PLCs controlan el modelo físico y la simulación. Los agentes que componen este nivel tienen la habilidad de percibir cambios en el ambiente y reaccionar automáticamente a ellos sin necesidad de ser analizadas.

Agente Red PLC (ARP): Este agente es el encargado de recibir un paquete de información del nivel deliberativo que contiene entre otras cosas, la identificación del palé, origen, destino, nivel de prioridad y los almacena en DBs.

La comparación del nivel de prioridad de cada palé en el puntos de cruces, trazabilidad de palés y movimiento de cargas son tareas llevadas a cabo por los sub-agentes (PLCs) que componen la ARP. Los componentes de este módulo son:

- Master PLC: se encarga de procesar la información procedente del sistema de gestión y repartirla a cada uno de los PLC esclavos, según corresponda.
- PLC 1: es el encargado de realizar el control de la planta baja del centro de distribución.
- PLC 2: éste se encarga del control de la segunda planta del centro de distribución.
- PLC 3, 4 y 5: cada uno de ellos se encarga del control respectivo de los tres transelevadores de los que dispone el almacén.
- PLC 6: se encarga del control de los muelles de carga y descarga del centro de distribución en coordinación con la simulación.

Agente RFID: este agente asigna una identificación única a cada uno de los palés que entran en la planta y envía esa identificación al nivel deliberativo.

Agente Robot: este agente es responsable del movimiento de los palés miniatura desde la cinta transportadora hasta la estantería y viceversa.

## NIVEL INTERFASE

Este nivel es muy importante ya que la efectividad del sistema de gestión depende, en gran parte de la exactitud y rapidez de la información procesada en este nivel. La función principal es transferir información del nivel reactivo

al nivel deliberativo y viceversa. Es decir, funciona como un puente de comunicaciones entre ambos niveles. En este nivel, los siguientes agentes se encuentran conectados a través de Ethernet:

Agente interfase PLC: este agente maneja toda la información y las comunicaciones entre los agentes que componen la red de PLCs y los otros módulos.

Agente interfase RFID: estos lectores incorporan módulos internos de red desarrollados en el grupo autolog, para ser capaces de comunicarse vía Ethernet.

Agente interfase Robot: el robot cuenta con una tarjeta de red industrial y es controlado a través de un software hecho en Java basado en interfaces de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés: Application Programming Interface) de Motoman.

Agente interfase Simulación: a través de sockets, un software desarrollado en Java coordina la comunicación entre el parte de control y la simulación.

## NIVEL DELIBERATIVO

En este nivel, los agentes tienen la habilidad de recibir y procesar información sobre su entorno y según sus creencias y deseos, decidir cuál es el mejor plan de acción para alcanzar los objetivos especificados. En este nivel podemos encontrar:

Agente ERP: Este agente se encarga del procesamiento de las acciones que se aplicarán para alcanzar objetivos específicos. Recibe órdenes de los clientes, genera la planificación en coordinación con el Agente WMS y calcula el nivel de prioridad de las órdenes. Este agente ha sido implementado en el ERP "Hermes" creado sobre la plataforma Velneo 6.4.1.

Agente WMS: Este agente gestiona el almacén automático simulado. Se encarga de asignar la locación final del palé en el almacén automático, de acuerdo con diferentes factores.

Agente Tracking: Este agente está encargado de dar un seguimiento a las órdenes. De esta manera, si hay algún retraso en alguna orden de producción, debe modificar el nivel de prioridad de cada palé para poder cumplimentar a tiempo la orden.

## CÁLCULO DE PRIORIDADES

La decisión de mandar un palé a cierta locación o asignarle una prioridad específica se realiza en una coordinación entre los agentes ARP y ERP. Por ejemplo, si un palé  $k_{ji}$  de una orden  $K_j$  y un palé  $k_{ri}$  de la orden de producción  $K_r$  llegan al mismo tiempo a un cruce de cintas transportadoras. El ARP debe ser capaz de seleccionar el palé con mayor prioridad.

RFID-IMS a través de su implementación en el ERP, asigna un nivel de prioridad dependiendo de la orden de producción a la que pertenecen. El nivel de prioridad es determinado por la ecuación (1). Esta ecuación está inspirada en un modelo matemático, utilizado en el cálculo del valor de reputación/confianza de un agente

dentro de un SMA [10], [11]. En este trabajo, este modelo ha sido adaptado para el cálculo del nivel de prioridad de un palé dentro de una comunidad de palés (órdenes de producción).

$$P_{k_{ji}} = w_c C_{k_j} + w_d D_{k_j} + w_t T_{k_j} + \frac{\sum_{i=1}^n S_{k_{ji}}}{n}$$

Donde  $P_{k_{ji}}$  denota la prioridad.  $C_{k_j}$  es el grado de importancia de un cliente. La compañía, en este caso centro de distribución, debe proveer este valor; el cual debe estar comprendido:  $0 \leq C_{k_j} \leq 1$ .  $D_{k_j}$  es el valor asignado a la fecha de entrega, al igual que el valor anterior, es definido por la compañía y su valor comprende entre  $0 \leq D_{k_j} \leq 1$ .  $T_{k_j}$  denota el valor asignado a la fecha de recibo o entrada y su valor es de  $0 \leq T_{k_j} \leq 1$ . El último término de la ecuación nos indica el nivel de progreso de la orden. Es decir, hasta qué punto de la orden se ha elaborado. Este valor es el resultado de la sumatoria de los factores  $S_{k_{ji}}$  todo eso dividido entre el número total de palés de la orden correspondiente.  $S_{k_{ji}}$  es una variable binaria que es 0 cuando el palé  $k_{ji}$  no ha sido embarcado y 1 en el caso contrario.

Finalmente,  $w_c$ ,  $w_d$  y  $w_t$  son pesos asignados respectivamente a las variables  $C_{k_j}$ ,  $D_{k_j}$  y  $T_{k_j}$ . Con esto, el valor de prioridad puede ser ajustada a la necesidad de la organización. Los pesos deberán tener un valor de 0 a 1 dependiendo de la política del centro de distribución.

El nivel de prioridad está ubicado en las cadenas de datos adjuntas a cada palé y puede ser actualizado a través de Ethernet, siguiendo las instrucciones del nivel deliberativo.

## CONCLUSIONES

En el mercado actual, las industrias están obligadas a definir nuevas estrategias que les permitan competir en el mercado, acompañadas de herramientas de gestión adecuadas que garanticen su materialización; sin ellas, los esfuerzos serán inútiles. En consecuencia, las tecnologías de control deben adaptarse a estos nuevos entornos de producción y tener acceso automático a la información. La facilidad en el acceso a la información, así como la capacidad de recolección de datos de tiempo real, se convierten en requisitos esenciales para un manejo eficaz de la cadena de suministro.

En este artículo se describe la implementación de la metodología RFID-IMS en un centro de distribución. La metodología propuesta dota al sistema con la capacidad de reaccionar de una manera flexible ante cambios inesperados. Esto se logra mediante la aplicación de un sistema capaz de proveer datos precisos utilizando la tecnología RFID, junto a un control negociador basado en agentes. Por otro lado, la metodología RFID-IMS responde efectivamente a requerimientos dinámicos, mostrando beneficios inmediatos en distintos procesos de distribución. Primero el sistema es capaz de gestionar

distintos lotes al mismo tiempo; incrementando el número de órdenes terminadas sobre las que son elaboradas siguiendo mecanismos de planeación tradicionales. Otro beneficio importante es la preparación de órdenes dependiendo de su nivel de prioridad, misma que ha sido el talón de Aquiles de muchos centros de distribución. Este proceso de preparación de órdenes se mejora debido al correcto uso de los recursos en el centro de distribución.

El desempeño del área de embarque también mejora por la reducción de los errores en los procesos de carga y descarga. Estos errores (Ej. la devolución de productos) son muy importantes, debido al alto costo que generan a la compañía además de la afectación negativa de la imagen.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Leitão, P., (2009) Agent-based distributed manufacturing control: A state-of-the-art survey, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22, 979-991.
- 2) McFarlane, D., Marik, V., Valckenaers, P. (2005). *Intelligent Control in the Manufacturing Supply Chain*. IEEE Intelligent Systems, 20(1), 24-27.
- 3) García, A. & Cenfor, A., (2007). Sistema Heterárquico de Control Basado en Agentes para Sistemas de Fabricación, *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial (RIAI)*, 4, 83.
- 4) Encinas J.C., García A., de las Morenas J. (2010). Improvements in operations management applied to a 3D simulation connected to a physical platform. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Springer, Netherlands. DOI: 10.1007/s10845-010-0441-0.
- 5) Chan, S. (1999). Architecture Choices for ERP Systems, *Proceedings 5th Americas Conference on Information Systems*, Milwaukee, pp. 210-212.
- 6) Encinas J.C., García F.P., de las Morenas J., García A. (2009). "Operations Management based on RFID-IMS". *Proc. of the 23rd European Conference on Modelling and Simulation (ECMS'09)*. Madrid, Spain. June 9-12.
- 7) Blanco, Jesus; García, Andrés; De Las Morenas, Javier; García, Pablo; García-Escribano, Javier. (2010). Application of Distributed Control Theories and RFID in a Miniature Distribution Center. *The Third International EURASIP Workshop on RFID Technology*. 6-7 septiembre. La Manga del Mar Menor (Cartagena). ISBN: 978-84-96997-47-9.
- 8) Wooldridge M., G. Weiss, y P. Ciancarini. (2002). *Agent-Oriented Software Engineering II*. LNCS vol. 2222. Springer-Verlag: Berlin, Germany.
- 9) Bonasso, R.P., Firby, J., Gat, E., Kortenkamp, D., Millar, D., Snack, M. (1997). A Proven Three-tiered Architecture for Programming Autonomous Robots. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, vol. 9, no. 2.
- 10) Soto, J. P., Vizcaíno, A., Portillo-Rodríguez, J., Piattini, M. (2008). Recommending Trustworthy Knowledge in KMS by Using Agents. *Software and Data Technologies*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 22, 297-309.
- 11) Soto, J.P., Vizcaíno, A., Portillo-Rodríguez, J., Piattini, M., Kusche, O. (2009). A Two-Layer Multi-agent Architecture to Facilitate Knowledge Sharing within Communities of Practice. *Inteligencia Artificial (IA)*, 13(42), 46-54.

# VISCOELASTICIDAD DE POLÍMEROS EN SOLUCIÓN ACUOSA: ESTUDIO MICROREOLÓGICO-ESTRUCTURAL

*Viscoelasticity of polymers in solution  
Aqueous: microreological-structural study*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Rogelio Gamez Corrales<sup>1</sup>  
Emmanuel Robles Ávila<sup>2</sup>

Recibido: 27 de abril de 2017,  
Aceptado: 22 de junio de 2017

Autor de Correspondencia:  
Dr. Rogelio Gamez Corrales  
Correo: rogelio@correo.fisica.uson.mx

## Resumen

En este trabajo se presenta un estudio del comportamiento viscoelástico de dos sistemas de polímeros que forman geles físicos transitorios: ácido desoxirribonucleicos (ADN) disuelto en buffer y un polímero asociativo del tipo multiuniones, ambos en el régimen de concentraciones semidiluido no entrelazado. La viscoelasticidad lineal se estudió utilizando la técnica de reología mecánica, determinando los módulos elástico  $G'(\omega)$  y  $G''(\omega)$  viscoso en el rango de deformaciones de bajas frecuencias y la técnica de microreología óptica para altas frecuencias. La implementación de ambas técnicas, en el estudio reológico de estos sistemas, permite extender el rango de oscilaciones de  $100 \text{ s}^{-1}$  a  $100,000 \text{ s}^{-1}$ , permitiendo entender la conexión que existe entre la propiedad de viscoelasticidad de las soluciones acuosas y la estructura microscópicas de estos dos sistemas bajo deformaciones externas.

## Abstract

*In this paper, a study of the viscoelastic behavior of two polymer systems that form transient physical gels are presented: deoxyribonucleic acid (DNA) dissolved in buffer and an associative polymer of the multi-union type, both in the semi-diluted non-interlaced concentrations regime. The linear viscoelasticity was studied using the mechanical rheology technique, determining the elastic  $G'(\omega)$  and  $G''(\omega)$  viscous modules in the range of low frequency deformations and the optical microreology technique for high frequencies. The implementation of both techniques, in the rheological study of these systems, allows us to extend the range of oscillations from  $100 \text{ s}^{-1}$  to  $100,000 \text{ s}^{-1}$ , allowing us to understand the connection between the properties of viscoelasticity of aqueous solutions and the microscopic structure. of these two systems under external deformations.*

<sup>1</sup> Departamento de Física / Correo: rogelio@correo.fisica.uson.mx

<sup>2</sup> Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales / Correo: emmanuel.robles@correo.fisica.uson.mx



## INTRODUCCIÓN

La reometría es una técnica muy útil para obtener información de las propiedades mecánicas de los materiales, por lo que en la industria es muy utilizada como una técnica estandarizada para la determinación de la elasticidad, viscosidad y/o viscoelasticidad. Sin embargo, el potencial de esta técnica no se limita únicamente a la determinación de las propiedades macroscópicas o de bulto de los materiales, sino que también permite entender a nivel microscópico la estructura, así como las interacciones moleculares que dan origen a las propiedades reológicas (e.g. la difusión de cadenas de polímeros). A pesar de las bondades que ofrece esta técnica en el estudio de los materiales complejos, tiene limitaciones que la hacen difícil de aplicar e interpretar. Por ejemplo, la poca cantidad de muestra que se encuentra en algunos sistemas como es el caso de materiales biológicos, o donde la estructura se destruye a deformaciones muy pequeñas. Además de necesitar gran cantidad de muestra para realizar las mediciones, también se encuentra con efectos inerciales al operar los reómetros a altas frecuencias, disminuyendo así el rango efectivo de las diferentes deformaciones aplicadas sobre la muestra.

Recientemente se han innovado técnicas experimentales con la finalidad de estudiar a nivel local microscópico el comportamiento reológico de los fluidos complejos. Estas técnicas se basan principalmente en introducir en el sistema de estudio, partículas coloidales débilmente interactuantes con el medio circundante (Figura 1), y posteriormente realizar las mediciones del desplazamiento cuadrático medio con la finalidad de determinar la dinámica traslacional de las partículas. Así, las propiedades mecánicas de los materiales pueden ser determinadas cuantificando el desplazamiento cuadrático medio de las partículas de prueba, derivados de las fluctuaciones térmicas del medio, los desplazamientos cuadráticos medios pueden ser medidos utilizando una variedad de técnicas experimentales como: dispersión de onda difusiva (DWS), video microscopía, dispersión dinámica de luz (DLS), entre otras[1]. El rango máximo de frecuencias de microreología está limitado a la resolución temporal del instrumento utilizado en la medición de la difusión de las partículas de prueba[2]. En la Figura 2, se muestra una representación esquemática de las técnicas de reología mecánica y de microreología utilizando dispersiones de luz y sus limitantes en el rango de frecuencia. En el caso de DLS, la variación temporal de la intensidad dispersada en un medio ergódico permite obtener la difusión de las partículas trazadoras en el medio viscoelástico. Esto es, los desplazamientos cuadráticos medios  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  de las partículas se obtienen a partir de las funciones de autocorrelación de intensidades  $g_2(t)$ . La técnica de dispersión dinámica de luz permite una resolución temporal y espacial, aproximadamente de  $10^{-6}$ s y  $10^{-1}$ nm respectivamente. Las propiedades viscoelásticas del material son obtenidas utilizando la ecuación generalizada de Stokes-Einstein asumiéndose que el medio puede ser descrito por una viscosidad compleja dependiente de la frecuencia. Donde las propiedades viscoelásticas locales pueden ser descritas utilizando los módulos elásticos  $G'(\omega)$  y viscosos  $G''(\omega)$ , derivados de la difusión de las partículas de prueba dispersas en el medio complejo. Originalmente esta ecuación fue formulada para coloides monodispersos en un medio puramente viscoso.

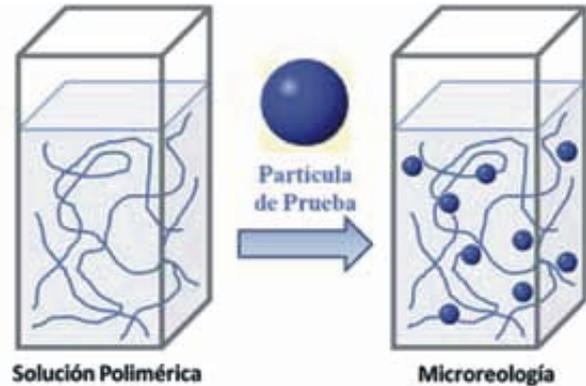


Figura 1. Representación esquemática de los sistemas de geles físicos con y sin partículas coloidales inmersas en la solución.

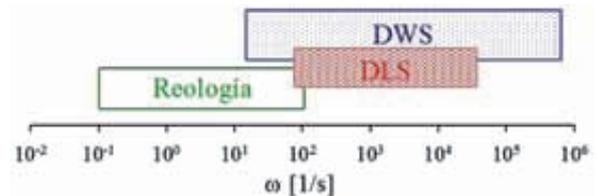


Figura 2. Representación esquemática de las técnicas de reología mecánica y microreología utilizando dispersiones de luz (DWS, DLS) y el rango de frecuencias válido.



La técnica de microreología ha resultado ser una técnica experimental fundamental en la correlación de las propiedades viscoelásticas y la estructura microscópica de una gran cantidad de materiales, como: tensoactivos, polímeros, biopolímeros, polímeros asociativos [3], coloides e inclusive sistemas biológicos como el ADN [4] o los filamentos de actina. Los polímeros asociativos hidrófobamente modificados (PA) son macromoléculas compuestas por un esqueleto hidrófilo y grupos hidrófobos repartidos a ambos extremos de la cadena principal (telequéricos) y/o a lo largo del esqueleto (tipo combinado y multiuniones).

En solución acuosa, los PA se auto asocian formando agregados, donde los grupos hidrófobos constituyen el núcleo del agregado y los grupos hidrófilos actúan como barreras protectoras, evitando el contacto de los hidrófobos con el disolvente acuoso. El radio típico de los agregados es de 10 a 40 nm, incluyendo al núcleo hidrocarbonado de 4 nm. Mientras que el ácido desoxirribonucleico (ADN) es una molécula cargada, semiflexible lineal, compuesta de doble cadena que contiene la información genética para el desarrollo biológico de las células vivas. En disolución acuosa al incrementarse la concentración de ADN y por encima de la concentración crítica  $\phi^*$ , las moléculas se entrelazan presentando el sistema comportamientos viscoelásticos más complejos. Una caracterización estructural y reológica del ADN en disolución acuosa o en salmuera es esencial para aplicaciones del tipo génica [5]. El comportamiento viscoelástico complejo que presentan los PA y el ADN en disolvente acuoso es debido, en gran parte, a la estructuración en redes temporales tridimensionales conformada por las uniones entre agregados. Hoy en día y a pesar de la gran cantidad de estudios llevados a cabo en los sistemas de redes temporales tridimensionales de PA y de ADN, aún no, se ha determinado el origen de la viscoelasticidad en términos estructurales.

En este trabajo se presenta el comportamiento viscoelástico de dos sistemas que forman geles físicos transitorios: ácido desoxirribonucleicos (ADN) disuelto en buffer y el polímero asociativo del tipo multiuniones en el régimen semidiluido no entrelazado en disolución acuosa, mediante las técnicas experimentales de reología mecánica y microreología, en función de la concentración de PA y ADN respectivamente y del tamaño de las partículas de prueba.

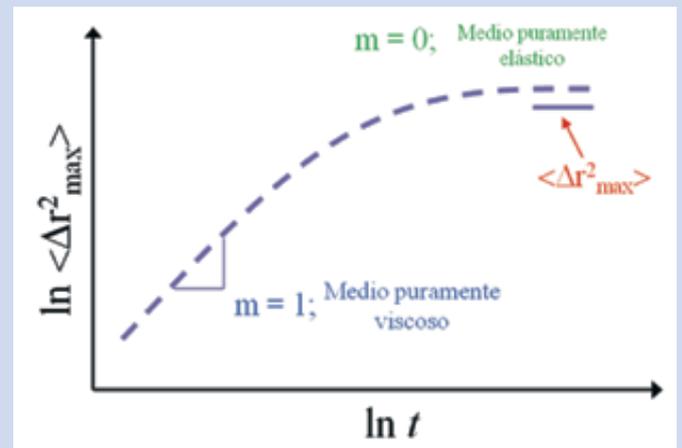


Figura 3. Esquema del desplazamiento cuadrático medio de sistemas de partículas coloidales dispersas en sistemas viscoelásticos. La pendiente  $m = 1$  muestra el comportamiento típico de partículas difundiéndose en un medio puramente viscoso, y  $m = 0$  corresponde a un medio puramente elástico.



Figura 4. Esquema de obtención de los módulos viscoelásticos a partir del desplazamiento cuadrático medio.

## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 2.1. Preparación de muestras de Polímeros Asociativos

El polímero asociativo de tipo multiunión (PAM-co-DOAM) utilizado en este trabajo es una poliacrilamida (PAM) modificada hidrófobamente, con un peso molecular de  $M_w = 209,000$  g/mol y un índice de polidispersidad,  $M_w/M_n = 2.5$ , con pequeñas cantidades de *N,N*-dioctilacrilamida (DOAM) (1% molar), y fue obtenido mediante polimerización por radicales libres en solución.

### 2.2. Preparación de muestras de ADN

Todas las muestras tanto de PA, como de ADN fueron preparadas pesando soluto y solvente. En el caso particular de ADN fueron preparadas pesando ADN de timo de ternera con 13,000 pares de bases (Sigma-Aldrich) en buffer acuoso (10 mM Tris-HCl y 0.1 mM EDTA) con un pH ajustado a 8.0 en viales de 20 mL.

### 2.3. Muestras con partículas coloidales

Para el estudio microreológico se realizaron muestras de PA y ADN con partículas esféricas trazadoras de poliestireno dispersas en las soluciones. Las partículas utilizadas son de la marca DukeScientific© con un diámetro de 0.3  $\mu\text{m}$  y una concentración en la muestra de 0.002% en peso. Tanto el tamaño como la concentración de la partícula en solución, se escogió pensando en evitar contribuciones reológicas debido al movimiento traslacional de las partículas a nivel microscópico y evitar que las soluciones se tornaran turbias por efecto de la alta concentración, provocando dispersión múltiple.

### 2.4. Reología lineal oscilatoria

Las mediciones de reología lineal oscilatoria fueron llevadas a cabo utilizando un reómetro de la marca Anton-Paar de esfuerzo controlado, modelo MCR300. La geometría utilizada fue de cono-plato (50 mm de diámetro

y un ángulo de contacto  $\alpha = 0.98^\circ$ ). La disminución de la evaporación del disolvente de las muestras se redujo utilizando una cubierta húmeda sobre la geometría. El control de temperatura se realizó utilizando un sistema tipo Peltier.

### 2.5. Dispersión Dinámica de Luz

Las mediciones de dispersión dinámica de luz se realizaron con un dispersor ALV/DLS/SLS-5000 ALV GmbH; Langen, Alemania, y utilizando un láser Helio-Neón con una longitud de onda de 632.8nm. La función de autocorrelación intensidad normalizada en tiempo real es definida

$$g_2(k, t) = \langle I(k, 0)I(k, t) \rangle / \langle I(k, 0) \rangle^2 \quad (1)$$

donde  $g_2(k, t)$  es la función de correlación de intensidades,  $\langle \dots \rangle$  denota el promedio temporal, y  $k = (4\pi n / \lambda) \sin(\theta/2)$ , es el vector de onda dispersada. En este trabajo, el índice de refracción fluctuó alrededor de 1.338, y el ángulo de dispersión se mantuvo fijo a  $90^\circ$ . La función de correlación experimental está relacionada con la función de autocorrelación normalizada por medio de la ecuación de Siegert  $g_2(t) = 1 + \beta |g_1(t)|^2$ , donde  $\beta$  es un factor de corrección experimental que depende del arreglo óptico del equipo y es próximo a 1. Suponiendo una distribución gaussiana, el desplazamiento cuadrático medio  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  de las partículas puede ser calculado a partir de la función de correlación de campo electromagnético  $g_1(t) = \exp[-(k^2/6)\langle \Delta r^2(t) \rangle]$ . Para el caso de partículas trazadoras esféricas, rígidas y monodispersas, la dinámica traslacional depende del coeficiente de difusión  $D_0$ , que es obtenido a partir del coeficiente de difusión *Stokes-Einstein* dado por la ecuación  $D_0 = \frac{k_B T}{6\pi a \eta}$ , donde  $k_B T$  es la energía térmica del sistema,  $a$  es el radio de la partícula y  $\eta$  la viscosidad del medio circundante a las partículas de prueba. La ecuación de *Stokes-Einstein* se generaliza al considerar que el medio presenta una viscosidad compleja  $\eta^*(\omega)$ .



## 2.6. Microreología

La microreología en la práctica se basa en agregar partículas coloidales al sistema que se está estudiando. En la Figura 1 se muestra esquemáticamente el procedimiento utilizado para el caso particular de PA y del ADN en disolventes acuosos. Es indispensable que la interacción entre la matriz viscoelástica y las partículas coloidales sea muy débil o nula, con la finalidad de no modificar el comportamiento reológico de la matriz. Así, las partículas coloidales tienden a moverse dentro de la matriz compleja, por efecto de las fluctuaciones térmicas del entorno, haciendo posible utilizar la ecuación de *Stokes-Einstein* para determinar la viscoelasticidad del medio en el cual se encuentran dispersas. El movimiento browniano de las partículas es cuantificado por medio del desplazamiento cuadrático medio,  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  que realizan las partículas. En el caso de medios viscosos  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  mantiene una tendencia lineal con el tiempo, con pendiente 1 (ver Figura 3), mientras que en el caso de un medio sólido el valor es 0.

La obtención de las propiedades elásticas y/o viscosas del medio puede ser calculada utilizando varios métodos matemáticos, como se muestra en la Figura 4. La ruta utilizada en este trabajo para determinar la viscoelasticidad de las disoluciones de PA o de ADN por medio de microreología, es la desarrollada por *T.G. Mason et al.*, basada en la utilización de una aproximación analítica [6]. El método analítico de Mason, hace una relación entre los módulos de almacenamiento de energía  $G'(\omega)$ , y de pérdida  $G''(\omega)$ , con el desplazamiento cuadrático medio de las partículas de prueba:

$$G'(\omega) = |G^*(\omega)| \cos\left[\frac{\pi\alpha(\omega)}{2}\right] \quad \text{y} \quad G''(\omega) = |G^*(\omega)| \sin\left[\frac{\pi\alpha(\omega)}{2}\right] \quad (4)$$

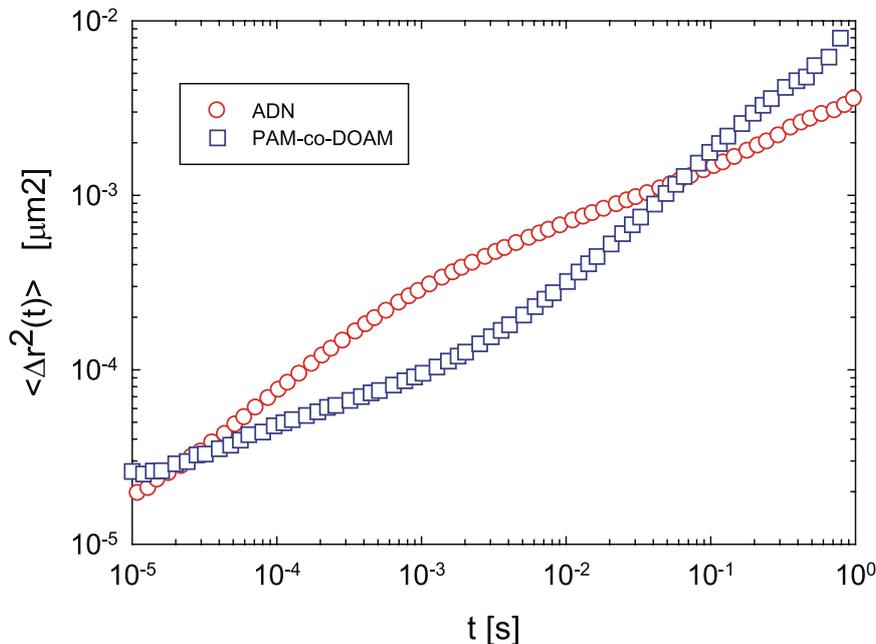


Figura 5.- Desplazamiento cuadrático medio de ADN (círculos vacíos) en disolución a una concentración 2 mg/mL con partículas coloidales de  $0.3\mu\text{m}$  a una concentración de 0.002% en peso. Los cuadros vacíos corresponden a disoluciones acuosas de PA multiuniones a  $\phi=3\%$  en peso con partículas coloidales (a  $0.3\mu\text{m}$  a 0.002% en peso) y  $T=30^\circ\text{C}$ .

con,

$$|G^*(\omega)| \approx \frac{k_B T}{\pi a \langle \Delta r^2(1/\omega) \rangle \Gamma[1 + \alpha(\omega)]} \Big|_{t=1/\omega} \quad (5)$$

donde,  $\alpha(\omega)$  es el exponente de la ley de potencias que describe la pendiente logarítmica del  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  a  $t = 1/\omega$ , es decir:

$$\alpha(\omega) = \frac{d \ln \langle \Delta r^2(t) \rangle}{d \ln t} \Big|_{t=1/\omega} \quad (6)$$

El módulo complejo puede relacionarse con la viscosidad compleja a través de la expresión  $\eta^*(\omega) = G^*(\omega) / \omega$ .

## 2.7 Resultados y discusiones

La Figura 5 muestra el desplazamiento cuadrático medio  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  de las disoluciones de PA y ADN respectivamente. El tamaño y concentración de partículas coloidales se mantuvo constante en ambas mediciones ( $d = 0.3\mu\text{m}$ ;  $\phi = 0.002\%$  p/p), la concentración de soluto varió de  $\phi = 3\%$  p/p para la disolución de PA y  $\phi = 2\text{mg} / \text{mL}$  para la disolución de ADN, ambas mediciones se realizaron a  $30^\circ\text{C}$ . En la Figura 5 se observa que predominan dos regímenes temporales cercano a los 2ms para ambos sistemas. En el régimen a tiempos cortos, la disolución de PA muestra un comportamiento subdifusivo con una pendiente de 0.3, mientras que en el caso de disoluciones de ADN, el comportamiento dominante es difusivo (valor de pendiente 1). A tiempos largos, las partículas de prueba dispersas en la disolución de PA se difunden con una

pendiente de 0.6. En el caso de las disoluciones de ADN, se observa que en el régimen a tiempos largos predomina un movimiento subdifusivo con una pendiente de 0.3. Estos comportamientos corresponden a estados intermedios entre el estado viscoso y el elástico reflejando el ambiente complejo en el que se difunden las partículas coloidales, formadas por las redes temporales de ambos sistemas.

Cabe mencionar que todas las concentraciones tanto de los PA como del ADN, utilizados en este trabajo se encuentran en el régimen semidiluido no entrelazado [7]. Los valores de concentraciones de soluto, fueron elegidos debido a que la técnica de microreología utilizando DLS es muy precisa en este régimen de concentración, debido a que el medio viscoelástico es homogéneo.

En la Figura 6 se muestran los módulos elástico  $G'(\omega)$  y viscoso  $G''(\omega)$  en función de la frecuencia ( $0.1s^{-1} \leq \omega \leq 100s^{-1}$ ) de disoluciones acuosas del PA a una concentración de  $\phi = 3\% p/p$  y a una temperatura de  $30^\circ C$ . La concentración de partículas se mantuvo constante ( $\phi = 0.002\% p/p$ ). Estas mediciones son obtenidas utilizando reología oscilatoria, con una deformación en el régimen lineal, y complementadas con mediciones de microreología utilizando el método analítico de Mason et al. [8]. En estas mediciones, la variación en el diámetro de las partículas empleadas en este trabajo no genera cambios significativos en los módulos viscoelásticos respecto a la solución del PA o de ADN sin partículas trazadoras[9, 10].

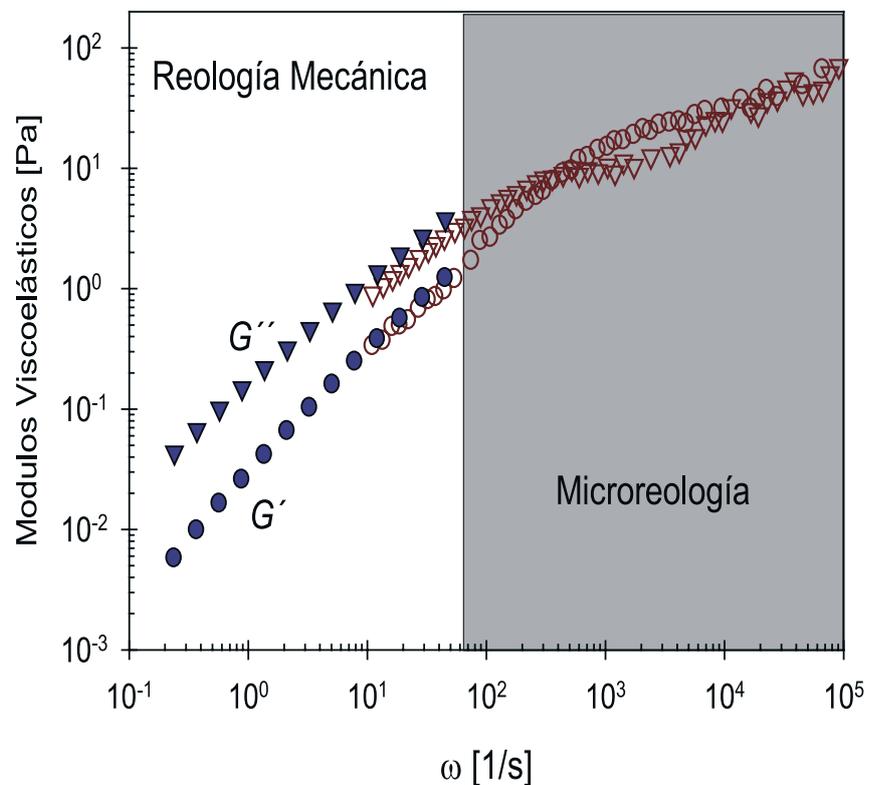
Así mismo, se observa un comportamiento viscoelástico, donde el módulo viscoso predomina sobre el módulo elástico. Ambos módulos presentan un comportamiento en leyes de potencias próximo a 1, la extrapolación de estos módulos a frecuencias superiores a  $100 s^{-1}$  da como resultado un tiempo de relajación característico del sistema  $\lambda \approx 0.16ms$ . Por otra parte, se observa un buen traslape entre las mediciones de bulto o reología mecánica con las realizadas con la técnica de microreología permitiendo asociar mecanismos responsables de los comportamientos viscoelásticos de los sistemas estudiados, con sus comportamientos macroscópicos.

Los módulos viscoelásticos muestran una tendencia compleja, caracterizado por una desviación de las pendientes logarítmicas de un comportamiento en un medio puramente viscoelástico. De tal manera que no puede ser interpretado por un modelo mecánico ideal como el de Maxwell, siendo necesario utilizar teorías de polímeros más complejas.

Los comportamientos viscoelásticos de estos dos sistemas de PA y ADN, muestran, respectivamente, leyes de potencias correspondientes a los modos de respiración de Rouse (a frecuencias altas), donde ambos módulos viscoelásticos  $G'(\omega)$  y viscoso  $G''(\omega)$  presentan una pendiente logarítmica de 1/2.

El modelo de Rouse es formulado al considerar un conjunto de resortes acoplados de manera lineal, los

Figura 6. Microreología (símbolos abiertos) versus reología mecánica (símbolos cerrados) de PA multiuniones en soluciones a una concentración en peso del 3% con partículas de  $0.3\mu m$  a  $0.002\%$  de concentración y a  $T=30^\circ C$ .





cuales están caracterizados por una masa puntual y una constante de resorte. Este modelo es válido en el caso de sistemas poliméricos en el régimen de concentraciones diluidas. Sin embargo, en sistemas complejos, no siempre representa totalmente el comportamiento real. Como se puede apreciar, una clara desviación de este comportamiento típico del modelo de Rouse a frecuencias intermedias, donde en dos ocasiones se entrecruzan los valores de los módulos viscoelásticos. Las frecuencias de entrecruzamiento denotan transiciones entre los regímenes, dominado por una dinámica de rompimiento de agregados y el dominado por Rouse.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó el estudio de las propiedades viscoelásticas de dos sistemas de fluidos complejos, los cuales forman redes temporales a escala nanométrica. Un sistema de PA en disolución acuosa, caracterizado por formar estructuras tipo flor debido a interacciones hidrofóbicas, mientras que el caso de disoluciones de ADN en buffer se caracteriza por formar redes complejas por interacciones de puentes de hidrógeno [10]. La técnica de reología mecánica fue utilizada para estudiar las propiedades viscoelásticas de bulto de ambos sistemas. Mientras que para las propiedades viscoelásticas a nivel microscópico, se empleó la técnica de dispersión dinámica de luz para medir la microreología de los sistemas estudiados. La microreología fue elucidada a través de la difusión de partículas coloidales inmersas en las disoluciones poliméricas, transformando el espacio de tiempos al espacio de frecuencias utilizando el método analítico de Mason et al. [8]. De esta manera se amplió el dominio de validez de los módulos viscoelásticos  $G'(\omega)$  y  $G''(\omega)$ ; lográndose obtener un buen traslape entre los comportamientos viscoelásticos macroscópicos y microscópicos en cada uno de los sistemas. Los modos normales de vibración fueron interpretados en base al modelo de Rouse.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Miguel A. Valdés Covarrubias por permitir realizar las mediciones de dispersión dinámica de luz en el laboratorio de Fluidos Complejos del Departamento de Física de la Universidad de Sonora. Y al CONAcYt por proporcionar el apoyo económico al estudiante Emmanuel Robles-Avila para la realización de sus estudios de Maestría en Ciencia de Materiales en el Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales de la Universidad de Sonora.

## REFERENCIAS

- 1) Waigh, T.A., Microrheology of complex fluids, in Reports on progress in physics 2005. p. 685-742.
- 2) MacKintosh, F.C. and C.F. Schmidt, Microrheology. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 1999. 4: p. 300-307.
- 3) Lu, Q. and M.J. Solomon, Probe size effects on the microrheology of associating polymer solutions. Phys. Rev. E, 2002. 66: p. 061504.
- 4) Mason, T.G., et al., Particle tracking microrheology of complex fluids. Phys. Rev. Lett., 1997. 79(17): p. 3282-3285.
- 5) Gardlik, R., et al., Vector and delivery systems in gene therapy. Med. Sci. Monit., 2005. 11(4): p. RA110-21.
- 6) Mason, T.G., Estimating the viscoelastic moduli of complex fluids using the generalized Stokes-Einstein equation. Rheol. Acta, 2000. 39: p. 371-378.
- 7) Jiménez-Regalado, E.J., et al., Study of three different families of water soluble copolymers: synthesis, characterization and viscoelastic behavior of semidilute solutions of polymers prepared by solution polymerization. Polymer, 2004. 45: p. 1993-2000.
- 8) Mason, T.G., Estimating the viscoelastic moduli of complex fluids using the generalized Stokes-Einstein equation. Rheological acta, 2000. 39: p. 371-378.
- 9) Robles, E., et al., Microreología de polímeros asociativos multiuniones en solución acuosa. Revista Mexicana de Física, 2010. 56(2): p. 106.
- 10) Carvajal, F., et al., Microrheology study of semidiluted deoxyribonucleic acid solutions. Materials Research Society, 2010. 1277: p. 34.

# DETERMINACIÓN DE VARIABLES CUALITATIVAS COMO FACTORES CLAVES EN LA PROGRAMACIÓN DE LOS PROYECTOS DE EDIFICIOS EN ALTURA, REGIÓN COQUIMBO, CHILE

*Determination of qualitative variables as key factors in the programming of building projects In altura, Coquimbo region, Chile*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

MSC. Ing. Oscar Contreras<sup>1</sup>

Ing. Ronnie Kauer<sup>2</sup>

Recibido: 12 de febrero de 2017,

Aceptado: 27 de julio de 2017

Autor de Correspondencia:

MSC. Ing. Oscar Contreras

Correo: [ocontreras@userena.cl](mailto:ocontreras@userena.cl)

## Resumen

En el presente trabajo se realiza un análisis y se determina en términos cualitativos los factores claves que inciden en la adecuada programación de las duraciones de las actividades en los proyectos de construcción de edificios en altura en la ciudad de Coquimbo, Chile. El análisis profundiza el estudio y desarrollo del modelo estocástico pert/cpm modificado aplicado con antelación, del cual nace la búsqueda de explicaciones de las desviaciones obtenidas, encontrándose, variables del tipo cualitativas que influyen en el resultado de dichas desviaciones al realizar un proyecto de la envergadura del indicado. Estas variables cualitativas, se definen entonces como factores claves, proponiéndose un modelo para con su consideración en los mencionados proyectos de edificación.

**Palabras clave:** programación; proyectos; gestión; estocasticidad

## Abstract

*In this paper, an analysis and determined in qualitative terms the key factors that affect the proper programming of the durations of activities in construction projects rise buildings in the city of Coquimbo, Chile. The analysis explores the study and development of the stochastic model pert/cpm applied modified in advance, from which springs the search for explanations of the deviations obtained, being among others, kind of qualitative variables that influence the outcome of these deviations, to conduct a project the size indicated. These qualitative variables are then defined as key factors in proposing a model for consideration in the said building projects.*

**Keywords:** programming; Projects; management; stochasticity

## INTRODUCCIÓN

A pesar de buscar con distintas técnicas numéricas mayor precisión en la programación y secuenciación de las actividades de un proyecto, como por ejemplo redes neuronales con respecto a lo realizado, aún persisten diferencias que presentan cierta importancia significativa a los dueños o inversionistas de los proyectos, sobre todo por la limitación de recursos [1].

En la Región de Coquimbo, una zona semi-desértica con un gran potencial de crecimiento y desarrollo de la urbanización en donde su cercanía a los centros mineros importantes de la Región de Atacama y Antofagasta, así como la tranquilidad, zona turística y moderado costo de vida con respecto a las zonas anteriormente indicadas sea un atractivo para que gran cantidad de personas opten por vivir y/o vacacionar en la zona ha generado un fuerte impulso en la industria de la construcción en los últimos años. En la Tabla 1 se puede apreciar por medio del indicador Inacor, que (con excepción de las regiones de Antofagasta y Aysén), es la región con mayor crecimiento a nivel nacional.



Tabla 2. PIB por Actividad Económica, Región de Coquimbo

Actividad	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (1)
A gropecuario-Silvícola	94.502	91.948	103.860	97.345	104.383	103.934	101.345
Pesca	25.746	23.958	18.006	23.883	24.914	33.415	31.383
Minería	218.175	228.872	209.176	212.899	204.596	235.198	212.193
Industria Manufacturera	68.462	75.174	77.013	74.938	77.732	84.493	82.172
Electricidad, Gas y Agua	37.519	30.277	34.398	34.403	30.762	27.593	36.438
Construcción	101.242	113.494	137.883	148.258	193.427	229.331	185.964
Comercio, Restaurantes y Hoteles	105.362	116.706	124.680	131.287	139.128	149.83	147.181
Transporte y Comunicaciones	114.485	120.540	124.268	127.427	131.945	133.38	134.773
Servicios Financieros y Empresariales (2)	93.376	99.917	108.391	119.339	132.998	134.981	134.566
Propiedad de Vivienda	92.802	95.302	98.546	102.247	106.526	110.970	115.182
Servicios Personales (3)	171.512	181.390	190.487	201.638	206.031	216.566	220.848
Administración Pública	66.825	68.891	70.896	72.909	75.862	78.689	80.876
Menos: Imputaciones Bancarias	-20.429	-21.269	-25.403	-24.686	-28.754	-29.930	-30.206
<b>Producto Interno Bruto</b>	<b>1.169.582</b>	<b>1.225.199</b>	<b>1.272.202</b>	<b>1.321.888</b>	<b>1.399.550</b>	<b>1.508.462</b>	<b>1.452.714</b>

(1) Cifras provisionales.

(2) Incluye servicios financieros, seguros, arriendo de inmuebles y servicios prestados a empresas.

(3) Incluye educación y salud -pública y privada- y otros servicios.

Fuente: Banco Central de Chile, 2011

Tabla 1. INACOR, 2013  
ÍNDICE DE ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN REGIONAL  
Agosto 2013 (Variación mensual, en %)

	Indicadores Parciales			INACOR
	Empleo Sectorial	Permisos de Edificación	Consumo de Cemento	
XV Arica y Parinacota	-36,6	-34,5	-23,8	-7,0
I Tarapacá	-1,4	-53,5	-6,6	-6,8
II Antofagasta	-7,4	-16,1	41,2	21,8
III Atacama	-0,8	-29,5	-12,7	-5,0
IV Coquimbo	-1,1	59,8	11,5	13,4
V Valparaíso	-13,5	66,9	9,1	4,6
VI O'Higgins	-3,0	-57,8	10,4	5,3
VII Maule	-0,5	68,7	-3,2	1,1
VIII Bío Bío	3,1	31,0	-11,0	-7,4
IX La Araucanía	19,9	50,8	4,1	12,7
XIV Los Ríos	-15,5	92,7	-34,8	0,5
X Los Lagos	12,8	27,6	-13,9	5,7
XI Aysén	17,2	75,3	-46,4	17,0
XII Magallanes	-8,0	-78,8	49,6	8,7
RM. Metropolitana	1,3	-39,2	8,6	4,1

Nota: Los crecimientos corresponden a las series en promedio móviles de tres meses desestacionalizadas.

Fuente: CChC en base a las estadísticas del INE e ICH.

En la Tabla 2 se muestra el PIB regional en donde se aprecia el crecimiento del rubro de la industria de la construcción en la zona.



Para subsanar en parte el desarrollo urbanístico en el borde costero, debido a la geografía circundante, no se inicia el desarrollo de la construcción de edificios en altura, los cuales superan los 18 – 20 pisos. Una de las problemáticas encontradas en la construcción de los edificios de altura en la región de Coquimbo es el manejo operacional de la programación de proyectos (6), la que con un 95% se realiza con cartas Gantt, en donde solo se considera la duración de las actividades en términos determinísticos. En estudios anteriores del mismo autor [2], se propuso un Modelo de Programación Pert/Cpm Modificado, el que incorporando el concepto de la estocasticidad, así como el manejo de tecnologías de la informática actuales, nos permitió acercarnos a mitigar esa diferencia entre lo real y lo programado. Como resultado se le entrega a los dueños del proyecto o inversionistas el concepto del riesgo y de la respectiva variabilidad a la que están expuestas las programaciones de las duraciones de las actividades y de los costos asociados del proyecto. Sin embargo, del análisis de los resultados, tanto de los modelos tradicionales como Carta Gantt, así como Pert/Cpm [3]; [4] y Pert/Cpm Modificado [2]. Según los resultados obtenidos, es claro que persisten diferencias significativas.

### DETERMINACIÓN DEL FACTOR K DE AJUSTE EN BASE A VARIABLES EXTERNAS

En la mayoría de los casos analizados en el ámbito de nuestro estudio, por no decir en su totalidad, no se alcanza el desarrollo de la obra con los tiempos y costes programados con los métodos de programación conocidos. Sólo con los métodos estocásticos se logra alcanzar valores entre 7% y 10% de precisión tanto en la duración como en los costos del proyecto.

De lo anterior es donde nos damos cuenta de que

existen variables externas en donde están expuestas las empresas constructoras lo que afectaría tanto en sus duraciones como en sus costos. Dichas variables son; condición de mercado del recurso humano, insumos o materia prima, así como también la condición climática de la región.

En el presente estudio proponemos determinar una función de ajuste  $K$  a ser aplicada a la programación de la duración de las actividades con el fin de buscar una mayor precisión entre las duraciones programadas y las duraciones reales; lo anterior basado en la proposición realizada en [2].

Por lo tanto se propone determinar la función:

$$K = f(c, t, i) \quad (1)$$

En donde:

$K$  es el factor de ajuste a la programación de las duraciones

$c$  es el porcentaje de variación de las condiciones climáticas a considerar en la región o localidad;  $t$  es el porcentaje de variación de la tasa de cambio de la moneda US\$, respecto a un año determinado;  $i$  es el porcentaje de crecimiento del desarrollo industrial regional o nacional, según sea el o los índices a considerar.

Para nuestro estudio se consideró que para la variable Condiciones Climáticas, lo más importante es la temperatura media y el porcentaje de humedad. Para la variable Desarrollo Industrial, consideramos el PIB base a precios del año 2008, así como la Tasa Regional de Desempleo. Finalmente para la variable Tasa de Cambio se tomó como referencia el año 2008.

Se trataron los datos en términos trimestrales desde el primer trimestre del año 2009 al segundo trimestre del año 2013. El resumen de los datos anteriormente indicados, se encuentran en la Tabla 3 siguiente.

Tabla 3. Resumen de Datos de Clima, Tasa de Cambio y Desarrollo Industrial

Año	Trimestre	T° MEDIA	% Humedad Relativa	Dólar (Ch\$)	Dólar (%)	Desempleo (miles pers)	Desempleo (%)	PIB nac (%)
2009	Dic - Feb	16,7	76,8	626,1	3,60%	21,5	8,00%	-2,87%
	Mar - May	14,1	83,7	580,6	-7,27%	21,2	8,17%	2,40%
	Jun - Ago	10,5	82,6	546,8	-5,82%	24,7	9,02%	1,39%
	Sept - Nov	12,7	77,7	534,2	-2,30%	21,2	7,57%	12,57%
2010	Dic - Feb	15,9	78,8	511,6	-4,24%	17,3	5,93%	-4,16%
	Mar - May	13,9	82,3	525,7	2,76%	27,6	9,17%	5,02%
	Jun - Ago	9,9	81,1	525,9	0,05%	24,1	7,58%	4,34%
	Sept - Nov	12,6	78,7	486,8	-7,44%	22,8	7,28%	9,64%
2011	Dic - Feb	16,5	76,3	480,0	-1,39%	26,7	8,38%	-2,27%
	Mar - May	13,7	79,9	472,9	-1,47%	27,2	8,36%	-1,44%
	Jun - Ago	10,5	81,9	466,4	-1,38%	24,6	7,45%	-0,47%
	Sept - Nov	12,7	80,0	501,3	7,49%	19,5	5,99%	10,69%
2012	Dic - Feb	17,3	75,5	500,0	-0,26%	23,2	6,69%	-3,02%
	Mar - May	14,7	79,7	489,5	-2,10%	19,6	5,73%	0,98%
	Jun - Ago	10,8	78,1	492,9	0,68%	19,5	5,83%	0,07%
	Sept - Nov	13,1	77,0	477,0	-3,22%	21,7	6,32%	10,26%
2013	Dic - Feb	17,5	76,8	474,1	-0,61%	19,1	5,70%	-4,16%
	Mar - May	13,7	78,5	474,7	0,15%	24,8	7,43%	-0,27%

Fuentes: Dirección Meteorológica de Chile, Banco Central de Chile e Instituto Nacional de Estadística de Chile. 2012

Realizando el estudio respectivo de estas variables, se determinan y se seleccionan y se propone la función  $K$  de ajuste. La cual queda de la siguiente forma:

$$K = f(tm, h, t, d, p) \quad (2)$$

En donde:

$K$  es el factor de ajuste a la programación de las duraciones

$tm$  es la temperatura media de la zona o región

$h$  es el porcentaje de humedad relativa de la zona

$t$  es el porcentaje de variación de la tasa de cambio de la moneda americana, respecto a un año determinado

$d$  es el porcentaje de desempleo de la región

$p$  es el porcentaje de crecimiento del PIB en la industria de la construcción

Con los datos de la Tabla 3 y los antecedentes de las desviaciones obtenidas en la duración de los proyectos más representativos de la conurbación Coquimbo-La Serena, se conforma un modelo de regresión lineal, como se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Principales Proyectos de Edificios en la Región de Coquimbo

edificio	Fecha Inicio	Fecha Término		duracion (días)		diferencia	diferencia
	Real	programada	real	programada	real	(días)	%
Edificio Altamar	dic-09	mar-11	abr-11	439	470	31	7,06
Brisas de San Joaquin	abr-12	oct-12	dic-12	153	233	80	52,29
Espacio Urbano II	may-12	mar-13	jul-13	214	310	96	44,86
Paseo San Carlos	may-12	ene-13	abr-13	180	230	50	27,78
Condominio Mistral III	feb-12	ene-13	may-13	260	331	71	27,31

Fuente: Elaboración Propia

En base al modelo propuesto, la función  $K$  quedaría definida de la siguiente forma [5]:

$$K = a_1 + a_2tm + a_3h + a_4t + a_5d + a_6i \quad (3)$$

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  y  $a_6$  son los coeficientes de la función

En base a la disponibilidad de valores de desviación obtenidas de las duraciones de los proyectos, se considerará los antecedentes de las variables dependientes propuestas a partir del año 2011 en adelante. Por otra parte, al realizar una determinación como la propuesta, no se obtiene un resultado positivo, ya que se propuso hacer un modelo exponencial. Sin embargo al tener valores negativos en los datos, no es posible la linealización de la función. Entonces, para bajar la negatividad de los datos, éstos se manejan en términos cuadráticos y se prueba un modelo regresivo lineal múltiple, encontrándose con esto la respuesta esperada. Para todos los cálculos se utiliza el Complemento de Excel (MS™) Análisis de Datos.

En la Tabla 5 se muestra la matriz con los datos en términos cuadráticos considerada para el cálculo.

Tabla 5. Matriz de datos en términos cuadráticos

K	T	H	Tc	Ds	Pib
0,0049865	278,89	5894,82716	0,001296	0,00639357	0,00082369
0,0049865	199,751111	7000,11111	0,00528106	0,00668278	0,000576
0,0049865	110,25	6815,41975	0,00339296	0,00813817	0,00019321
0,0049865	160,444444	6032,11111	0,00052764	0,00573026	0,01580049
0,0049865	253,871111	6205,93827	0,00180072	0,00351735	0,00173056
0,0049865	192,284444	6778,77778	0,00075971	0,00841767	0,00252004
0,0049865	98,671111	6579,01235	2,0846E-07	0,0057502	0,00188356
0,0049865	157,921111	6188,44444	0,00553905	0,00530545	0,00929296
0,0049865	271,151111	5826,77778	0,00019459	0,00701421	0,00051529
0,0049865	187,69	6382,23457	0,00021698	0,00699399	0,00020736
0,0049865	110,951111	6705,79012	0,00019009	0,0055491	0,00002209
0,0049865	160,444444	6400	0,00560299	0,00358604	0,01142761
0,0049865	300,444444	5701,06186	6,6222E-06	0,00447495	0,00091204
0,0049865	215,111111	6353,63267	0,000441	0,00328059	0,00009604
0,2734244	115,921111	6105,26586	4,6836E-05	0,00340302	0,00000049
0,201242	172,484444	5930,65603	0,00103818	0,00399167	0,01052676
0,0771728	306,25	5901,95912	3,7479E-05	0,0032456	0,00173056
0,0745836	188,604444	6164,43827	2,1186E-06	0,00552147	0,00000729

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resultados del ajuste

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0,9484							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,8995							
R <sup>2</sup> ajustado	0,7738							
Error típico	0,0459							
Observaciones	10							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	5	0,0754	0,0151	7,157	0,0399			
Residuos	4	0,0084	0,0021					
Total	9	0,0838						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	2,232	0,599	3,728	0,020	0,570	3,893	0,570	3,893
Variable X 1	-0,0015	0,000	-4,328	0,012	-0,003	-0,001	-0,003	-0,001
Variable X 2	-0,0003	0,000	-3,189	0,033	-0,001	0,000	-0,001	0,000
Variable X 3	-22,508	17,976	-1,252	0,279	-72,418	27,401	-72,418	27,401
Variable X 4	-24,655	11,194	-2,203	0,092	-55,733	6,424	-55,733	6,424
Variable X 5	2,803	6,949	0,403	0,707	-16,492	22,097	-16,492	22,097

Fuente: Elaboración propia

Sobre la base de los resultados obtenidos, se propone el modelo que determina el valor de  $K$  en términos cuadráticos y así obtener el valor de  $K$  final [6].

$$K^2 = a_1 + a_2tm^2 + a_3h^2 + a_4t^2 + a_5d^2 + a_6i^2 \quad (4)$$

$$K^2 = 2.232 - 0.0015tm^2 - 0.0003h^2 - 22.508t^2 - 24.655d^2 + 2.803i^2 \quad (5)$$

$$K = \sqrt{2.232 - 0.0015tm^2 - 0.0003h^2 - 22.508t^2 - 24.655d^2 + 2.803i^2} \quad (6)$$

De (6) y reemplazando los valores de la Tabla 5, se

obtiene:

$$K = 0.27 \quad (7)$$

Al obtener el valor  $K$ , interpretamos que a la programación de la duración de las actividades de un proyecto es necesario agregar un 27% para su proposición final. A modo de prueba, se consideró la programación de los proyectos en estudio, aplicando el Factor  $K$ . Los resultados se aprecian en la Tabla 7.

Tabla 7. Duraciones de las actividades de los proyectos, utilizando Factor  $K$

N°	edificio	Fecha Inicio	Fecha Término		duracion (dias)		diferencia (dias)	diferencia ( % )	Programada con K (dias)	diferencia con K ( % )
		Real	programada	real	programada	real				
1	Edificio Altamar	dic-09	mar-11	abr-11	439	470	31	7,06	557,5	15,70%
2	brisas de sn joaquin	may-12	oct-12	dic-12	153	233	80	52,29	194,3	-19,91%
3	Espacio Urbano II	may-12	mar-13	jul-13	214	310	96	44,86	271,8	-14,06%
4	Paseo San Carlos	may-12	ene-13	abr-13	180	230	50	27,78	228,6	-0,61%
5	Condominio Mistral III	feb-12	ene-13	may-13	260	331	71	27,31	330,2	-0,24%

Fuente: Elaboración propia

De los resultados anteriores vistos en la Tabla 7, se desprende que si se hubiera considerado el Factor  $K$  en la programación de los proyectos considerados, las desviaciones claramente se hubieran visto reducidas de manera significativa, lo que habría significado reducir el impacto en los costos de las inversiones y las empresas, hubieran podido aprovechar mejor desde el punto de vista económico, las oportunidades del mercado, así como la posibilidad de poder ofrecer un precio más competitivo por sus productos.

#### 4. CONCLUSIONES.

Una vez realizado los cálculos para la determinación del Factor  $K$  de ajuste a las duraciones de las actividades de un proyecto de construcción de un edificio en altura, podemos establecer que las variables consideradas inicialmente como cualitativas, se pueden manejar en términos cuantitativos.

Al utilizar el Factor  $K$  de ajuste se pudo dar cuenta que al tener presente la aplicación de dicho factor obtenemos una importante baja en el porcentaje de desviación de las duraciones. El efecto más notorio se observa en los dos últimos proyectos, en los cuales se obtiene solo una variación de un día. Esto nos lleva a pensar que las variaciones se presentan según las condiciones dadas o la evolución que tengan las variables incluidas en el modelo. De esta manera será posible bajar tanto la incerteza como la desviación de la duración de los proyectos, lo que traería consigo que los inversionistas colocaran sus productos al mercado en el momento que se necesiten; además de reducir los riesgos del incremento de los costos financieros asociados al financiamiento del proyecto [7].

Es muy posible que los ajustes a la programación de proyectos en cuanto a su duración sean explicados también por otras variables internas al proyecto. Las variables que desprenden del análisis de los resultados obtenidos del modelo, podrían ser expertos del programador, grado

de capacitación del personal del proyecto o que pueden existir otras variables externas que también incidan y que es importante considerar al momento de realizar un proyecto de estas características para llegar a su término con una desviación mínima, que es lo esperado por sus dueños o inversionistas.

Finalmente, para continuar con este estudio, se propone continuar buscando variables que incidan de forma interna o externa a los proyectos y su cuantificación, tanto en las duraciones como en los costos, utilizando herramientas tanto matemáticas como tecnológicas simples que puedan ser aplicadas por cualquier profesional del área.

#### BIBLIOGRAFÍA

- 1) W. S. Herroelen. "Project Scheduling—Theory and Practice", *Production and Operations Management*; Vol. 14, No. 4, Winter 2005, p. 413–432.
- 2) O. Contreras G. "Aplicación y Análisis del Modelo Pert/Cpm Modificado, en la Programación de la Duración de las Actividades en la Construcción de Edificios en Altura en Coquimbo, Chile", *Iberoamerican Journal of Project Management*, Vol. 3, N°1, 2012.
- 3) M. Ishaque, A. K. Zaidi, A. H. Levis. "Project Management Using Point Graphs", *Systems Engineering*, Vol. 12, No. 1, 2009, p. 36–54.
- 4) S. Capuz, E. Gómez-Senent, A. Torrealba López; P. Ferrer Gisbert, J. L. Vivancos, T. Gómez. "Dirección, Gestión y Organización de Proyectos", *Cuadernos de Ingeniería de Proyectos III*; Editorial UPV, España, 2002.
- 5) N. Gujarati, Damodar, C. Porte Dawn. "Econometría", 2010, 5ta Ed., Editorial McGraw Hill, Cap. 6.
- 6) H. Kohler. "Estadística para negocios", 1996, 1ra Ed., Editorial CECSA, Cap. 13.
- 7) M. Vanhoucke, A. Vereecke, P. Gemmel. "The Project Scheduling Game (PSG): Simulating Time/Cost Trade-Offs in Projects", *The Project Management Institute*, 2005, Vol. 36, No. 1, 51–59, ISSN 8756-9728/03.
- 8) A. Serpell, L. Alarcón. "Planificación y Control de Proyectos", 2003, 2da. Ed., Editorial Universidad Católica de Chile.



# METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS AMBIENTAL Y VALORACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA MINERÍA EN EL ENTORNO GLOBAL

*Methodologies of environmental analysis and assessment  
Of the effects of mining in the global environment*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

DR. Sergio A. Moreno Zazueta<sup>1</sup>  
MC. Juan M. Rodríguez Zavala<sup>2</sup>

Recibido: 10 de Abril de 2017,  
Aceptado: 15 de Septiembre de 2017

Autor de Correspondencia:  
DR. Sergio A. Moreno Zazueta  
Correo: [occontreras@userena.cl](mailto:occontreras@userena.cl)

## Resumen

Es innegable que la minería tiene un efecto significativo en el medio en el que se asienta. La minería generadora de desechos, en diversas etapas de sus procesos, emite e impacta al medio físico, causando efectos fácilmente identificables en los sitios en los que se asienta, sin embargo, los efectos a nivel global pueden analizarse desde una forma conceptual englobados en 7 grandes temas: Grandes volúmenes de desecho, Planificación del cierre de minas, Legados de la minería, manejo ambiental. Uso de energía en el sector de los minerales, Manejo ambiental de los metales, Amenazas a la diversidad biológica.

Por ello se hace necesaria la utilización de las herramientas metodológicas de valoración ambiental aplicadas a la minería, debido a que este Sector industrial frecuentemente es tachado de "depredador del medio ambiente", la mayoría de las veces sin razón, o al menos sin un análisis serio de los impactos y efectos que está generando al medio físico. El uso de estas herramientas proporcionará una visión al empresario consciente, de las medidas aplicables al proceso para disminuir dichos efectos.

## Abstract

*It is undeniable that mining has a significant effect on the environment in which it is based. The waste minerigeneradora, in various stages of its processes, emits and impacts the physical environment, causing easily identifiable effects in the sites in which it is based, however, the global effects can be analyzed from a conceptual form encompassed in 7 large Topics: Large volumes of waste, Planning of mine closure, Legacies of mining, environmental management. Energy use in the minerals sector, Environmental management of metals, Threats to biological diversity.*

*Therefore it is necessary to use the methodological tools of environmental assessment applied to mining, because this industry is often labeled as "environmental predator", most of the time without reason, or at least without an analysis serious of the impacts and effects that it is generating to the physical environment. The use of these tools will provide a vision to the conscious entrepreneur, of the measures applicable to the process to reduce said effects.*



## HERRAMIENTAS CONCEPTUALES PARA LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Todos los sistemas de producción, procesos o servicios poseen un ciclo de vida que puede estructurarse de forma sistemática, con un principio y un final previamente establecido. En general, este ciclo de vida, que está compuesto por varios subsistemas conectados entre sí en forma de flujo progresivo, se inicia con la adquisición de las materias primas, pasando por otros subprocesos intermedios, hasta llegar al final de su vida útil cuando son llevados a vertedero.

La necesidad de estudiar, desde el punto de vista medioambiental, todas estas interrelaciones exigirán el empleo de métodos fiables que cuantifiquen o valoren todas estas acciones y sus efectos. Así, a la hora de tratar este tema es necesario proporcionar las respuestas adecuadas para atender a los objetivos esperados, entonces habrá que emplear herramientas que permitan medir los diversos tipos

de parámetros, tanto aquellos clasificados de cuantificables como los de difícil cuantificación.

Entre los parámetros cuantificables están incluidos los relacionados con el consumo de materias primas, consumo de agua y energía, emisiones de efluentes líquidos, emisiones de gases a la atmósfera, residuos sólidos, generación de co-productos, etc. Estos parámetros, pueden ser tratados a través de modelos, como por ejemplo, los de la base conceptual del análisis del ciclo de vida. Mientras los de difícil cuantificación, por ejemplo, los riesgos potenciales, cambios geográficos, impactos visuales del entorno o escasez de recursos son tratados con otras herramientas desarrolladas para tal fin. (2)

En las tablas 1 y 2 se muestran algunas de las principales herramientas hoy disponibles para la gestión medioambiental de sistemas de producción o productos y características básicas. (6)

**Tabla 1. Herramientas conceptuales similares usadas en los sistemas de gestión ambiental (SETAC, 1999).**

Herramienta	Traducción
<b>RA</b> – Risk Assessment	Análisis de riesgos ambientales
<b>EIA</b> – Environmental Impact Assessment	Estudio de impacto ambiental
<b>E Au</b> – Environmental Auditing	Auditoría Ambiental
<b>EPE</b> – Environmental Performance Evaluation	Evaluación del comportamiento ambiental
<b>SFA</b> – Substance Flow Análisis	Análisis del flujo de sustancias
<b>EMA</b> – Energy and Material Analysis	Análisis de material y energía
<b>ISCM</b> – Integrated Substance Chain Management	Gestión integral de sustancias
<b>PLA</b> – Product Line Analysis	Análisis de línea de producto
<b>LCA</b> – Life Cycle Assessment	Análisis del ciclo de vida

Fuente: SETAC

**Tabla 2. Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental. Fuente: SETAC**

Herramientas	Objetivos generales	Puntos fuertes	Puntos débiles
Análisis de riesgos ambientales	Valorar los efectos adversos asociados a una situación específica de riesgo y sus interrelaciones con la salud humana y el medio ambiente.	-Evalúa los efectos locales y regionales bajo condiciones específicas.	- Es capaz de consumir mucho tiempo y recursos. - No es capaz de apuntar la ubicación del riesgo a lo largo del ciclo de vida.
Estudio de impacto ambiental	-Evalúa los impactos positivos y negativos sobre el medio ambiente de un determinado proyecto planteado.	-Calcula tanto efectos positivos como negativos. -Considera los efectos locales de un proyecto.	-No es capaz de apuntar fácilmente la ubicación de un efecto global/regional u otros efectos a lo largo del ciclo de vida.
Auditoría ambiental	- Verifica la conformidad con determinados requisitos de normativos vigentes, por medio de chequeo realizado por tercera parte.	- Proporciona una manera para que una tercera parte, independiente, compruebe los resultados.	- Enfoca una conformidad y enfatiza en término medio de más débil que de mejoría.
Evaluación del comportamiento ambiental	- Proporciona una información fiable, objetiva y comprobable a cerca del desempeño medioambiental de una determinada organización.	- Proporciona coeficientes de desempeño medioambiental asociándolos a políticas objetivas y metas preestablecidas.	-Promociona coeficientes de desempeños relativos y no absolutos.
Análisis del flujo de sustancias	-Contabilizar el suministro y la demanda de una sustancia específica que fluye a través del proceso de producción	- Toma en consideración un impacto potencial determinado a lo largo del ciclo de vida.	- El enfoque sobre una única sustancia puede apuntar falsos resultados.
Análisis de material y energía	- Calcular el balance energético y material asociado con una operación específica.	- Promociona una vía estructurada de identificación y valoración de un impacto potencial de operaciones, etc.	- Enfoca solamente una fases del ciclo de vida.
Gestión integral de sustancias	- Calcular y reducir globalmente el impacto medioambiental de una determinada sustancia asociada.	- Permite hacer consideraciones entre económicas y medioambientales en una misma herramienta.	- Emplea una valoración simplificada que puede dar respuestas demasiado simplificadas.
Análisis de línea de producto	- Evalúa potencialmente el impacto medioambiental, social y económico de un bien o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.	- Integra aspectos medioambientales, económicos y sociales dentro de una sola herramienta.	- No puede valorar específicamente impactos locales.
Análisis de ciclo de vida	- Entender el perfil medioambiental de un sistema. - Identificar prioridad	-Considerar impactos global y regional. -Posibilita estimar los impactos que en términos influyen la salud de la sociedad.	- No es capaz de apuntar el carácter temporal o espacial de un determinado efecto

Fuente: SETAC

## EFFECTOS DE LA MINERÍA EN EL ENTORNO GLOBAL

Es innegable, como ya lo hemos mencionado, que la minería tiene un efecto significativo en el medio en el que se asienta. Es en el medio físico donde sus impactos son más notorios; sin embargo, vale la pena definir brevemente las condiciones y características propias de estas interacciones con dicho entorno.

### 1. La minería como generadora de desechos

Los productos minerales y otros recursos minerales rara vez son encontrados en un estado lo suficientemente puro como para ser comercializados tal como se minan. En el caso de los metales, frecuentemente son encontrados en combinaciones químicas con el oxígeno (óxidos), con el

azufre (sulfuros) o con otros elementos (arseniato, cloruro, carbonato, fosfato etc.). Los no-metálicos contienen impurezas – algunas veces ligadas físicamente y otras químicamente- que también obligan a su “purificación”.

La mayor fuente de residuos sólidos generados por la minería y los subsecuentes procesos es la ganga (minerales sin valor o valor no económico asociado con el mineral de interés). Dependiendo de la etapa del proceso en que esta “ganga” es desechada, recibe diferentes denominaciones: roca estéril cuando es separada en el proceso de minado, jales o lodos de molienda cuando lo es durante la etapa de procesamiento del mineral, escoria cuando es separada durante los procesos pirometalúrgicos y muchos otros nombres (polvos, slurries, pilas de mineral lixiviado, etc.)



en diferentes etapas. Esta ganga puede contener parte del mineral de interés debido a procesos ineficientes, limitaciones tecnológicas o factores mineralógicos.

La explotación de grandes volúmenes en la búsqueda constante de la reducción de costes, da lugar a la generación de gran cantidad de desechos que tienen que ser ubicados próximos a las minas, dando lugar a nuevas montañas, que no solo afectan el paisaje, sino que son fuentes activas de contaminantes en forma de aguas ácidas, metales pesados, polvos, modificaciones hidrográficas, generación de sitios de riesgo geotécnico, alteraciones en el paisaje etc.

Parecería entonces que todos estos procesos de generación de residuos asociados a la minería son una fuente importante de elementos potencialmente dañinos para el medio físico en el que se ubican. Sin embargo, vale la pena señalar que estos desechos no resultan necesariamente en un daño para el ambiente: pueden existir muchos efectos mitigadores, algunos relacionados al proceso en sí (relacionados a las características físicas y químicas de los residuos, por ejemplo) otros relacionados al ambiente (clima, topografía, características del ecosistema, por mencionar algunos). Por esta razón es conveniente entender las diferencias entre emisión e impacto.

## 2. Emisiones, impactos y efectos de las actividades mineras

Los términos emisiones ambientales (también llamadas emisiones de proceso), efectos ambientales, impactos ambientales, en algunas ocasiones son utilizados de una manera indistinta. Sin embargo, este abuso en la terminología promueve la falsa creencia de que una emisión causará inevitablemente un impacto, y por consiguiente los factores causa-efecto pueden ser fácilmente identificados.

Estos conceptos deben ser vistos más bien como una secuencia lógica, la cual empieza con la emisión de proceso y puede terminar con el daño ambiental, dependiendo de otros factores mitigantes como la dilución, biodegradación, mecanismos de atenuación etc.

Las emisiones ambientales (o de proceso) pueden

definirse como la transferencia de masa o energía al ambiente externo (todo lo que este fuera de los límites del proceso). Sin embargo, la ausencia de emisiones no implica que dicho proceso no cause un impacto ambiental. La salud ocupacional puede verse gravemente afectada por emisiones dentro de los límites del proceso (por ejemplo, la fibrosis pulmonar causada por la exposición a los polvos de sílice biológicamente activos (7).

### Ejemplos de emisiones ambientales son:

- La transferencia de residuos sólidos o efluentes líquidos al exterior de la planta de beneficio
- La descarga de gases por una chimenea a la atmósfera
- La transferencia de un metal sólido al medio acuoso por disolución (drenaje ácido por ejemplo)
- Polvos por las operaciones mineras superficiales.

Los Efectos Ambientales pueden definirse como una medida del cambio en el ambiente físico externo como resultado de una emisión ambiental. Sin embargo, ciertas emisiones ambientales pueden no tener efectos medibles debido a las características mitigadoras del medio físico. A pesar de ello, debemos tener en cuenta el principio precautorio: la ausencia de efectos no significa que debemos continuar generando estas emisiones.

Los Impactos Ambientales (o Daño Ambiental) implica que el efecto de una emisión, es tal, que los efectos mitigadores del medio físico no son suficientes para proteger a dicho medio. En esos casos, el medio físico es incapaz de regresar a su estado anterior sin intervención humana o la emisión tiene un impacto directo y medible para la salud humana y/o del ecosistema.

Prácticamente todas las operaciones unitarias de la minería tiene el potencial de producir efectos ambientales o impactos ambientales, ya sea de forma deliberada (regulada) o accidental, descargando emisiones sólidas líquidas o gaseosas. Además, la temporalidad de esas descargas causan que sus impactos sean transitorios, temporales o crónicos

En las tablas 3 y 4 se resume los principales impactos de las actividades minero-metalúrgicas.

Tabla 3. Procesos específicos por sector de la minería metálica y residuos generados

Sector	Tipo de Minado	Proceso de Beneficio/ Concentración	Residuos y/o emisiones principales
Oro-Plata-PGM	Superficial Subterráneo In Situ (experimental)	Cianuración Elusión Electrólisis Molienda Flotación Fundición Amalgamación (histórica)	Agua de Mina Roca estéril Solución estériles de proceso Jales Mineral Tratado
Oro, PGM de placeres	Superficial Dragado	Gravimetría Separación en medios densos Separación Magnética	Agua de Mina Roca estéril Jales
Plomo- Zinc - Níquel	Subterráneo	Molienda Flotación Fundición Sinterización	Agua de Mina Roca estéril Jales Escoria de fundición
Cobre	Superficial Subterráneo In Situ	Molienda Flotación Fundición Lixiviación Ácida Extracción por Solventes Cementación	Agua de Mina Roca estéril Jales Escoria de fundición Mineral tratado Soluciones de lixiviación estériles
Hierro – Titanio- Cromo - Manganeso	Superficial Subterráneo	Molienda Separación Magnética Gravimetría Flotación Aglomeración Medios densos	Agua de Mina Roca estéril Jales Escoria
Aluminio	Superficial Subterráneo	Molienda Medios densos	Agua de Mina Roca estéril

Fuente: modificada U .S. E. P. A.

Tabla 4. Operaciones unitarias de la minería e impactos principales

Proceso	Residuos del Proceso	Emisiones al Aire	Otros residuos	Suelo, Ecosistema
Preparación del Sitio	Erosión debida a la remoción de la vegetación	Gases de los vehículos de construcción, polvo	Sedimentos a vías de agua	Deforestación
Barrenación y voladura	Drenaje Acido de Mina (DAM); erosión de sedimentos, residuos de aceites de vehículos	Polvo, gases de maquinaria pesada	Roca estéril	Incremento de erosión, pérdida de flora y fauna, reducción de captación de acuíferos, daños estructurales por vibración, competencia de uso de suelo.
Procesos de reducción de Tamaño		Polvo	Roca estéril adicional	
Procesos de Separación de Minerales	DAM	Polvos	Jales	Impacto al paisaje, contaminación de acuíferos
Lixiviación	DAM, pilas de roca estéril		Lodos de purgado	Afecciones a la fauna por contaminación de aguas

Fuente: modificada U .S. E. P. A.



### 3. ASPECTOS AMBIENTALES GLOBALES DE LA MINERÍA

Cuando se evalúan los indudables impactos ambientales provocados por la industria de los minerales, la primera pregunta que surge es si dicho impacto se encuentra dentro de los márgenes de autorregulación del ecosistema; ¿La duración del impacto es de corto o largo plazo? y, si es de largo plazo, ¿Es reversible o irreversible?

No pueden responderse de manera categórica, ya que no existe un sistema para hacerlo. Dado que obviamente es imposible clasificar todos los tipos de impacto ambiental que pueden ocurrir debido a algún aspecto de la cadena de los minerales, nos enfocaremos en problemas generalizados, que ocurren en todo el mundo o se producen con mayor frecuencia y que tienen repercusiones a largo plazo.

De manera general, podemos agrupar los problemas globales en 7 categorías en las que los impactos son graves y de largo plazo y, de este modo, más probables de ser considerados como un deterioro de la base del capital natural (4):

- Grandes volúmenes de desecho
- Planificación del cierre de minas
- Legados de la minería
- Manejo ambiental
- Uso de energía en el sector de los minerales
- Manejo ambiental de los metales
- Amenazas a la diversidad biológica

#### a) Grandes volúmenes de desecho.

Las operaciones mineras a gran escala producen inevitablemente grandes cantidades de desechos. Una de las consideraciones ambientales más importantes en



cualquier mina es cómo manejar estos grandes volúmenes de desecho de modo de reducir al mínimo los impactos a largo plazo y maximizar cualquier beneficio a largo plazo.

El volumen de desechos que produce la mina depende de las características geológicas del yacimiento, del tipo de minería (subterránea o a tajo abierto) y del mineral que es extraído, como también de la escala de la operación

El costo es un factor clave para decidir dónde estarán ubicadas las instalaciones para eliminar los desechos generados en la mina. La opción más barata, a menudo, es depositar los desechos en un lugar lo más cercano posible a la mina o en una ubicación a la cual pueda ser transportado por la gravedad. La elección del lugar también está muy influenciada por el clima: las opciones son muy distintas para La Escondida, en el desierto chileno, donde no llueve casi nunca y en Grasberg o Batu Hijau en Papua donde las precipitaciones anuales pueden alcanzar de 8 a 11 metros. (5).

Estas decisiones pueden tener un enorme impacto en el futuro de las comunidades locales, quienes tendrán que vivir con las consecuencias mucho después de que la mina haya cerrado y la empresa se haya marchado.

#### b) Planificación del cierre de minas

Para que una mina contribuya positivamente al desarrollo sostenible se deben considerar los objetivos e impactos del cierre desde el comienzo del proyecto. El plan de cierre define una visión del resultado final del proceso y establece objetivos concretos para implementar dicha visión. Un plan de cierre que incluya tanto rehabilitación

física como estabilidad socioeconómica debería ser parte fundamental del ciclo de vida del proyecto y debería ser diseñado para asegurar que:

- No se comprometa la salud ni la seguridad pública a futuro
- Los recursos ambientales no estén expuestos a deterioro físico ni químico
- El uso posterior del recinto sea beneficioso y sostenible en el largo plazo
- Cualquier impacto socioeconómico sea reducido al mínimo
- Todos los beneficios socioeconómicos sean maximizados

### c) Legados de la minería

Los problemas ambientales de las actuales y futuras operaciones mineras son lo suficientemente desalentadores. Pero en muchas maneras mucho más problemáticos son algunos de los continuos efectos de la extracción y fundición que han tenido lugar a través de las últimas décadas, siglos e incluso milenios. Estas zonas mineras han comprobado que algunos impactos pueden ser de largo plazo y que la sociedad aún está pagando el precio de los recursos del capital natural que han sido agotados por las generaciones pasadas.

En la mayoría de los países con larga historia minera, existe relativamente poca información sobre minas antiguas o su legado ambiental, aunque la información es suficiente para saber que los problemas son generalizados. (1).

La primera prioridad global para las autoridades públicas debe ser identificar y registrar las minas abandonadas y evaluar el riesgo que éstas constituyen. Dada la magnitud del problema y la capacidad limitada de las oficinas públicas, se deberá establecer prioridades –el proceso de registro, por ejemplo, debería ser fijado más allá de algún acuerdo

con respecto al tamaño de la mina.

La segunda prioridad en el ámbito nacional e internacional, debería ser desarrollar nuevos mecanismos de financiamiento que fueran lo suficientemente sólidos y sostenibles para hacer frente a los problemas que serán una carga para las futuras generaciones.

### d) Manejo ambiental

Para obtener todos los beneficios que presenta una Evaluación de Impacto Ambiental, ésta debería formar parte de un Sistema de Manejo Ambiental (SMA) que busque integrar responsabilidades ambientales en las prácticas de manejo diarias a través de cambios de la estructura, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos de la organización.

Un SMA proporciona a la empresa un método estructurado de manejo y entrega a la autoridad reguladora la conciencia y el control con respecto al desempeño de un proyecto que puede ser aplicado en todas las etapas del ciclo de vida –desde la identificación de un yacimiento hasta el cierre de la mina. Las etapas de un sistema de manejo ambiental son las siguientes:

- Compromiso organizativo
- Política ambiental
- Evaluación de impacto socioeconómico
- Evaluación de impacto ambiental
- Consulta a la comunidad
- Objetivos y metas
- Plan de manejo ambiental
- Manual ambiental y de documentación,
- Procedimientos de emergencia y control operativo
- Capacitación
- Seguimiento de emisiones y desempeño
- Auditorías ambientales y de cumplimiento
- Revisiones



#### e) Uso de energía en el sector de los minerales

El actual nivel y modelo de uso de energía es un factor fundamental que afecta las condiciones ambientales del mundo; el cambio climático es una preocupación crucial para el desarrollo sostenible. Este cambio climático tiene la posibilidad de provocar impactos graves a la reproducción de los ecosistemas y una vez que se produce es difícil revertir.

Existen varias razones por las cuales el sector de los minerales se encuentra especialmente involucrado en los aspectos de un potencial cambio ambiental global que se relacionan con el uso de energía:

- La elaboración de productos minerales básicos a partir de fuentes primarias implica el traslado y el procesamiento de grandes cantidades de material, lo que requiere una fuente de energía.
- Muchos productos elaborados que dependen de los insumos minerales para su funcionamiento consumen cantidades considerables de energía, como por ejemplo vehículos motorizados y artículos eléctricos.
- Debido a los requisitos de energía, la minería y la industria de los minerales pueden influir las decisiones con respecto a invertir en fuentes de energía.
- Varios productos minerales básicos, cabe destacar el caso del carbón, son utilizados como combustibles.

Aunque a veces se dijo que entre el 4 y el 7% de la demanda de energía del mundo es consumida por la minería, los límites no están lo suficientemente definidos para determinar una cifra mundial exacta. (3).

#### f) Manejo ambiental de los metales

Varios metales generan gran preocupación ambiental debido a su potencial toxicidad química. Estos temores se extienden a los metaloides –elementos no metálicos, como por ejemplo el arsénico, y que en algunos aspectos se comportan como metales. De hecho, las propiedades tóxicas de muchos metales y metaloides han sido explotadas para diseñar pesticidas y antisépticos.

Para muchas personas, el miedo a su toxicidad es tan importante como el daño que se sabe, han causado estos elementos. Este es un problema importante con respecto a la comunicación de riesgos y puede tener consecuencias sociales y económicas.

#### g) Amenazas a la diversidad biológica

El sector de los minerales tiene un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad, ya que algunas operaciones mineras pueden eliminar ecosistemas completos, todas sus especies endémicas y hacer que

sus actividades sean cada vez más prolíficas en áreas relativamente inalteradas y de alto valor de biodiversidad. Sin embargo, el éxito duradero dependerá de acciones de rehabilitación por parte de todos los sectores, incluyendo planificación económica, agricultura, pesca, energía, infraestructura y turismo. También dependerá de la comprensión que tengan los consumidores más ricos sobre el impacto social y ecológico que generan sus modelos de consumo.

#### 4. CONCLUSIONES

Cada vez es más necesaria la utilización de las herramientas metodológicas de Valoración ambiental aplicadas a la minería, debido a que este Sector industrial frecuentemente es tachado de “depredador del medio ambiente”, la mayoría de las veces sin razón, o al menos sin un análisis serio de los impactos y efectos que está generando al medio físico.

El uso de estas herramientas proporcionará una visión al empresario consciente, de las medidas aplicables al proceso para disminuir dichos efectos.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Ashton, P J, Love, D, Mahachi, H, y Dirks, P (2001) “An Overview of the Impact of Mining and Mineral Processing Operations on Water Resources and Water Quality in the Zambezi, Limpopo and Olifants Catchments in Southern Africa”. CSIR-Environmentek, Pretoria, Sudáfrica, y Departamento de Geología, Universidad de Zimbabwe, Harare, Zimbabwe. Informe preparado para MMSD Sur de África.
2. Johansson, J. (1999). “A monetary Valuation Weighting Method for Life Cycle Assessment Based on Environmental Taxes and Fees” Master Thesis in Natural Resource Management. Stockholm University, Sweden.
3. Lovins, A B, Feiler, T E, y Rábago, K R (2002) “Energy and Sustainable Development in the Mining and Minerals Industries”. Informe preparado para MMSD.
4. Moreno, S. (2007) “Valoración de las Cadenas Productivas de la Minería Metálica Global, usando Herramientas innovadoras de Gestión Ambiental” Tesis Doctoral UPM. España.
5. Phelps, R W (2000) “Moving a Mountain a Day – Grasberg Grows Six-Fold”. Engineering & Mining Journal, 1º de junio, 2000. págs. 22–28.
6. SETAC (1999) “Life cycle assessment and conceptually Related Programmes”. Europe Working Group, Brussels Belgium
7. World Resources Institute (2000): “Recursos Mundiales 2000. Guía Global de Medio Ambiente”, Editorial Ecoespaña, Madrid.

# NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (NTIC) Y LA AUTO-FORMACIÓN EDUCATIVA

*New information and communication technologies  
(nict) and educational self-training*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

DR. Guillermo Arreaga-García<sup>1</sup>  
MTO. Silvio Oreste Topa<sup>2</sup>

Recibido: 14 de Mayo de 2017,  
Aceptado: 22 de Julio de 2017

Autor de Correspondencia:  
DR. Guillermo Arreaga.García  
Correo: Guillermo.arreaga@gmail.com

## Resumen

En este trabajo se presentan algunas características del impacto de las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC) en la formación académica de la comunidad estudiantil de la Universidad de Sonora. En particular, vamos a ilustrar algunas de las habilidades y actitudes que se requieren desarrollar, tanto en profesores como en estudiantes, para tener acceso al informacionalismo y eventualmente aprovechar sus ventajas en el mundo. Exponemos también algunas de las herramientas que la WEB 2.0 ofrece para favorecer la auto-formación educativa. Adicionalmente, ilustramos el caso de la Universidad de Sonora, la cual tiene actualmente la materia de Introducción a la Nuevas tecnologías de la Información y la comunicación en el Eje de Formación de Tronco Común y cuyo propósito es introducir a los alumnos de nuevo ingreso al uso de las NTIC con propósitos educativos.

## Abstract

*This paper presents some characteristics of the impact of the New Information and Communication Technologies (NICT) on the academic formation of the student community of the University of Sonora. In particular, we will illustrate some of the skills and attitudes that need to be developed, both in teachers and students, to have access to informationalism and eventually take advantage of its advantages in the world. We also expose some of the tools that WEB 2.0 offers to favor educational self-education. Additionally, we illustrate the case of the University of Sonora, which currently has the subject of Introduction to New Information Technologies and communication in the Common Core Training Axis and whose purpose is to introduce new students to the use of of the NICT for educational purposes.*

Centro de Investigación en Física de la Universidad de Sonora. / Correo: Guillermo.arreaga@gmail.com  
Escuela de Educación Agraria/ Provincia de Buenos Aires - Argentina

## INTRODUCCIÓN.

Actualmente nos encontramos en un nuevo cambio tecnológico: la digitalización de la información para su almacenamiento y el uso del Internet como medio de transmisión-difusión. Esta revolución, que llamaremos *informacionalismo*, abre la posibilidad - acaso por primera vez en la historia - de hacer público y hasta gratuito, gran parte del conocimiento para aquellos que tengan una computadora y conexión a internet<sup>1</sup>; tengan las habilidades computacionales necesarias. Además, el *informacionalismo* también representa la posibilidad de obtener una educación basada en un proceso de auto-aprendizaje.

Las PCs y el Internet constituyen la base material del informacionalismo, que es la innovación tecnológica a finales del siglo XX, que en nuestros días está transformando profundamente el que-hacer cotidiano de prácticamente todos los sectores de la sociedad contemporánea. Las NTIC son las herramientas tecnológicas más ilustres del informacionalismo; ya que evolucionan rápidamente en el tiempo como anticipó Gordon Moore<sup>2</sup> (ver Referencia 1) de tal forma que se genera una fuerte presión hacia la renovación continua de los equipos y de las habilidades necesarias para su uso.

Consideremos por ejemplo la evolución de la WEB, uno de los servicios más exitosos y emblemáticos de la Internet. Se inició alrededor de 1989, con algunas imágenes incrustadas y la aparición de hiperenlaces. En el 2004 se inicia el uso de la WEB 2.0, que permite más interacción con el usuario, con un diseño sencillo, centrado en la colaboración y los servicios como wikis, blogs, repositorios y redes sociales. Pero no es más que un cambio continuo y permanente, que hay quienes vislumbran la aparición de la WEB 3.0 (o la Web semántica) donde la *inteligencia artificial* que el usuario disponga de servicios inteligentes, como buscadores que "comprenden" lo que el usuario busca o que pueden directamente responder a sus preguntas. Más aún, hay quienes ya imaginan el paso de la visualización en dos dimensiones hacia la tecnología de espacios tridimensionales con los cuales el usuario podrá interactuar.

Tabla 1. Estadística de la penetración y crecimiento de Internet según regiones geográficas.

Fuente: <http://www.internetworldstats.com/>

ESTADÍSTICAS MUNDIALES DEL INTERNET Y DE LA POBLACIÓN						
REGIONES	Población (2010)	% Población Mundial	Usuarios (2010)	% Población (Penetración)	Crecimiento (2000-2010)	% Uso Mundial
América del Norte	344,124,450	5.0%	266,224,500	77.4%	146.3%	13.5%
Oceanía	34,700,201	0.5%	21,272,470	61.3%	179.1%	1.1%
Europa	813,319,511	11.9%	475,121,735	58.4%	352.1%	24.1%
América del Sur y Central	592,556,972	8.7%	205,097,470	34.6%	1,035.1%	10.4%
Medio Oriente	212,336,924	3.0%	63,240,946	29.8%	1,825.3%	3.2%
Asia	3,834,792,852	56.3%	828,930,856	21.6%	625.2%	42.1%
África	1,013,779,050	14.6%	110,948,420	10.9%	2,357.7%	5.5%
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>6,845,609,960</b>	<b>100%</b>	<b>1,970,836,397</b>	<b>28.8%</b>	<b>4460%</b>	<b>100%</b>

1 Si bien las computadoras personales -en sus versiones de escritorio o portátiles- son actualmente el principal punto de acceso a Internet, cada vez hay más dispositivos electrónicos que permiten la conexión: telefonía celular, tablets, consolas de juegos e incluso televisores.

2 Quien postuló la idea que ahora se conoce como ley de Moore, que establece que el número de transistores en los equipos electrónicos se duplican cada 18 meses.

No obstante, el grado de asimilación de las NTIC es diferente en los países según su región geográfica; también hay marcadas variaciones en los distintos extractos sociales de cada país. Ver Tabla 1.

Sin embargo, la *información* tiene poco valor por sí misma para un usuario que no tiene los conocimientos y las capacidades para usarla y transformarla acuerde con sus propósitos específicos. Así, la sociedad *informacionalista* del siglo XXI puede ser incluyente o excluyente con los individuos según con sus habilidades computacionales. Es aquí en donde el sector educativo puede jugar un papel muy importante como promotor de las nuevas tecnologías, de tal forma que pueda dotar a los ciudadanos de la competencia digital necesaria y suficiente, no sólo para manipular y comunicar *información*, sino también para formarlos académicamente en los nuevos valores culturales de la sociedad red de nuestra época actual.

### NTIC Y LA FORMACIÓN EDUCATIVA.

La incorporación del *informacionalismo* en el ambiente escolar está haciendo posible el cambio del paradigma tradicional académico hacia un modelo de educación basado en el aprendizaje de un sujeto (estudiante inscrito formalmente o no) que tiene acceso a la *información*, sobre la cual, en el mejor de los casos, él mismo puede construir su propio conocimiento a la medida de sus necesidades y habilidades particulares. En este modelo el estudiante es el protagonista principal ya que puede aprender por sí mismo independientemente de su profesor.

Las dos premisas claves sobre las que basa esta idea de auto-aprendizaje, requieren algunos comentarios adicionales. En primer término podemos preguntarnos: ¿En qué medida un sujeto tiene realmente acceso a la información relevante para sus intereses de aprendizaje personales o institucionales? en el cuadro 1 mostramos una breve muestra de fuentes de información que una persona interesada en ciencias e ingeniería, podría usar libremente para proveerse de información técnico-científica y cubrir todos los niveles. Obviamente, existen otras opciones de excelente calidad que no se han incluido en esta breve guía. Nos hemos inclinado principalmente por incluir aquellos recursos de calidad profesional y gratuitos. Cada usuario debe construir su propia lista a la medida de sus necesidades particulares. Esperamos que esta muestra le sea ilustrativa y sobre todo de utilidad.

Con respecto a la segunda premisa, consideremos la siguiente cuestión ¿En qué medida un sujeto puede realmente construir su propio conocimiento en el *informacionalismo*?. En este nuevo paradigma educativo ya no sería tan importante que un sujeto fije su atención solo en ciertos *contenidos* y *temas* de un área en particular, con la idea de acumular *información* que posiblemente le será útil en el futuro (una práctica todavía muy común en la educación tradicional). Debido al impresionante el aumento del volumen de información disponible y la velocidad (casi inmediata) de acceso por Internet, al sujeto

le es más conveniente desarrollar habilidades para buscar y encontrar información útil e indispensable en el momento que la requiere, con el propósito de completar un trabajo, por ejemplo: una tarea, un artículo, un experimento, etcétera. Esto implicaría que el sujeto adquiriera habilidades analíticas, cognitivas, creativas y comunicativas que le permitan tanto la apropiación significativa de la oferta cultural, tecnológica e informacional circulante en la red como a su vez la realización de sus propios productos. Este paradigma de aprender-hacer cuando se requiere en vez de acumular información, es la base conceptual del enfoque pedagógico *basado en competencias*.

Cuadro 1. Recursos para la adquisición, colaboración y elaboración de información científica.

Adquisición de información científica		
Buscadores especializados	Google	Buscador especializado <a href="http://scholar.google.com">http://scholar.google.com</a>
	SCImS	Buscador especializado <a href="http://www.scims.com">http://www.scims.com</a>
	Sensei	Buscador especializado <a href="http://www.sensei.com">http://www.sensei.com</a>
Colaboración y elaboración de información científica		
Redes sociales científicas	Nature	Red Social Científica <a href="http://network.nature.com">http://network.nature.com</a>
	ResearchGate	Red Social Científica <a href="http://www.researchgate.net">http://www.researchgate.net</a>
	Mendeley	Red Social Científica <a href="http://www.mendeley.com">http://www.mendeley.com</a>
Repositorios de imágenes con Licencias Libres / Dominio Público	EveryStockPhoto	Metabusador de Imágenes Libres <a href="http://www.everystockphoto.com">http://www.everystockphoto.com</a>
	FreeVectors	Repositorio Libre Imágenes Vectores <a href="http://www.freevectors.net">http://www.freevectors.net</a>
	Wikimedia Commons	Listado de Websites de Imágenes Libres <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/List_of_image_hosting_sites">http://commons.wikimedia.org/wiki/List_of_image_hosting_sites</a> <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/List_of_image_hosting_sites">http://commons.wikimedia.org/wiki/List_of_image_hosting_sites</a>
Servicios gratuitos / Cloud Computing	Google	E-mail, grupos, blog, agenda, calendario, etc. <a href="http://www.google.com/freestools/">http://www.google.com/freestools/</a>
	Zyonic	Hosting sin publicidad (SQL, PHP, MySQL) <a href="http://www.zyonic.com">http://www.zyonic.com</a>
	ADrive	Disco Duro Virtual 50GB gratis <a href="http://www.adrive.com/login/signup">http://www.adrive.com/login/signup</a>

Ahora bien, las habilidades básicas que un usuario debe dominar para aprovecharse del *informacionalismo* son: establecer comunicaciones inmediatas (sincrónicas y asincrónicas) con otros usuarios de la red; procesar datos de manera rápida y confiable; de editar y dar formato a documentos de texto; de crear bases de datos; modificar imágenes, usar hojas de cálculo y editores de gráficos; de manipular sonidos, videos y presentaciones multimedia y poder hacer páginas web; etcétera.

Cuadro 2. Recursos para difusión de información científica.

Difusión de la información científica generada		
Publicación	DOAJ	Directorio de Revistas Open Access <a href="http://www.doaj.org">http://www.doaj.org</a>
	hindawi	Editorial de Revistas Open Access <a href="http://www.hindawi.com">http://www.hindawi.com</a>
	JOVE	Publicación de videos de experimentos <a href="http://www.jove.com">http://www.jove.com</a>
Repositorios científicos	CiteSeer	Repositorio científico <a href="http://citeseer.ist.psu.edu">http://citeseer.ist.psu.edu</a>
	arXiv.org	Repositorio científico <a href="http://arxiv.org">http://arxiv.org</a>
	Pubmed	Repositorio científico <a href="http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov">http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov</a>
Blogs científicos	ScienceBlogs	Red de Blogs Científicos <a href="http://scienceblogs.com">http://scienceblogs.com</a>
	SciBlogs	Red de Blogs Científicos <a href="http://sciblogs.com">http://sciblogs.com</a>
	ScienceBlogg	Directorio de Blogs Científicos <a href="http://scienceblogging.org">http://scienceblogging.org</a>
Seguimiento y monitorización de información científica		
Seguimiento y monitorización	netvibes	El sitio virtual con lector de RSS <a href="http://www.netvibes.com">http://www.netvibes.com</a>
	ScienceDirect	Alertas al e-mail sobre artículos científicos <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>
	Citebase	Indice de citas de papers científicos <a href="http://www.citebase.org">http://www.citebase.org</a>

En la medida en que un sujeto logra adquirir y eventualmente perfeccionar estas habilidades, las NTIC se convierten en "herramienta de su mente", (ver Referencia 2), con las cuales el sujeto podría superar sus propias limitaciones de información y conocimientos, ya que puede apoyarse efectivamente en la tecnología para establecer comunicaciones inmediatas que le permitan aprender en colaboración de otros usuarios. Ver Cuadro 2.

Por la enorme importancia que tiene para un país la educación de sus ciudadanos, consideramos que el Estado-Nación debe (o al menos debería) garantizar el acceso de todos los ciudadanos a la información y al conocimiento como instrumentos centrales de la participación ciudadana en un proceso de desarrollo con crecimiento económico y justicia social. El sector educativo tendría que jugar un papel fundamental para dar a las personas de las habilidades indispensables para acceder efectivamente al paradigma del *informacionalismo*.

Actualmente, desde la administración pública o mediante proyectos del sector privado, varios países trabajan activamente hoy día para proveer acceso a las NTIC tanto a las clases sociales más desfavorecidas económicamente, como a Entidades Educativas y otros sectores claves. Desde el 2010, mediante la aplicación del Plan Ceibal, en Uruguay se convirtió en el primer país del mundo en lograr que cada alumno y maestro de la enseñanza primaria pública, adquiera un ordenador portátil con conexión a Internet (ver Referencia 3). El proyecto OLPC (One Laptop per Child), cuyo objetivo es producir una PC de bajo costo (de hasta 100 dólares de USA) con fines didácticos para los niños, ha sido acogido por países de todo el mundo. Según el website oficial del proyecto, sólo en América se han entregado 53,700 unidades en México; 60,000 en Argentina; 510,000 en Uruguay; 4,000 en Paraguay; 870,000 en Perú; 2,600 en Brasil; 8,080 en Colombia; 5,000 en Nicaragua; 3,000 en Guatemala; 13,700 en Haití y 95,100 en Estados Unidos; mientras que a nivel mundial la cantidad de laptops entregadas es actualmente de 2,100,000.

El gobierno argentino aplica, en estos momentos el proyecto Conectar Igualdad (ver Referencia 4), con el propósito de proveer a cada alumno y profesor de educación secundaria pública de una PC para uso educativo. Mediante este proyecto se han entregado 358,000 netbooks, pero para lograr esta meta, para el 2012 se deberán entregar alrededor de 13 millones de netbooks. Las ONG (Organizaciones No Gubernamentales) también tienen iniciativas con el objetivo de reducir la brecha digital entre países del primer y tercer mundo. Por ejemplo, Google y Astra participan en el proyecto O3B

Networks, que ofrecerá Internet satelital a bajo costo a los países menos desarrollados. Para el caso de México, consultar la información de la Agenda Digital en el portal <http://www.e-mexico.gob.mx>.

### NTIC Y SUS VALORES FORMATIVOS: EL CASO DEL SOFTWARE LIBRE (SL)

Adicionalmente, un sujeto que usa constantemente Internet como fuente de información puede también adquirir algunos de los valores culturales de la *sociedad red*. Por ejemplo: consideremos el caso del *software libre*. Con excepción de programas informáticos sumamente específicos, hoy día es común que para una actividad exista una amplia variedad de opciones de software disponibles que pueden realizarla. Para escoger el software más conveniente, un usuario debe tomar en cuenta varios factores como calidad y precio.

Básicamente, podemos distinguir dos tipos de licencias: privadas (también llamadas propietarias) o libres. Las licencias propietarias implican fuertes restricciones de uso, por ejemplo, que sea instalado en una sola computadora, que no se modifique ni se investigue su funcionamiento, que sea destinado solo a uso personal y que no está permitido su préstamo, venta o distribución. En el caso de las licencias libres, los autores otorgan cuatro libertades fundamentales: libertad de usar el programa, con cualquier propósito; libertad de estudiar cómo funciona el programa y modificarlo, adaptándolo a las necesidades particulares; libertad de distribuir copias del programa sin restricciones, y finalmente, libertad de mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.

Así, la producción de software propietario es un negocio con el objetivo de obtener ganancias económicas, mientras que la producción de software libre es un *movimiento social*, cuyas raíces fueron sembradas en las ideas del programador de computadoras Richard Stallman, quien en la década de los 80s creó la organización *Free Software Foundation*. Una premisa fundamental de este movimiento es que la información debe ser libre. Los valores que este movimiento promueve son la igualdad de oportunidades, la colaboración entre pares, la solidaridad, el compromiso, el altruismo social.

Entonces, ya no sólo se trata de considerar al trabajo como un deber y al dinero como un bien supremo. Las personas que se involucran y contribuyen en el movimiento del software libre, generalmente son entusiastas de



la programación y les gustan los retos intelectuales; pero sobre todo, están convencidos de la importancia social de compartir con otros usuarios su información e incluso sus resultados de trabajo. Estas características determinan la forma de ser (la ética) del usuario intensivo del informacionalismo no comercial existente hoy día. (Ver Referencias 5 y 6).

Cuadro 3. Recursos de Software Libre desarrollados y/o utilizados por la comunidad educativa y científica.

Software Libre para la Comunidad Académica		
Sistemas Operativos Especializados	Scientific Linux	GNU Linux desarrollada CERN, Fermilab, otros <a href="http://www.scientificlinux.org">http://www.scientificlinux.org</a>
	Proyectos de Linux	GNU Linux de Universidades Latinoamericanas <a href="http://lula.unex.es">http://lula.unex.es</a>
	Posedon Linux	GNU Linux para uso científico <a href="http://www.es.posedonlinux.org">http://www.es.posedonlinux.org</a>
Repositorios de Software Libre	Free Software Directory	Directorio de la Free Software Foundation <a href="http://directory.fsf.org">http://directory.fsf.org</a>
	SOURCEFORGE	Repositorio de SL <a href="http://sourceforge.net">http://sourceforge.net</a>
Herramientas para desarrollo de SL (Programación)	Ohloh	Directorio de Software Libre <a href="http://www.ohloh.net/">http://www.ohloh.net/</a>
	Git	Git Development Frameworks <a href="http://git.nokia.com">http://git.nokia.com</a>
	Eclipse	Eclipse IDE modular creado por IBM <a href="http://www.eclipse.org">http://www.eclipse.org</a>
Websites de Referencia sobre SL	Free Software Foundation	Free Software Foundation <a href="http://www.fsf.org">http://www.fsf.org</a>
	Open Source Initiative	Open Source Initiative <a href="http://www.opensource.org">http://www.opensource.org</a>
	Debian Watch	Sistemas Operativos Libres <a href="http://debrowatch.com">http://debrowatch.com</a>
	Free Software Foundation	Alternativas libres a Software Privativo <a href="http://www.freealts.com">http://www.freealts.com</a>

Finalmente, con el objeto de mostrar que el paradigma actual del Software Libre no es una simple moda intelectual sino que podría llegar a ser un modelo de enseñanza-aprendizaje sustentable en el tiempo, citamos brevemente algunos hechos relevantes. La organización *Top500 Supercomputers Sites* que desde 1993 se encarga de publicar semestralmente las estadísticas sobre las 500 computadoras más potentes del planeta, indica en su último informe de noviembre de 2010, que el 91,80% (459) las PCs usan GNU Linux, un Sistema Operativo distribuido mundialmente con licencia Libre. Hoy en día, muchos gobiernos, organizaciones y empresas usan intensamente el software libre debido a su gran calidad. (Ver referencias 7,8 y 9), (Ver Cuadro 3).

### EL CASO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Existen varias materias de carácter básico que todos los alumnos de la UNISON deben cursar en el primer semestre. Para conciliar el hecho de que los programas de licenciatura que se ofrecen a los estudiantes están alojados en diferentes departamentos, la UNISON creó el Espacio Educativo de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación y también el concepto de Eje de Formación Común, para atender a todos por igual sin importar cuál sea la carrera de Licenciatura que hayan escogido.

Una de las materias de Eje de Formación Común está dedicada a introducir a los estudiantes al uso de las NTIC con propósitos de formación académica. La idea principal

de la materia de *Intro-NTIC* es desarrollar en los estudiantes la fluidez computacional, de tal forma que ellos puedan aprovechar los nuevos canales de comunicación del conocimiento en la era del *informacionalismo*, explicado en la sección anterior<sup>3</sup>. El profesor de esta asignatura debe promover en el estudiante el desarrollar por sí mismo las competencias básicas, mencionadas anteriormente. El estudiante debe, en primer término educarse en la búsqueda de información con una visión crítica, basada en la reflexión y la argumentación, con el propósito de aprender por sí mismo, de manera independiente del profesor. En segundo término, debe inculcarse a participar en forma activa y responsable en la vida pública *virtual* con actitud abierta respetuosa al diálogo de la diversidad cultural.

Ahora bien, para que los estudiantes desarrollen la habilidad de pensamiento crítico, la materia de *Intro-NTIC* ha sido diseñada como curso semi-abierto y basado en *proyectos*, con los cuales se pretende implementar la filosofía del aprendizaje basado en el *desarrollo de competencias*. Estas características pedagógicas del curso, les permiten adoptar un ritmo de trabajo personal, en el cual le pueden dedicar tanto tiempo como a la búsqueda de información, la reflexión, el cuestionamiento de la información, la experimentación de soluciones alternativas en la resolución de problemas, etcétera. También se pueden apoyar en el profesor; más como un facilitador de las actividades que se les piden desarrollar en cada proyecto que como una fuente de contenidos temáticos en el sentido tradicional.

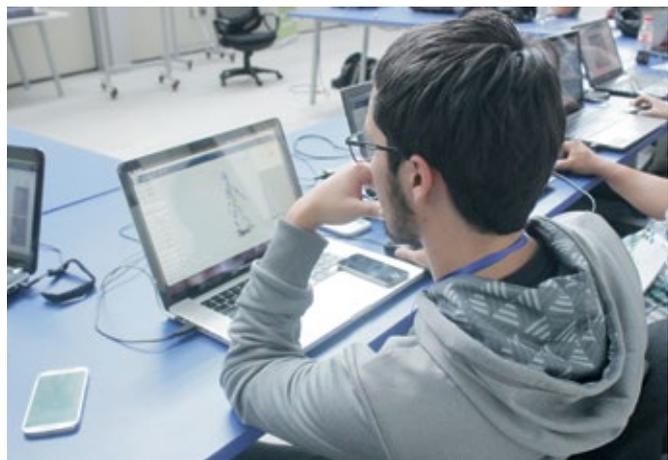


Figura 1. Estudiantes que se apoyan en las NTIC para aprender.

Bajo este paradigma educativo el estudiante aprende de una manera más personal, lo cual le permite desarrollar la habilidad del *aprendizaje-permanente* de la cual la

<sup>3</sup> Ver el apartado dedicado a la materia de Intro- NTIC en la página [http://www.uson.mx/la\\_unison/reglamentacion/eje\\_formacion\\_comun.htm#c3](http://www.uson.mx/la_unison/reglamentacion/eje_formacion_comun.htm#c3).



cual dependerá su buen desempeño durante su vida laboral. En esta clase de cursos, se pretende abandonar definitivamente la enseñanza mecánica y basada en la memorización de contenidos. El estudiante se prepara para el uso de los servicios y aplicaciones del Internet 2.0 para aprender y colaborar en las áreas de su interés.

En el mejor de los casos, el estudiante podría desarrollar sus propias herramientas computacionales para generar y difundir su conocimiento en el marco del movimiento del Software Libre. Ahora podemos apreciar la importancia de la adopción de Software Libre por parte de las instituciones educativas.



Figura.2. Richard Stallman en su visita a la Cámara de Senadores de México.

Es posible que se trate de un nuevo paradigma en el cual se garantiza la libertad, que tiende a la creación de estándares libres que permitan el intercambio de información sin restricciones. Pero si el uso de Software Libre representa beneficios para la comunidad académica, son entonces las mismas instituciones educativas las que deben tener la responsabilidad de involucrar a los alumnos a través de la promoción y participación activa del movimiento de Software Libre.

## CONCLUSIONES

Está bien documentado (ver referencia 10 ) que en el ambiente universitario el internet se usa básicamente como (i) un medio de entretenimiento y (ii) una fuente de información para la elaboración de tareas escolares. Se ha argumentado que la gran mayoría de los profesores universitarios no han incorporado las NTIC en sus asignaturas, razón por la cual los estudiantes no

experimentan con las NTIC más allá de los dos puntos aquí señalados, a pesar de que ellos ciertamente reconocen sentir motivación para usar más herramientas de la web 2.0, con el propósito de mejorar su preparación.

Además, la capacidad crítica para buscar la información, evaluarla y cuestionarla es uno de los problemas educativos que inevitablemente generan las NTIC, ya que devuelven enormes cantidades de información ante cualquier proceso de búsqueda. Es en este punto donde los docentes deben (i) acompañar al estudiante en un proceso de auto-aprendizaje que le permita constituirse a sí mismo en promotor de la sociedad de la información y del conocimiento; (ii) mostrar a los alumnos las oportunidades que este paradigma *informacionalista* les ofrece, no solo durante su formación académica sino como egresados.

Estamos convencidos de que, en la medida en que nuestros estudiantes estén mejor capacitados en el uso y aprovechamiento del Internet actual, tendrán más y mejores opciones laborales cualquiera que sea su área de estudios.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) "Understanding Moore's law: four decades of innovation" David C. Brock, Chemical Heritage Foundation, Philadelphia, 2006.
- 2) "El uso del software libre y de internet como herramienta de apoyo para el aprendizaje", Sara Loreli Diaz y Carlos Lizarraga C, Revista Iberoamericana de Educación a distancia, Vol. 1, Num.1, 2007.
- 3) Sitio oficial del Plan Ceibal (Uruguay) <http://www.ceibal.edu.uy/>.
- 4) Sitio oficial del Proyecto Conectar Igualdad (Argentina) <http://www.conectarigualdad.gob.ar/>.
- 5) "Software Libre para una Sociedad Libre" (Título original: Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman (GNU Press, 2002)) Richard M. Stallman, Traficantes de Sueños, Madrid, 2004. (<http://www.ie.unan.edu.ni/~lenin/libros/softlibre.pdf>)
- 6) Free Software Foundation (<http://www.fsf.org/>)
- 7) "Brasil ahorró 167,8 millones dólares por software libre" Agencia EFE, El Espectador, Edición On-line, 2009 (<http://www.elespectador.com/tecnologia/articulo134747-brasil-ahorro-1678-millones-dolares-software-libre>)
- 8) "Software Libre en la Administración Pública Brasileña" Marcelo D'Elia Branco, para la Universitat Oberta de Catalunya - UOC ([www.iade.org.ar/modules/descargas/visit.php?cid=7&lid=134](http://www.iade.org.ar/modules/descargas/visit.php?cid=7&lid=134))
- 9) Top500 Supercomputers Sites (<http://www.top500.org/stats/list/36/osfam>).
- 10) "La Universidad en la sociedad red: usos de internet en la educación superior", por Josep Duart, Marc Gil, Maria Pujol y Jonathan Castaño. Edi. UOC, Ariel, 1ra edi.2008.

## GESTIÓN DE RIESGOS UNA MEDIDA PARA LA PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS

*Risk management  
A measure for the prevention of losses*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Ing. Jesús Fernando García Arvizu<sup>1</sup>  
Ing. Fernando Rodríguez López<sup>2</sup>  
Ing. Gonzalo Fernández Sánchez<sup>3</sup>

Recibido: 17 de abril de 2017,  
Aceptado: 2 de octubre de 2017

Autor de Correspondencia:  
Ing. Jesús Fernando García Arvizu  
Correo: fergarcia@pitic.uson.mx

### Resumen

En los últimos años hemos sido testigos de innumerables catástrofes y siniestros que han producido gran cantidad de pérdidas humanas e incalculables daños ecológicos y materiales. Sucesos tan recientes y cercanos como el incendio de la guardería ABC en la ciudad de Hermosillo, Sonora, que causó la muerte a 49 niños, nos hacen conscientes de que el riesgo es algo real que continuamente está amenazando toda actividad humana.

La gerencia de riesgos es la única arma de que disponemos para luchar contra ellos. En este artículo veremos qué es y en qué consiste la Gestión de Riesgos, cuáles son sus últimas tendencias de estandarización y con qué medios y recursos debemos contar para poder llevarla a cabo de una manera eficaz en cualquier tipo de empresa, llegando a convertir el propio riesgo en una fuente de generación de ventajas competitivas.

### Abstract

*In recent years we have witnessed innumerable catastrophes and disasters that have produced a lot of human losses and incalculable ecological and material damage. Events as recent and close as the ABC nursery fire in the city of Hermosillo, Sonora, which caused the death of 49 children, make us aware that risk is something real that is continuously threatening all human activity.*

*Risk management is the only weapon we have available to fight against them. In this article we will see what Risk Management is and what it is, what are its latest trends in standardization and what means and resources we must have in order to carry it out effectively in any type of company, even converting our own risk in a source of generation of competitive advantages.*

Departamento de Ingeniería Civil y Minas / Universidad de Sonora, México / Correo: fergarcia@pitic.uson.mx 1  
Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid, España / Correo: frodriguez@cpv-oct.com 2  
Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid, España ( Correo: age\_roler@hotmail.com 3

## EL RIESGO: DEFINICIONES GENERALES

¿Qué es el riesgo? Si vamos a enfrentarnos a él, debemos partir teniendo claro este concepto. En principio, la definición académica de riesgo según el Diccionario de la Lengua Española es la siguiente:

a) Riesgo. (Del it. *risico* o *rischio*, y este del árabe clásico *rizq*, lo que depara la providencia). 1. m. Contingencia o proximidad de un daño. 2. m. Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro. a ~ y ventura. 1. loc. adv.

b) Dicho de acometer una empresa o de celebrar un contrato: Sometiéndose a influjo de suerte o evento, sin poder reclamar por la acción de estos. correr ~ algo. 1. fr. Estar expuesto a perderse o a no verificarse.

Para entrar en materia, la anterior definición no está mal, pero es fundamental que desde el principio no nos dejemos confundir por la segunda acepción y tengamos claro que la Gerencia de Riesgos va mucho más allá de la mera transferencia del riesgo a las compañías de seguros.

Siendo más técnicos, una definición matemática del riesgo puede ser la siguiente: el riesgo se define como la esperanza matemática de la pérdida. Si consideramos un suceso con una probabilidad de ocurrencia  $P$  y un daño o severidad  $S$ , el riesgo vendrá definido por el producto de esta probabilidad y el efecto o magnitud del daño. Es decir:

$$R = P \times S \text{ (siendo } 0 \leq P \leq 1)$$

Una definición equivalente y de uso más extendido se obtiene sustituyendo la probabilidad por la frecuencia:

$$R = F \times S$$

En este caso,  $F$  representa la esperanza matemática de la pérdida en un determinado período de tiempo, o lo que es lo mismo, la probabilidad de ocurrencia de la pérdida en dicho período.

## DEFINICIÓN DE RIESGO SEGÚN ISO/CEI 73

Existen multitud de definiciones que intentan dejar claro este concepto tan etéreo y subjetivo, pero tal vez la que mejor expone el significado del riesgo para la gerencia es la que se da en la guía ISO/CEI 73:

**Riesgo:** Combinación de la probabilidad de un suceso y de su consecuencia. Parece que con las definiciones anteriores queda ya una idea clara de lo que es el riesgo, pero también es muy importante que queden muy claras las diferencias existentes entre dos conceptos que normalmente se confunden: el riesgo y el peligro.

Peligro es la contingencia inminente de que suceda algún mal, mientras que el riesgo se diferencia por la mayor incertidumbre respecto a que el hecho pueda suceder o no.

Una vez que tenemos una idea más clara de lo que es el riesgo, veamos cómo la percepción del mismo varía según el punto de vista desde el que se analiza.

## EL RIESGO PARA EL INDIVIDUO

En la sociedad actual, el individuo en su vida diaria se encuentra expuesto a sufrir multitud de daños (robos, incendios, accidentes, enfermedades, morir...).

Los riesgos que hoy en día preocupan por lo general a la sociedad son los siguientes:

- Personales:
  - La falta de salud.
  - La muerte (terrorismo, accidentes, enfermedades, delincuencia...).
- Patrimoniales:
  - Inseguridad de los bienes (delincuencia, estafas, accidentes, catástrofes naturales...).
  - Indemnizaciones por responsabilidad civil frente a terceros.

## EL RIESGO EN LA EMPRESA

El riesgo de negocio es la amenaza de que un evento o una acción puedan afectar adversamente a una organización en su función principal, que no es otra que aumentar al máximo su valor para los grupos de interés y lograr sus objetivos de negocio.

Por tanto, un riesgo de negocio supone:

- Una posibilidad de que las amenazas se materialicen.
- Una posibilidad de que las oportunidades no se alcancen.
- La existencia de incertidumbres que afecten a los procesos de decisión.

Para la empresa, riesgo es todo aquello que pueda afectar negativamente al interés del accionista, que a grandes rasgos, no es otra cosa que el valor de la acción.

Los riesgos a los que se enfrenta la empresa se pueden clasificar básicamente en cuatro grandes grupos:

- Riesgo social.
- Riesgo societario.
- Riesgos de responsabilidades civiles y penales.
- Riesgos patrimoniales.

Como vemos, tanto empresa como individuo están expuestos a diferentes tipos de riesgos que, en última instancia, llegan a amenazar su propia supervivencia, por lo que no pueden quedar ajenos y deben tomar medidas no sólo para evitar sufrir daños, sino también para asegurarse de que nada pueda evitar que alcancen sus objetivos.

La Gerencia de Riesgos marca las pautas que debemos seguir para actuar frente al riesgo de la manera más óptima posible, minimizando sus consecuencias negativas y maximizando las positivas.

## LA GERENCIA DE RIESGOS

Al igual que sucede con el riesgo, existen multitud de definiciones de lo que es o debe ser la gerencia de riesgos, pero tal vez la siguiente forma de definirla es la que mejor muestra el carácter de omnipresencia que ésta debe tener a todos los niveles de cualquier organización y del conjunto de la sociedad.

La gerencia de riesgos es:

- Un conjunto de métodos que permite:
  - Identificar los riesgos.
  - Analizar los riesgos.
  - Evaluar los riesgos.
- ¿De quién?:
  - Esfera individual o familiar.
  - Riesgos industriales de la pequeña y mediana empresa.

- Grandes riesgos industriales.
- Grandes corporaciones públicas y privadas.
- Actividades de servicios.
- Mega grupos aseguradores.
- Determinando las medidas para su minoración:
  - Eliminación.
  - Reducción.
  - Control de calidad.
- Optimizando las medidas en términos económicos (financiación):
  - Retención/Auto seguro.
  - Transferencia /Aseguramiento.
  - Cautivas.
  - Otras formas de transferencia alternativa (ART).
- Con la finalidad de preservar y/o mantener los activos:
  - Materiales.
  - Inmateriales.
  - Personales.
  - Del medio ambiente.
- En la posición óptima para el desempeño de sus objetivos.

En definitiva, el objetivo principal de la Gerencia de Riesgos es la optimización de todos y cada uno de los recursos disponibles, para minimizar las consecuencias negativas de los riesgos y maximizar las positivas, así como sus respectivas probabilidades.

## ETAPAS DE LA GERENCIA DE RIESGOS

La Gerencia de Riesgos se puede dividir en las siguientes fases o etapas fundamentales, ilustradas en la Figura 1:

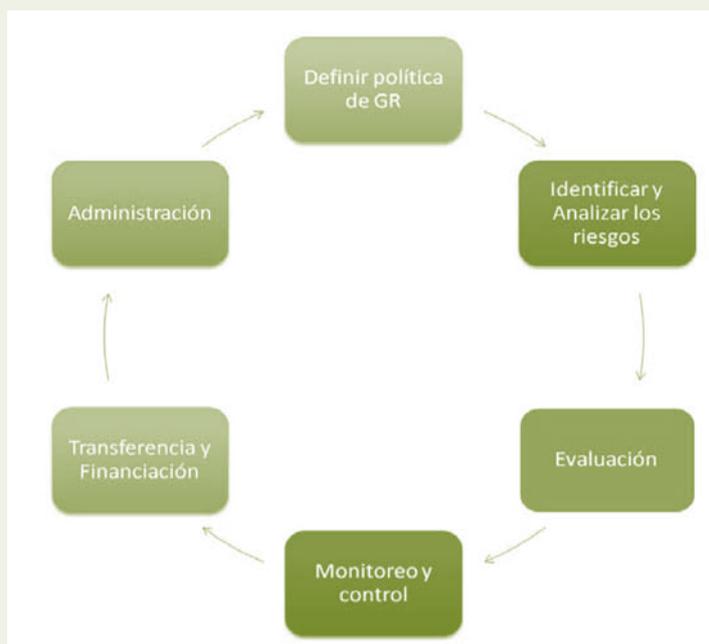


Figura 1. Fases de la Gerencia de Riesgos

### a) Definición de la política de Gerencia de Riesgos.

Necesidad de compromiso e involucración por parte de la alta dirección.

### b) Identificación y análisis de riesgos.

Creación de un "inventario de riesgos" que amenazan a la empresa clasificados según:

- Su naturaleza (personales, patrimoniales, de responsabilidad, etcétera).
  - El sujeto activo.
  - La actividad empresarial.
  - Los posibles daños.
- Midiendo sus posibles consecuencias.

### c) Evaluación de los riesgos.

Valoración de los riesgos en función de su probabilidad de ocurrencia (frecuencia) y el impacto que ocasionarían (intensidad).

### d) Minoración y control de riesgos.

Conjunto de medidas orientadas a eliminar o al menos reducir el impacto de los riesgos, empleando medidas de:

- Prevención.
- Protección.
- Control de calidad.
- Planes de contingencia.
- Medidas de salvamento.

### e) Transferencia y financiación de los riesgos.

La Financiación de Riesgos es la fase o etapa de la Gerencia de Riesgos que aborda la "elección de la(s) alternativa(s) o mecanismos más adecuados en cada momento y en cada circunstancia, orientados a la obtención y/o disposición de los recursos necesarios, cuando se ha producido un daño o pérdida en una empresa, con el objetivo de disponer lo antes posible de los elementos o bienes dañados, en condiciones similares a las existentes antes de que se hubiera producido la pérdida o llegado el caso mantener la capacidad productiva o reemprender la actividad, minimizando los costes totales para la empresa, asignando de la forma más eficiente posible los recursos disponibles y teniendo como objetivo principal mantener y/o garantizar tanto el patrimonio y resultados de la misma, como sus fines y objetivos.

Con este fin, las diferentes alternativas existentes son las siguientes:

- Retención.
- Autoseguro.
- Transferencia (a las Cías. aseguradoras a través de contratos de seguro).
- Transferencia relativa (establecimiento de franquicias en las pólizas de seguro).
- Creación de cautivas.
- ART (Transferencia Alternativa de Riesgos).

### f) Administración.

Conjunto de recursos y medidas dirigidas a que la empresa esté siempre en condiciones de afrontar cualquier riesgo que se le presente.

Estas fases no son y no se deben tratar como compartimentos estancos, dado que entre las mismas existen relaciones de interdependencia permanentes.

En este artículo introductorio hemos desarrollado sólo estas fases, en próximas colaboraciones se abordarán con mayor profundidad otras de ellas en lo que se refiere al proceso de Gerencia de Riesgos.

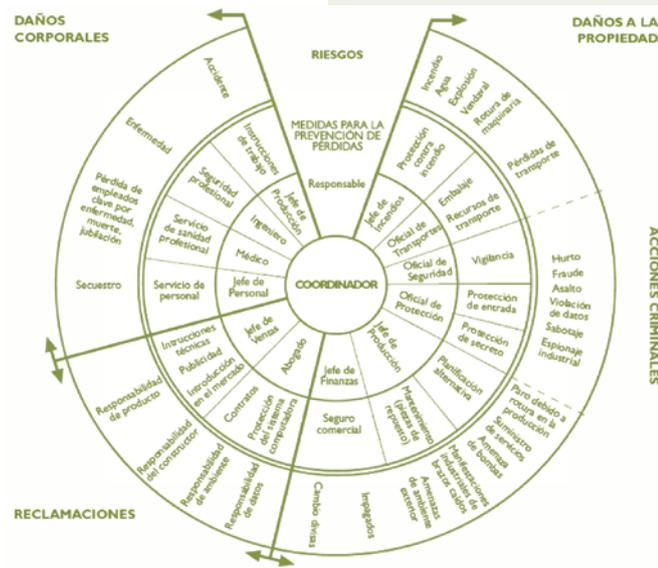


Figura 2. Círculo de G. Hamilton

### AGENTES IMPLICADOS EN LA GERENCIA DE RIESGOS

Como se acaba de comentar en el apartado anterior, es muy importante que todas y cada una de las personas que conforman la empresa sean conscientes no sólo de los riesgos que les amenazan directamente, sino que deben estar especialmente sensibilizados sobre la importancia que tiene la colaboración y la creación de vínculos interdepartamentales enfocados a fomentar la lucha conjunta frente al riesgo.

Para que esto sea posible, no sólo es necesaria la completa involucración de todos y cada uno de los miembros de la empresa, empezando fundamentalmente por la dirección, sino que todos y cada uno de sus componentes, deben tener claro cuál es su papel dentro de la lucha contra el riesgo, qué es lo que se espera de él (antes, durante y después de que éste aparezca) y con qué medios cuenta para enfrentarse a él, o al menos, con cuáles debería contar.

En la figura 2, mostramos el círculo que G. Hamilton presentó en 1975. Aunque en la actualidad debería adaptarse a los grandes cambios sufridos por la industria hasta llegar a la actual sociedad del conocimiento, este círculo, muestra de una forma muy sencilla y didáctica, todas las relaciones existentes entre todos los departamentos y sus diferentes responsables con los diferentes tipos de riesgos a los que se puede enfrentar una empresa, incluyendo medidas de prevención que se podrían aplicar en cada caso, haciendo referencia a la labor de coordinación que debe ser llevada a cabo por la unidad de Gerencia de Riesgos.

Aparte del trabajo y colaboración interna de la empresa, en la lucha contra el riesgo, nunca se debe olvidar la ayuda y asesoramiento que podemos obtener del exterior, a través de las compañías de seguros y sobre todo, de los mediadores de seguros, quienes no sólo pueden facilitar a la empresa la elaboración, contratación y el mantenimiento de un programa de seguros que se adapte a sus necesidades, sino que además, facilitarán asesoramiento especializado en temas tales como la identificación y el análisis de los riesgos, medidas de seguridad, opciones para la minoración de los daños y salvamento en caso de siniestro, prestando todo el apoyo necesario para la resolución de los mismos, etcétera.

### LA GERENCIA DE RIESGOS COMO POLÍTICA DE EMPRESA: DE AMENAZA A OPORTUNIDAD

Desde que la Gerencia de Riesgos comenzó a formar parte de las organizaciones, muchas empresas lo han entendido tan sólo como una herramienta destinada a la reducción de los costes que supone la existencia de riesgos que amenazan la buena marcha de la empresa, viendo el riesgo únicamente como algo negativo.

El concepto de Gerencia de Riesgos dentro de la organización debe ir mucho más allá.

Dado que en los últimos años se ha establecido el VAR (Valor Ajustado al Riesgo), como uno de los indicadores más empleados para valorar la rentabilidad de las empresas, una correcta Gerencia de Riesgos puede llegar a convertirse en un elemento generador de valor añadido para el accionista, que además aporte ventajas competitivas para la empresa al poder ofrecer a los clientes unas garantías de estabilidad y seguridad frente al riesgo, superiores a las que aportan actualmente las normas de calidad existentes.

Queda claro entonces que, para poder explotar al máximo las ventajas competitivas que puede poner a nuestro alcance la Gerencia de Riesgos, es necesario que cuenten con todo el apoyo y compromiso por parte de la dirección de la empresa.

Pero la Gerencia de Riesgos no sólo necesita disponer de una serie de recursos, sino que además necesita ser impulsada desde la propia Dirección General hacia todos y cada uno de los estamentos que componen la empresa.

Es por esto, que el concepto de "Gerencia de Riesgos" debe ser integrado dentro del plan de negocio de la empresa como política para ser adoptado desde ahí por toda la organización.

### BIBLIOGRAFÍA

- 1) Diccionario de la Real Academia Española [http://www.unespa.es/nociones\\_seguro/f\\_nociones.htm](http://www.unespa.es/nociones_seguro/f_nociones.htm)
- 2) Gonzalo Iturmendi. Apuntes de Gerencia de Riesgos del Master en Dirección aseguradora de ICEA.

## GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO MANUFACTURERO EN PYMES DE HERMOSILLO, SONORA

*Management of manufacturing knowledge  
In pymes de hermosillo, sonora*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

MC. Carlos César Mesinas Cortés <sup>1</sup>

Recibido: 17 de abril de 2017,

Aceptado: 2 de octubre de 2017

Autor de Correspondencia:

MC. Carlos César Mesinas Cortés

Correo: cmesinas1776@hotmail.com

### Resumen

Las empresas que desean seguir compitiendo, están obligadas a generar condiciones de sustentabilidad para crear valor para todos los involucrados en la organización. La aplicación del conocimiento y su expresión en aprendizaje organizacional ofrece un conjunto de soluciones para lograr esa sustentabilidad, estas son, medir el verdadero valor generado por la organización con la metodología de contabilidad de activos intangibles; realizar el cambio organizacional más adecuado para competir de acuerdo a un diseño organizacional de tipo evolucionista y gestionar el conocimiento con plataformas tecnológicas de tipo informático y de tipo humano.

### Abstract

*Companies that wish to continue competing are obliged to generate sustainability conditions to create value for all those involved in the organization. The application of knowledge and its expression in organizational learning offers a set of solutions to achieve that sustainability, that is, to measure the true value generated by the organization with the accounting methodology of intangible assets; make the most appropriate organizational change to compete according to an organizational design of an evolutionary type and manage knowledge with technological platforms of a computer and human type.*

## IDENTIFICACIÓN DEL VALOR DEL CONOCIMIENTO

La evidencia empírica mundial indica que el valor contable neto del activo menos el pasivo nos indica un estado consolidado de la inversión más un remanente si lo hubiere, ese valor contable (tangible) representa el 25% del valor de una empresa, el otro porcentaje no se mide y el empresario no sabe por qué existe más valor, o por qué se está perdiendo valor y es que el otro 75% del valor lo genera los activos intangibles (10) y requiere de su contabilidad para comprender ¿cuánto vale una empresa? Y reconocer que los mayores valores surgen de la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos. En general, los activos intangibles son la expresión del nuevo enfoque que se le da a los cuatro factores de la producción, tierra, trabajo, capital y conocimiento (13).

## EL NIVEL CONCEPTUAL.

Aprendizaje es la adquisición de un conocimiento o una habilidad, pero no es lo mismo aprendizaje que conocimiento, tampoco lo son datos, información y memoria, "...aprendemos y con ayuda de la información, adquirimos unos conocimientos que posteriormente quedan incorporados en nuestra memoria..." (12). Los datos son hechos sin contexto, la información son hechos en contexto, el conocimiento son hechos en diversos contextos, por ello, antes que nada, es conjetura y error, gracias a ello es posible el aprendizaje y la experiencia registrada en nuestra memoria y en nuestro cuerpo. Los conocimientos podemos implementarlos en la solución de un problema y, así, incrementar o mejorar nuestras capacidades. El conocimiento es el proceso humano de creencias, entendimientos, interpretaciones, significados y acciones (15). Acciones que son actitudes, aptitudes, competencias físicas, actitud cognitiva o intelectual

(solución de problemas). A nivel de empresa existen dos fuentes del conocimiento, la fuente epistemológica proclamada por M. Polanyi (16) al diferenciar el conocimiento empleado en la empresa como explícito y tácito, el conocimiento explícito: es el conocimiento que una persona ya tiene y es fácil de transmitir y entender. El conocimiento tácito: es el conocimiento que ya tiene una persona y que es difícil de transmitir y entender. También se revela como un conocimiento subjetivo (15), las entidades con posibilidad de crear conocimientos, son dos, el aprendizaje individual y aprendizaje organizacional, éste último se verifica cuando en la organización se crea conocimientos, se disemina y se materializa en procesos, productos y servicios. ¿Cómo se aprende? La mayor parte de los estudiosos en el tema plantean que el sujeto que desea aprender se enfrenta a un objeto de conocimiento, después de un reconocimiento y de haber establecido ciertos juicios y reflexiones se identifica el aspecto central de todo conocimiento: el problema. Como el conocimiento es conjetura y error, el aspecto inicial del aprendizaje es saber si entiende el problema de conocimiento, si lo puede definir, posteriormente si sabe dar solución al problema. Argyris y Shoen (3) identifican dos momentos en el proceso de definición y solución de problemas, el primero llamado aprendizaje de ciclo interno (Single Loop Learning) caracterizado por actores que investigan obteniendo información al interior de la organización, ello les permite avanzar en el entendimiento y en las soluciones de los problemas, se corrigen errores, se agrega información a la planeación estratégica, el aprendizaje logrado modifica diversos comportamientos, la limitación más fuerte de este ciclo de aprendizaje es cuando la organización considera que las soluciones, identificadas en la empresa, son únicas y relevantes, omitiendo otros métodos diferentes de solución. El otro tipo de ciclo de aprendizaje es externo



(Double Loop Learning), esto es, el conocimiento logrado en la empresa se complementa con el que se consigue por fuera de ellas, adaptando experiencias de la competencia, ampliando las implicaciones de solución de problemas, este ejercicio permitiría saber si la empresa es líder en conocimientos y aprendizajes dentro del sector donde participa. Los autores manifiestan que este ciclo no le es fácil de practicar a los directivos o gerentes de empresas, primero porque sus decisiones son conservadoras y les es difícil hacer cambios porque temen a que todo escape a su control, se hacen cambios a medias y en el largo plazo se pagan las consecuencias, cuando todo escapa al control gerencial muchos de ellos no saben qué hacer. El problema de los individuos y de las organizaciones es que no se atreven a sistematizar el conocimiento. Un aspecto importante es el error como fuente de aprendizaje, los primeros en advertirlo fueron Argyris y Shoen (3) quienes ubicaron las correcciones de error en el ciclo interno de la organización, de esta forma los gerentes pueden lograr sus objetivos y planes, cuando las soluciones de los errores hacen que la organización cambie las normas, políticas, objetivos y planes es porque se transitó por el ciclo externo. Hodgson (10) actualiza ese análisis al plantear tres tipos de aprendizaje (lazo simple, lazo doble y lazo triple), cuando las empresas han pasado de cambios sustantivos en las normas, políticas y planeación estratégica hacia el cambio total de hábitos y rutinas organizacionales se ha lanzado a la organización hacia el liderazgo competitivo y a heredar a la siguiente generación de empresarios el hábito del cambio y evolución, estas serían las características fundamentales del tercer tipo de aprendizaje, obsérvese el esquema 1.



## DISEÑO ORGANIZACIONAL DE EMPRESAS CON CAPACIDAD

### EL CAMBIO ORGANIZACIONAL Y LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO (GC).

La Teoría de los recursos y capacidades y la Teoría Evolutiva adquieren mayor relevancia al haber identificado los recursos estratégicos que explican la competitividad de empresas y regiones: los recursos intangibles. Al respecto, la GC es "...gestión de contenidos y de flujo

de trabajo para clasificar el conocimiento y canalizarlo hacia los trabajadores para su aprovechamiento... es localizar la información para lograr la colaboración organizacionalmente..." (4). Hoy en día, el éxito de la gestión de información, que se transforma en conocimiento y aprendizaje, está determinado por la implantación de Plataformas Tecnológicas centradas en las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (PTIC). Por donde se empieza es por desarrollar una memoria organizacional, una plataforma OMIS (Organizational Memory Information System). En ello están implicadas redes de protocolo de transmisión en protocolo de Internet (TCT/IP), el protocolo de transmisión de hipertexto (HTTP) y el lenguaje de marcado extensible (XML), los contenidos de una OMIS se presentan en el esquema 2,

¿Cómo se relaciona una MO con una plataforma tecnológica de GC? Vanhanen, Lassenius y Rautiainen, (19), nos presentan cinco módulos integrales: una Intranet o Internet con un protocolo de transmisión de hipertexto (HTTP 1.0 y protocolos de comunicación TCP/IP), se conforma de una base de datos o Servidor Métrico (MESS), es el componente principal, proporciona servicios de almacenamiento a los programas cliente, autorización de usuarios, búsqueda y manipulación de datos presentados en tablas, registra datos de control interno como datos caché, el módulo EDAM es una base de datos que es capaz de realizar cambios en datos opcionales, por ejemplo, limpieza y reformato, duplica los datos para el servidor, crea tablas y derecho de acceso sólo lee los datos nuevos o modificables, además, se ve reforzada con una biblioteca de programación para lenguaje C, el módulo de la aplicación consiste en realizar autenticaciones de usuario y control de acceso quienes pueden manipular los metadatos, el módulo METO es una herramienta de diseño de medición, los usuarios son los diseñadores del sistema de medición, son utilizadas por todos los integrantes de la organización, VICA es el módulo cliente de visualización, el usuario puede crear sus propios diagramas, los diagramas de Gant presentan lo planificado frente a los resultados, por ejemplo, los detalles reales a nivel de tarea, visualización del valor generado, tiempos de trabajo, el esfuerzo diario empleado por un trabajador en la tarea y una estimación del área del esfuerzo necesario para acabar la tarea, hojas de seguimiento, tareas acabadas y atrasadas, obsérvese el esquema 3:

¿Cómo se debe medir el aprendizaje? Además de un balance visible existe uno invisible (intangibles), de esta forma se procede a construir indicadores no financieros que permiten clasificar categorías de capital intelectual:

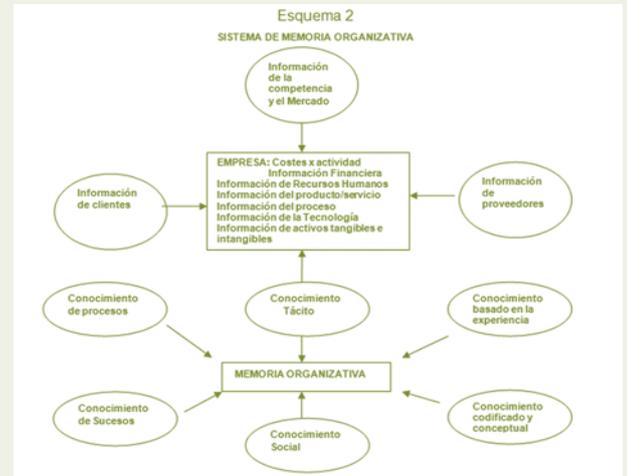
$CI = CH + CPPS + CCo + CCm + CID$ , donde el CH es el capital humano, el CPPS es el capital de proceso, producto y servicio, el CCo es el capital comunicacional, el CCM el capital comercial y el CID el capital investigación y desarrollo. Cada capital se expresa en forma de inversión

monetaria absoluta y en forma de participación porcentual, por ejemplo, el capital organizacional  $CH = CH * i = 100 * .20 = 120$ , significa que se desembolsó 100 millones de pesos para fortalecer el CH, pero que en ese año o en un promedio de años el CH se incrementó en 20%. La variable absoluta CH representa el compromiso que asume la empresa con este tipo de capital, el coeficiente  $i$  significa el comportamiento y la eficiencia dedicada a ese tipo de capital (6).

## LOS RESULTADOS EN LOS CASOS ESTUDIADOS.

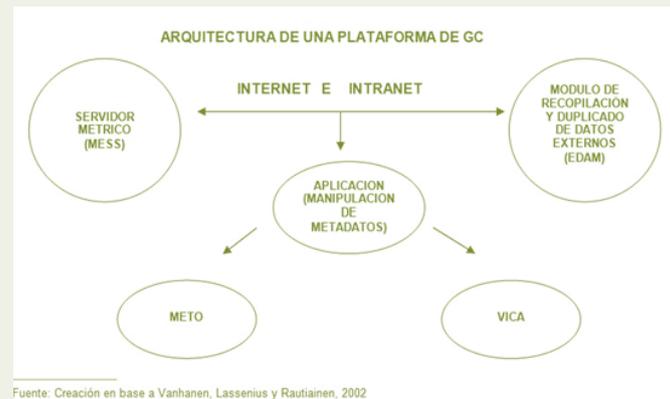
Todos los coeficientes de correlación son altamente significativos, sin embargo, la variable CCom tiene una correlación media y el CID sería el menos significativo en el momento de explicar el CI\*. Los capitales más relevantes por orden de importancia son CPPS, CH y el CCo, éstos explican las fuentes principales de valor del CI\*, representan las estrategias competitivas. Representan a la vez las estrategias (centrada en procesos y producto; en el desarrollo del capital humano y centrado en el desarrollo de proveedores y clientes). De esta forma al CCom lo han confinado a representar una importancia reducida, en tanto el CID escasamente está representado por tres empresas, es así porque la mayor parte de las empresas no invierten en este tipo de capital intangible, el desempeño de éstos últimos capitales representan las debilidades y puede convertirse en amenaza frente a competidores que, por efecto de investigación y desarrollo, ya están innovando, por ejemplo, omegas y fibras integrales como ingredientes en alimentos de alto valor agregado; En la metalmecánica el uso de materiales emergentes en aleaciones y polímeros para sustituir aluminio y acero, que permite materiales menos pesados, altamente resistentes al clima y a la colusión y de bajo costo. La influencia que tienen las variables independientes entre sí nos dice que el CH impacta en la valorización (valor agregado) de todos los capitales, con grandes posibilidades en el CCom, y en cierta forma con en el CID, esto es, la organización de los recursos humanos tiene como objetivo incrementar los clientes y mejorar la relación con los proveedores a partir de la mejora en el proceso y en el producto, con un respaldo relativo en la publicidad y los estudios de mercado, descuidando las posibilidades de incremento de valor empleando en el CID.

La ecuación del modelo  $CI = .151 + 1.495 + .912 - .379 + 10.536 + 3.182$  nos indica que por cada peso invertido en CH este aumentaría en 40%, por lo que se aconseja invertir en capacitación, selección de capital calificado y altamente calificado, así como en innovaciones organizacionales que permitan la mejora de la eficiencia de la empresa; el incremento en la inversión en CPPS incrementaría su valor, sin embargo, en comparación con otros capitales, parece ya saturado por lo que se aconseja una moderada



Fuente: Tomado de Lemken, Kahler y Rittenbruch, 2002 y adaptación propia en base a Alavi, Maryam y Leidner, Dorothy E, 2002

inversión para asegurar equipo, maquinaria y materias primas que estén alineados a una mejora en el diseño e implementación del proceso y del producto; el CCo es un capital relativamente saturado, no se recomienda incrementar la inversión ya que por cada peso invertido éste decrecería, se aconseja, con la inversión que ya se realiza, cambiar proveedores o seleccionar a los de mayor calidad, y sobre todo para realizar actividades de atención del cliente postventa e incrementar y seleccionar mejores clientes.



Fuente: Creación en base a Vanhanen, Lassenius y Rautiainen, 2002

Fuente: Creación en base a Vanhanen, Lassenius y Rautiainen, 2002

La ecuación del modelo brinda en el CCom la posibilidad extraordinaria de incrementar las inversiones ya que por cada peso invertido, el valor de éste se puede multiplicar por más de 10 veces; aunque en menor medida, lo mismo ocurre en el CID pero el modelo invita al empresario a invertir en estos capitales para convertir las debilidades en oportunidades frente a la competencia. Incrementándose el valor de la empresa, de los accionistas, de los clientes, de los proveedores y de la sociedad. El cuadro 1 refleja una diferenciación gradual del avance de la tecnología en las empresas estudiadas.

¿Qué tan confiables son los resultados anteriores? En nuestro modelo de regresión múltiple se establecieron las



TIPOS DE PROCESOS PRODUCTIVOS DE LAS EMPRESAS ESTUDIADAS EN HERMOSILLC

TIPO	TIPO DE PROCESO	EMPRESAS ESTUDIADAS
A	PROCESOS CON AUTOMATIZACIÓN PROGRAMABLE	Proyecto y Manufactura Industrial (Promain); Gabinetes y Laminados (G y L); Procesos Automatizados de Manufactura, S. A (PROAMSA); Quesos Persa (QP)
B	PROCESOS MECANICOS ELECTRICOS Y SEMIAUTOMATIZADOS	Trigos de México (Trimex); Molinera de Mexico (MM)
C	PROCESOS MECANICOS, ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS	Metroprecisión (MP); Carrocerías Kuzzy (KUZZY); Carrocerías Especiales (CE); Ductos y Aceros (DA); Galiza (Panadería); El Gran Milagro (Panadería)
D	PROCESOS MECANICOS, ELÉCTRICOS Y SERVICIOS DE ARRANQUE Y MONTAJE	Maquinados y Mantenimientos (MM)
E	PROCESOS ARTESANALES	Coyotas Doña María (CDM); Molinera Ruiz.

MODELO DE REGRESION MULTIPLE

Variable Dependiente:  $(BM - BC) = CI^*$   
 Año: 2007. Observaciones incluidas: 12

Modelo estimado:

$$(VM - VC) = C1^* (CH * iH) + C2^* (CP * iP) + C3^* (CC * iC) + C4^* (CM * iM) + C5^* (CID * iID)$$

Coefficientes de Correlación (Pearsson)

	CI	CH	CPPS	Cco	CCom	CID
CI	1.000	.969	.963	.946	.454	.023
CH	.969	1.000	.939	.924	.315	-.070
CPPS	.963	.939	1.000	.931	.300	-.071
Cco	.946	.924	.931	1.000	.476	-.122
CCom	.454	.315	.300	.476	1.000	-.050
CID	.023	-.070	-.071	-.122	-.050	1.000

R = .99 R<sup>2</sup> = .99 F = 427 D 1.638 < d1 = 5

Software: SPSS 17.0

siguientes hipótesis:

Hipótesis Nula = no existe correlación entre  $CI = C1^* (CH * iH) + C2^* (CP * iP) + C3^* (CC * iC) + C4^* (CM * iM) + C5^* (CID * iID)$

Hipótesis Alternativa = existe correlación entre  $CI = C1^* (CH * iH) + C2^* (CP * iP) + C3^* (CC * iC) + C4^* (CM * iM) + C5^* (CID * iID)$

El modelo de regresión múltiple estimado exhibió que todas las variables explicativas son individualmente significativas al 5%, con excepción del CID (.567). A pesar de esa limitación, conjuntamente sí lo son, esto es, el modelo estudiado es consistente, ya que podemos rechazar la hipótesis nula de que todos sus coeficientes son simultáneamente iguales a cero, para ello contrastamos el estadístico F (427.126) y su porcentaje de significación, ello avala la existencia de significación en el conjunto de las variables con la probabilidad de equivocarnos del 0.0000%. El modelo tiene alta capacidad explicativa y es representativo, así lo confirman los valores probabilísticas de error y significancia. Con  $R = .99$  y  $R^2 = .99$ , obsérvese el cuadro 2, el cual incluye la correlación entre variables. Además, aunque el estadístico Durbin Watson (D) toma valores < 2, el valor de d1 es mayor, esto es, igual a 5, como estamos contrastado la hipótesis alternativa de autocorrelación positiva de primer orden, entonces se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. ¿Qué tanto ha influido el capital no explicitado y el factor especulación en el CI? El modelo utilizado es muy aceptable ya que el coeficiente de determinación (R2) ajustado es de 99.55%



aceptable, lo cual demuestra que el capital no explicitado más el factor especulativo no son representativos, si ese coeficiente hubiera sido bajo indicaría lo contrario, esto es, que el CI\* calculado no es confiable. Así el CI\* es controlable. Los valores obtenidos por cada empresa se presentan en los cuadros siguientes, pero es importante señalar que esos datos no son reales ya que las empresas no desean publicitar esa información, esta presentación se hace para ofrecer las ventajas de realizar contabilidad de activos intangibles.

## CONCLUSIONES

La contabilidad de activos intangibles así como la plataforma de GE corresponden a metodologías de estilo cuantitativo, se sugiere realizar investigación cualitativa a partir de entrevistas semiestructuradas a profundidad para complementar y validar los resultados. En las empresas estudiadas no se implementan plataformas de gestión del conocimiento, el empresariado aún no es consciente de ello a pesar de que en sus empresas se aplican y se generan importantes conocimientos, éstos deben ser formalizados y sistematizados en memorias organizacionales.

INTANGIBLES	MDM	TRIMEX	QP	GALIZA	GM	CDM
CH*ih	11 * 0669	7 * 0681	4 * 0785	3 * 0676	3 * 0822	2 * 0788
C. HUMANO	11,735	7,476	4,314	3,202	3,245	2,157
CP*ip	20 * 0295	15 * 0295	10 * 0335	5 * 0305	3 * 0221	2 * 0221
C.P.P.S	20,59	15,442	10,033	5,152	3,065	2,044
CC*ic	5 * 0304	3 * 031	2 * 032	2 * 0307	1 * 030	1 * 0284
C. COMERCIAL	5,152	3,093	2,064	2,061	1,03	1,028
CN*im	300 * 027	200 * 018	100 * 024	080 * 014	050 * 008	040 * 006
C. COMUNICACIONAL	0,308	0,203	0,102	0,081	0,050	0,040
CID*id	200 * 007	250 * 016	200 * 031	150 * 021	200 * 019	020 * 010
C. INV. DES.	0,201	0,254	0,206	0,153	0,203	0,020
CI TOTAL	37,987	25,469	16,720	10,650	7,597	5,290
VC	45	35	25	20	15	8
VM	47	37	27	22	17	10
%vc	84.4	75.6	66.9	53.3	50.6	66.1
%vm	80.8	71.5	61.9	48.1	44.7	52.9

10. Kaplan, Roberts y David Norton, 2004. Mapas Estratégicos. Gestión 2000, España.

11. Lemken, Birgit, Helge Kahler y Markus Rittenbruch, 2002, "Gestión del conocimiento en las organizaciones virtuales: experiencias en Sigma", en Stuart Barnes. Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.

12. Lloria Aramburo, María Begoña, 2001, "Definiciones conceptuales entorno al aprendizaje, conocimiento, información y memoria". Universidad de Valencia, España.

13. Nelson R, Richard y Sydney G Winter, 1982. "The needs for an evolutionary theory" en Nelson R, Richard y Sydney G Winter: Evolutionary Theory of Economic Change. The Belknap Press, Harvard University Press.

14. Nevado, Domingo y Víctor López, 2002. El capital intelectual: valoración y medición. Prentice Hall, España.

15. Nonaka, I and H Takeuchi, 1995. "The knowledge creating company", USA, Oxford University Press.

16. Polanyi, M, 1948. Personal Knowledge. The University of Chicago, Press Chicago.

17. Teece, D, 1980. "Economies of scope and the scope of enterprise". Journal of Economic Behavior and Organization, Vol. 1.

18. Vanhanen, Jari, Casper Lassenius, y Kristian Rautiainen, 2002. "Combinación de los datos de fuentes existentes en las empresas: arquitectura y experiencias", en Stuart Barnes. Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.

## BIBLIOGRAFIA.

1. Alchian, Armen, 1950. "Uncertainty, Evolution, and Economic Theory", en Journal of Political Economy, 58, Junio.

2. Alavi, Maryam y Dorothy E. Leidner, 2002. "Sistemas de gestión del conocimiento: cuestiones, retos y beneficios", en Stuart Barnes, Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.

3. Argyris, C y D, Shoen, 1978. Organizational Learning: a Theory de Action Perspective. Reading, MA: Addison-Wesley. USA.

4. Barnes, Stuart, 2002 (compilador). Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.

5. Barney, J. B, 1991. "Firm resources and sustained competitive advantage", en Journal of Management, volume 17.

6. Edvinsson, I. y M. S Malone, 1999: El capital intelectual: cómo identificar y calcular el valor de los recursos intangibles de su empresa. Ed. Gestión, Barcelona, España.

7. Grant, R. M, 1991. "The resource based theory of competitive advantage: implication for strategic formulation", en California Management Review. vol. 33.

8. Grant, R. M, 1996. Dirección Estratégica: conceptos, teorías y aplicaciones. Civitas, Madrid.

9. Hodgson, Geoffrey M, 1997. "The ubiquity of habits and rules", en Cambridge Journal of Economics, Vol 21, n° 6, noviembre.

# LA PLANEACIÓN Y CONTROL DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LAS PEQUEÑAS EMPRESAS MANUFACTURERAS, COMO HERRAMIENTAS QUE FACILITEN EL CUMPLIR TIEMPOS DE ENTREGA DEL PRODUCTO TERMINADO

*The planning and control of cost of production in small manufacturing companies, as tools that facilitate to fulfill delivery times finished product*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

DRA. Josefina Andrade Paco <sup>1</sup>

DR. Amado Olivares Leal <sup>2</sup>

DRA. María Fernanda Robles Montaña <sup>3</sup>

Recibido: 22 de mayo de 2017,

Aceptado: 7 de octubre de 2017

Autor de Correspondencia:

DRA. Josefina Andrade Paco

Correo: jandradep@pitic.uson.mx

## Resumen

La planeación como parte del proceso administrativo, permite la toma de decisiones oportunas y un control eficaz en los procesos de producción. El objetivo de este trabajo es determinar de qué forma influye la planeación y el control del costo de producción en las pequeñas empresas (PE) manufactureras, que faciliten cumplir con los tiempos de entrega del producto terminado. En esta investigación se aplicó un cuestionario a 30 PE del ramo alimentos. Los resultados obtenidos fueron: falta de conocimiento y técnicas para planear funciones de producción acorde a las ventas esperadas, no existe espacio suficiente para maniobras de producción, y falta simplificar los sistemas de producción con tendencia a producir, cumplir con la entrega del producto terminado y venderlo a precios competitivos.

**Palabras claves:** Planeación, control, producto terminado.

## Abstract

*The planning as part of the administrative process, allows the taking of opportune decisions and an effective control in the processes of production. The objective of this work is to determine how the planning and control of the cost of production in small manufacturing companies (PE) influences, which facilitate compliance with the delivery times of the finished product. In this research a questionnaire was applied to 30 PE of the food industry. The results obtained were: lack of knowledge and techniques to plan production functions according to the expected sales, there is not enough space for production maneuvers, and there is no need to simplify production systems with a tendency to produce, comply with the delivery of the finished product and Sell it at competitive prices.*

**Keywords:** Planning, control, finished product.

Departamento de Contabilidad / Universidad de Sonora / Correo: jandradep@pitic.uson.mx 1

Departamento de Administración / Universidad de Sonora / Correo: olivares@pitic.uson.mx 2

Departamento de Contabilidad / Universidad de Sonora / Correo: fernanda@eca.uson.mx 3

## INTRODUCCIÓN

El proceso productivo es una formalización de procedimientos, sistemas y controles organizacionales con una combinación de los recursos materiales, físicos y humanos que se comportan de manera eficiente, encaminados al logro de los objetivos previstos. Inicia con la recepción de materiales, partes y componentes, que para garantizar su flujo continuo, deberán almacenarse en un lugar cercano al departamento de producción fluir en forma ordenada hasta llegar al almacén de productos terminados, listos para ser distribuidos a los clientes [1]. Para lograr una mayor eficiencia es necesario medir y revisar las diferentes alternativas de planeación, financieras, económicas y de control, simplificar los sistemas de producción, generar ventajas competitivas y alcanzar el crecimiento en las pequeñas empresas manufactureras.

Las pequeñas empresas (PE) tienen particular importancia para las economías nacionales, por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios y su gran potencial como generadoras de empleos.

El estudio consistió en realizar una encuesta a 30 PE industriales del ramo de alimentos a través de la aplicación de un cuestionario como instrumento de mediación donde se consideraron 4 indicadores: planeación y control de materia prima, mano de obra, infraestructura y tiempos de entrega.

## OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Determinar de qué forma influye la planeación y el control del costo de producción en las PE manufactureras de Hermosillo, Sonora, que faciliten cumplir con los tiempos de entrega del producto terminado.

## JUSTIFICACIÓN

Las PE como unidades económicas de producción, son fuentes generadoras de empleo (junto con las microempresas generan más del 80%), ayudan a evitar monopolios y fomentan la libre empresa, ya que cuentan con características especiales: tecnología relativamente sencilla, son flexibles en cuanto a oportunidades de vender a diversos volúmenes, adaptando las condiciones de su producción, son resistentes a incrementar sus costos y se adaptan fácilmente a las nuevas condiciones de mercado; llegan a mercados donde no llegarían las medianas y grandes empresas, son una fuente de innovación menos riesgosa y participan activamente en los procesos de integración para contribuir al crecimiento de las exportaciones nacionales [2]. Mediante mecanismos de colaboración y cooperación con otras firmas. Las PE pueden alcanzar volúmenes de producción que justifican y facilitan la incorporación de tecnologías más productivas, acrecientan su capacidad de negociación con proveedores y clientes y aceleran sus procesos de producción [3].

Otros aspectos que contribuyen a justificar la realización de esta investigación son que las PE manufactureras apoyan

el desarrollo regional del ingreso, producen artículos de la localidad y de consumo básico, su planeación y control no requiere de mucho capital y mantienen una unidad de mando permitiendo una adecuada vinculación entre las funciones administrativas y operativas con tendencia a producir y vender productos a precios competitivos.

## MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

La administración como parte integral de la estructura de una organización, permite de manera eficaz y eficiente transformar los insumos en productos, en atención a las áreas básicas empresariales tales como: producción, mercado, finanzas y mano de obra, con base a la planeación, organización, integración de personal, dirección y control, teniendo como propósito el cumplir con los objetivos planeados, tomar decisiones oportunas para evitar problemas y estar preparados para aprovechar oportunidades inesperadas [4].

### 1. Proceso productivo y la manufactura como parte de la producción.

Anderson [1] lo define como “una formalización de procedimientos, sistemas y controles organizacionales, con una combinación de los recursos materiales, físicos y humanos, que se comportan de manera eficiente, encaminados al logro de los objetivos previstos. Inicia con la recepción de materiales, partes, componentes y para garantizar su flujo continuo, deberán almacenarse en el lugar cercano al departamento de producción y pueda fluir en forma ordenada hasta llegar al almacén de productos terminados, listos para ser distribuidos a los clientes”. Para lograr una mayor eficiencia en los procesos es necesario medir y revisar las diferentes alternativas de planeación, financieras, económicas y de control, simplificar los sistemas de producción, generar ventajas competitivas y alcanzar el crecimiento en las PE manufactureras.

Polimeni [5] señala que el costo de manufactura o de producción “se relaciona con la fabricación de un producto, es el valor sacrificado realizado para adquirir bienes y servicios. Forma especial de producción de bienes, mediante la cual participa un conjunto de insumos los cuales son procesados y convertidos en producto terminado”.

### 2. Costo de producción y sus elementos.

Anderson [1] lo define como “todos los costos de producción en que se incurren hasta lograr que los artículos manufacturados estén listos para su venta, los cuales deberán ser elaborados a través de los elementos tales como: materias primas, costo de mano de mano y gastos de fabricación y los recursos físicos e infraestructura, los cuales van a participar en la transformación de los mismos, hasta lograr productos o bienes terminados listos para su consumo”.

a) **Materia prima directa.** Elemento indispensable en todo el proceso de producción, la cual es procesada y

convertida en producto terminado, ya sea agregando o modificado sus cualidades físicas o químicas durante el proceso. Este elemento debe estar listo en el momento en que se requiera, siendo un factor del cual depende si se entrega o no en tiempo el producto terminado. Dentro de la planeación y control de las materias primas es importante conocer la cantidad que se tiene presupuestada vender en un período determinado.

**b) Mano de obra.** Se refiere a las personas que forman parte del proceso productivo, que con esfuerzo y trabajo transforman los materiales directos y logran el producto terminado. Planear la mano de obra para producción significa definir las características del trabajo que se va a desempeñar, ya sea mediante la capacitación, programas de producción y el pago de incentivos al personal como motivación.

**c) Recursos físicos e infraestructura.** Comprende el lugar de trabajo, el almacén de materias primas, maquinaria necesaria para trabajar, medidas de seguridad necesarias en el lugar de trabajo y las herramientas indispensables para realizarlo.

### 3. Planeación de la producción.

La planeación, como parte del proceso administrativo, es la formulación de objetivos acordes a la administración de la organización y sus programas para el logro de sus metas [5]. Es un proceso que señala anticipadamente cada acción o actividad que se debe realizar, considerando 4 áreas básicas de toda empresa:

**Planeación de producción.** Predecir con exactitud cuándo, dónde y en qué momento se van a realizar las actividades de producción, con el fin de cumplir con los pedidos de clientes y tiempos de entrega.

**Planeación de mercados.** Verificar que el volumen de producción esté acorde a las ventas, cubrir los pedidos y requisiciones de clientes, su distribución y la aceptación del mercado consumidor.

**Planeación de finanzas.** Planear los recursos financieros y medir la relación entre el nivel de producción y el efectivo disponible, ya que cuanto más elevada es la producción, mayor es la necesidad de invertir en circulante para sustentar la producción y las ventas.

**Planeación de mano de obra.** Determinar la cantidad de empleados que necesita la empresa, el pago de salarios, supervisión, sistema de incentivos y capacitación de quienes laboran en la misma y contar con el personal calificado en los procesos productivos.

El enfoque de planeación de los insumos de producción en las PE deberá estar orientado a corto plazo con la finalidad de generar oportunidades y obtener ventajas competitivas que les permitan ampliar su mercado y cumplir en tiempo y forma los pedidos del cliente.

### 4. El control e interrelación control-producción.

Bateman (2001) define el control como "cualquier proceso que dirige las actividades de las personas hacia el

logro de las metas". El criterio de la eficacia de un sistema de control es hasta qué punto resulta útil para facilitar el logro de los objetivos.

Para el logro de un control eficaz en los procesos de producción, es necesaria la interrelación control-producción, considerando los siguientes conceptos:

- **Control de cantidad.** Relacionado con la cantidad de productos que se elaboran para satisfacer la demanda de mercado, evaluando de una manera eficiente dichas cantidades para detectar las variaciones de volumen entre lo real y lo planeado.

- **Control de calidad.** Proceso que se realiza en forma continua o periódica con el fin de conocer si el producto cumple con los estándares considerados como óptimos. En una PE manufacturera este control no se le asigna específicamente a una persona, sino que se realiza junto con otras actividades.

- **Control del uso del tiempo.** Concluir los productos dentro de los períodos especificados y garantizar que se despachen en tiempo y forma.

- **Control de costos.** Verificar si los costos por insumos que participan en la producción están dentro de lo planeado. El pequeño empresario debe ejercer este tipo de control para que la empresa tenga el cuidado adecuado del manejo contable y financiero.

- **Control de inventarios.** Tener en el almacén los materiales en cantidades necesarias, en el momento y en el lugar correspondiente. Es importante no tener inventario inmovilizado y mantener el necesario para cumplir con los tiempos de entrega a los clientes. Un buen control de inventarios ayuda a reducir los retrasos en la producción y evita su agotamiento.

El control en las PE manufactureras constituye un eslabón final de la cadena funcional de las actividades productivas, ya que permite planear las futuras acciones que deberán emprenderse, ayuda al dueño a localizar con rapidez áreas de peligro, provee información y retroalimentación sobre los planes establecidos y garantiza que estos se cumplan.

### 5. Tiempos de entrega.

Las PE manufactureras deberán revisar continuamente los pedidos de clientes y planear los insumos de producción de manera periódica, con el fin de protegerse contra el crecimiento inesperado de pedidos tener materias primas de seguridad en función de sus capacidades de infraestructura y de control en los procesos de producción en cuanto a evaluar las acciones que ésta conlleva, lograr un alto nivel de servicio y poder cumplir con tiempos de entrega del producto terminado.

La mejor forma de cumplir con los tiempos de entrega del producto es monitorear los pedidos de los clientes desde su fecha de inicio de un período hasta su entrega, tener como soporte productos en exceso como una protección, cumplir con los plazos de entrega y evitar futuros incrementos inesperados en el costo de producción.

Asimismo, las PE manufactureras deberán contar con las materias primas como inventario de seguridad en función de sus capacidades de infraestructura y de control en los procesos de producción, y así poder lograr un alto nivel de servicio y entrega del producto terminado.

## 6. La importancia de las PE en Sonora.

Las pequeñas empresas tienen particular importancia para las economías nacionales, por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios y su gran potencial como generadores de empleos. De acuerdo al Censo Económico del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [6] existen 9,760 empresas manufactureras ubicadas en el estado de Sonora, donde el 91.2% son microempresas y el 5.3% son pequeñas empresas con una ocupación de mano de obra del 6.6%. Este núcleo económico y social está formado por la más amplia gama de giros productivos, comercializadores y de servicios y en gran medida los empresarios son personas que realizan actividades económicas a nivel de subsistencia, que se caracterizan por integrar empresas eminentemente familiares, producto de la necesidad más que de un esfuerzo planeado, presentando problemas para su desarrollo y posicionamiento. Representan un excelente medio para impulsar el desarrollo económico y una mejor distribución de la riqueza. Sin embargo, tienen algunas dificultades en virtud de su tamaño: acceso restringido a las fuentes de financiamiento, bajos niveles de capacitación de su recurso humano, limitados niveles de innovación y desarrollo tecnológico, baja penetración en mercados internacionales, poca capacidad de asociación administrativa y bajos niveles de productividad.

## 7. Factores que debe tener en cuenta las PE manufactureras para llevar a cabo la planeación.

Dentro de los principales factores a considerar para llevar a cabo una buena planeación en las PE manufactureras son los siguientes:

- Económicos, sociales, políticos y tecnológicos como parte del medio ambiente externo.
- Leyes y regulaciones La PE manufacturera tendrá que sujetarse a las normas o condiciones impuestas por el gobierno, por ejemplo restricciones en el precio de algunos productos.
- Competencia y proveedores en cuanto a precios y políticas de pago.
- Ambiente de trabajo, buenas relaciones entre los proveedores y consumidor, y la localización de la empresa, como parte del ambiente interno.
- Eliminar causas que dificulten su crecimiento tales como: conflictos entre personal de producción, familiares, diferencias entre personal y la falta de una buena comunicación.

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es esencialmente

exploratoria, apoyada a través de la aplicación de un cuestionario como instrumento de medición y se consideraron 4 indicadores: planeación y control de materia prima, mano de obra, infraestructura y tiempos de entrega.

La selección de la muestra se realizó a través de un muestreo aleatorio simple, seleccionado a 30 empresas, del ramo alimentos.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados más relevantes de la encuesta aplicada, por cada una de las variables, son los siguientes:

**Planeación y control de los materiales utilizados en producción.** De las 30 pequeñas empresas encuestadas, 50% de ellas nunca llevan a cabo una planeación de las materias primas que se utilizarán en producción, el 30% lo hace casi siempre y el 20% de manera frecuente (Figura 1).



Figura 1. Planeación de materiales según programa de producción.

Con relación a que el volumen de producción esté acorde a las ventas programadas, el 80% de las empresas encuestadas señalan que nunca verifican que los volúmenes de producción estén acordes a las ventas programadas en un determinado periodo el 15% hace la programación de manera frecuente y en algunos casos se hace en base al criterio del dueño (Figura 2).



Figura 2. Volumen de producción acorde a las ventas programadas.

Con base en los resultados anteriores, el pequeño empresario industrial se preocupa por su empresa, aunque muestre fallas en su actuación debido fundamentalmente a la falta de conocimientos y técnicas de administración adecuadas para planear las funciones de producción acorde a las ventas esperadas y poder cumplir con los tiempos de entrega del producto.

**Planeación de mano de obra.** De las 30 empresas encuestadas, el 50% de éstas no tiene establecido un plan de incentivo al personal de producción, la supervisión en producción es escasa, ya que solo el 30% lo hace y el 20% lo hace de manera frecuente (Figura 3).

¿Se tiene establecido un sistema de incentivos como motivación al recurso humano de producción?

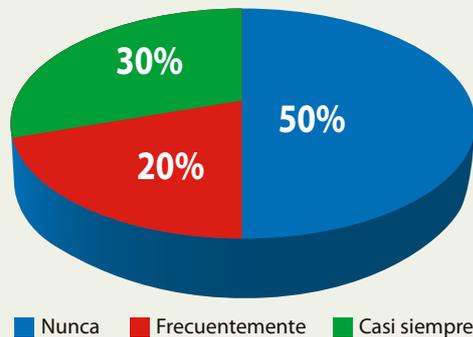


Figura 3. Sistema de incentivos..

En relación a la supervisión del recurso humano, de las empresas encuestadas únicamente el 30% lo hace, otro 30% se supervisa de manera frecuente y el 40% de las empresas no llevan a cabo una supervisión de la mano de obra que labora en producción (Figura 4).

¿Hay una supervisión hacia el recurso humano que labora en producción?

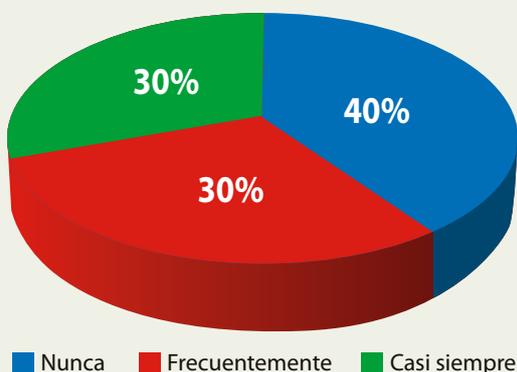


Figura 4. Supervisión de la mano de obra.

De los resultados anteriores es necesario señalar que es importante el recurso humano como parte del proceso productivo, ya que con esfuerzo y trabajo transforman los materiales directos en producto terminado.

**Infraestructura.** Este indicador comprende el lugar

de trabajo, el almacén de materias primas, maquinaria necesaria para trabajar y las herramientas indispensables para realizarlo. Los resultados señalan que el 70% de las empresas encuestadas del ramo de alimentos no tienen el equipo y las instalaciones adecuadas para llevar a cabo los procesos de producción, siendo un 10% de las empresas que únicamente lo tienen (Figura 5).

¿Se tiene el equipo y las instalaciones adecuadas, para llevar a cabo los procesos de producción?

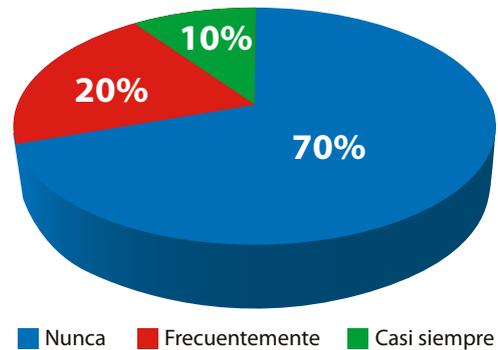


Figura 5. Equipo e instalaciones.

En relación a la distribución del espacio que ocupa la materia prima que se utiliza en los procesos de producción, un 60% de las empresas encuestadas señalaron que no tienen una adecuada distribución del mismo, siendo el 30% de las empresas que cuentan de manera frecuente con una adecuada distribución del mismo (Figura 6).

¿Hay una adecuada distribución del espacio, que ocupa la materia prima?

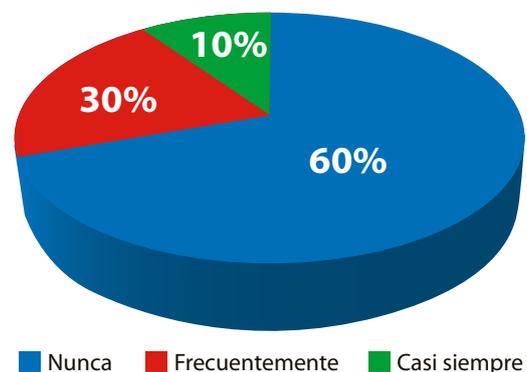


Figura 6. Distribución del espacio.

En resumen, el indicador de infraestructura, se puede decir que las pequeñas empresas, del ramo de alimentos no tienen el equipo y las herramientas adecuadas para llevar a cabo los procesos de producción y su distribución del espacio es insuficiente para maniobras.

**Tiempos de entrega.** En relación a las fechas de entrega al cliente de acuerdo a los pedidos, un 75% de las empresas del ramo de alimentos no cumplen con fechas de

entrega de pedido del cliente, un 10% cumple de manera frecuente y un 15% cumple casi siempre (Figura 7).

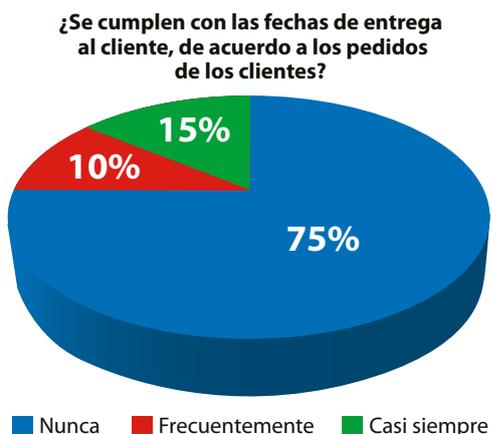


Figura 7. Pedido de clientes.

En cuanto a la satisfacción de la entrega del producto, con el inventario existente a los resultados obtenidos un 70% de las PE encuestadas señalaron que no se tiene el inventario para cumplir con la entrega del producto, siendo únicamente el 10% de las empresas que casi siempre cumplen. Por lo tanto, las PE encuestadas, no logran cumplir en tiempo y forma con los tiempos de entrega del producto terminado (Figura 8).



Figura 8. Entrega del producto con inventario existente.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo planeado se concluye lo siguiente:

- El enfoque de planeación de los insumos de producción, es de carácter correctivo, orientado a corto plazo y no llevan a cabo estudios que les permitan generar oportunidades a fin de obtener ventajas competitivas con el fin de ampliar su mercado y cumplir con los pedidos del cliente en tiempo y forma.

- Existe un descuido generalizado en los procedimientos de trabajo, así como las malas condiciones en el manejo de los insumos que participan en la producción, con bajos salarios y falta de prestaciones al recurso humano, toda vez que las PE no pueden mantener salarios elevados por no tener la solvencia económica necesaria.
- No se tiene una visión de cooperación e integración, con baja rentabilidad, en donde el pequeño empresario no tiene la confianza para una toma de decisiones en cuanto a una mayor connotación de innovación, de desarrollo tecnológico, vinculación e integración.
- Ante este panorama las PE industriales no tienen más alternativa que adoptar estrategias propias, tendientes a favorecer su desarrollo, así como tratar de establecer alianzas estratégicas entre productores de materias primas, distribución y comercialización colectivas, siendo el reto más importante para las PE mexicanas en donde la cultura empresarial es individualista y no corporativa.
- Las PE manufactureras deberán contar con gerentes emprendedores con una visión hacia el futuro y de largo plazo, ser líderes de opinión y de cambio, basados en una misión que los lleve al logro de sus objetivos consolidados en estrategias adecuadas a su medio ambiente interno y externo.

Para lograr una mayor eficiencia en la planeación y el control de los procesos de producción es necesario medir y revisar las diferentes alternativas de planeación, financieras, económicas y de toma de decisiones y simplificar los sistemas de producción, generar ventajas competitivas y que permitan que las PE manufactureras alcancen su crecimiento, ya que contribuyen al desarrollo regional del ingreso, producen artículos de la localidad y de consumo básico. Su planeación y control no requiere de mucho capital, mantienen una unidad de mando, permitiendo una adecuada vinculación entre las funciones administrativas y operativas, con tendencia a producir, lograr terminado el producto en tiempo y formar para venderlo a precios competitivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Anderson, H. R., Mitchell, H. R., «Conceptos básicos de Contabilidad de Costos,» Editorial Continental, S.A. de C.V. 2005.
- 2) Anzola Rojas, S., «Administración de pequeñas empresas,» 2ª. Edición, Editorial McGraw Hill. 2007.
- 3) Pérez Pasten, J.A., «Escala de producción y eficiencia: el caso de las pequeñas y medianas empresas textiles hidalguenses,» Universidad Científico Latinoamericana de Hidalgo. 2008.
- 4) Bateman, T., S., «Administración: una ventaja competitiva, » Editorial McGraw Hill. 2001.
- 5) Polimeni, R. S., Fabozzi, F. J., «Contabilidad de costos: Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales,» Tercera Edición, McGraw Hill. 2005.
- 6) Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e informática (INEGI), «Censos Económicos,» 2010.

# ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

*Environmental literacy in students of Engineering of the university of sonora*

EPISTEMUS  
ISSN: 2007-8196 (electrónico)  
ISSN: 2007-4530 (impresa)

I.I.S. Marco Alberto a La Torre Islas <sup>1</sup>  
DRA. Andrea Zavala Reyna <sup>2</sup>  
DRA. Juana Alvarado Ibarra <sup>3</sup>

Recibido: 18 de Abril de 2017,  
Aceptado: 14 de noviembre de 2017

Autor de Correspondencia:  
I.I.S. Marco Alberto a La Torre Islas  
Correo: beto180588@hotmail.com

## Resumen

La presente investigación muestra el nivel de alfabetización ambiental de los alumnos de la División de Ingeniería de la Universidad de Sonora en cuanto a las variables: actitud ambiental, conducta ambiental y conocimiento ambiental, derivados de la aplicación de un instrumento de investigación diseñado por el Centro de Educación Ambiental en Wisconsin (WCEE), E.U.A. de ingeniería es bajo (58.79%); mientras que el análisis por componentes ambientales, indica que el nivel de actitud ambiental fue de 71.76%; en cambio en conducta ambiental y conocimiento ambiental se obtuvieron valores promedio de 47.69% y 56.92% respectivamente. Asimismo, se muestra el análisis de los resultados por género.

## Abstract

*This research shows the level of environmental literacy of students in the Engineering Division of the University of Sonora in terms of environmental attitudes, environmental behavior and environmental knowledge, results obtained through the application of a data collection instrument designed by the Wisconsin Center for Environmental Education (WCEE), E.U.A. Results demonstrate that the level of environmental literacy in students is low (58.79%); in so far as environmental analysis components, the level of environmental attitude was 71.76%; as to the results of environmental behavior and environmental knowledge was obtained a mean value of 47.69% and 56.92% respectively. Also, it is shown the results obtained by gender.*

Posgrado en Sustentabilidad / Universidad de Sonora / Correo: beto180588@hotmail.com  
Posgrado de Sustentabilidad / Universidad de Sonora / Correo: azavala@industrial.uson.mx  
Posgrado de Sustentabilidad / Universidad de Sonora / Correo: jalvarado@polimeros.uson.mx



## INTRODUCCIÓN

Actualmente la humanidad se encuentra bajo el llamado “dilema ambiental”, el cual, según Owen (1), es resultado de cuatro factores principales: el rápido incremento de la población, la contaminación, el excesivo consumo de recursos y el gradual deterioro de una ética de la Tierra. Este dilema puede ser perfectamente manejable con la ayuda de la postura del desarrollo sustentable si se hacen compatibles las necesidades humanas con las de los ecosistemas (2) y tomando como primicia examinar con especial atención el modo en que la educación puede contribuir para alcanzar el desarrollo sustentable y mejorar las perspectivas de equidad y paz en el mundo (3). En este respecto, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), sostiene que la educación es esencial para alcanzar el desarrollo sustentable, debido a que ésta es crucial para que los líderes y ciudadanos del mañana desarrollen la habilidad de encontrar soluciones y crear nuevos senderos hacia un futuro mejor, razón por la cual en el año 2002 la Asamblea General de las Naciones Unidas creó el llamado Decenio de las Naciones Unidas sobre la Educación para el Desarrollo Sustentable (4), el cual reconoce la urgente necesidad de integrar los temas y los principios del desarrollo sustentable en la educación y el aprendizaje (5).

Para Bravo (6), la educación superior no está exenta de esta necesidad, por lo que debe contribuir reorientando el estilo de desarrollo hacia grados crecientes de sustentabilidad a través de su trabajo educativo. Como un resultado a esta demanda, gran cantidad de instituciones



han incorporado la educación ambiental a su currículo, con la idea que el desarrollo de conocimientos y actitudes pro-ambientales permitirán formar ciudadanos preocupados por el impacto que tiene su comportamiento en el ambiente; no obstante, varios estudios han mostrado que no existe una relación directa entre el conocimiento, las actitudes y el comportamiento pro-ambiental o sustentable (7). En este contexto, Isaac-Márquez y colaboradores argumentan que para elevar el nivel de cultura ambiental de los jóvenes es necesario, en primera instancia, el reconocimiento de la educación ambiental como una prioridad por parte de todos los actores del sector educativo (8) y otorgarle más recursos, más infraestructura y que sea materia obligatoria en todos los niveles del sistema educativo formal, como eje transversal del conocimiento y en la forma de cursos curriculares específicos. Adicionalmente, la educación ambiental requiere de situaciones pedagógicas que vayan más allá de la simple transmisión - información, que comprendan las condiciones de sujeto pensante, afectivo, moral y estético, mediante las cuales se logre el desarrollo de un ser integral en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales (9), para esto se requiere que los alumnos cuenten con un grado de alfabetización ambiental; es decir, que cuenten con un conjunto de mecanismos cognitivos y afectivos en pro del cuidado del ambiente, entre los cuales destacan el definir, situar y reconocer los problemas y sus consecuencias, admitir que nos afectan, valorar nuestro papel como importante, desarrollar el deseo, sentir la necesidad de tomar parte de la solución y elegir las mejores estrategias con los recursos más idóneos (9). Además de actitud ambiental, la cual según Zimmerman se refiere al proceso

psico-socio-ambiental de evaluación del individuo frente al ambiente externo, con fines adaptativos y para la toma de decisiones en sus locomociones diarias (10); no obstante, no basta contar con actitud ambiental, sino que además es importante demostrar una conducta ambiental que se refiere a la acción que realiza una persona, ya sea de forma individual o en un escenario colectivo, a favor de la conservación de los recursos naturales y dirigida a obtener una mejor calidad del medio ambiente (11). Por último y de acuerdo a Febles, es necesario contar con conocimiento ambiental referido a la obtención, análisis y sistematización por parte del individuo de la información proveniente de su entorno, social por naturaleza. Éste constituye un paso importante para su comprensión a través de acciones concretas, que a su vez influyen en el desarrollo de estos conocimientos (12). Ante estos requerimientos de formación ambiental en los alumnos, es importante conocer el nivel de alfabetización ambiental de los estudiantes de la Universidad de Sonora, así como su nivel de conducta, actitud y conocimiento ambiental; a fin de conocer el impacto que ha tenido en ellos las acciones llevadas a cabo por la institución en los últimos años, sobre todo en la División de Ingeniería, donde desde el 2004 se imparte la materia sustentabilidad en las ingenierías a todos los alumnos.



## Metodología

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo, ya que se generó información numérica mediante la medición de los niveles de actitudes, conductas

y conocimientos hacia el medio ambiente, así como el nivel de alfabetización ambiental correspondiente en los estudiantes del sexto y octavo semestre de la División de Ingeniería del campus centro de la Universidad de Sonora.

Para la selección y tamaño de muestra se eligieron los alumnos inscritos en el semestre 2013-1 en los programas Ingeniería Civil, Ingeniería en Sistemas de Información, Ingeniería Industrial y de Sistemas, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Minas e Ingeniería Química.

Con base en los datos proporcionados por la Dirección de Servicios Escolares de la Universidad de Sonora, en el ciclo 2013-1 se encontraban inscritos 1270 estudiantes en la División de Ingeniería. Para la obtención del tamaño de muestra del estudio se utilizaron las ecuaciones 1 y 2 de muestreo aleatorio simple con población finita, con un nivel de confianza del 95%.

### Ecuación 1:

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq} = \frac{1270 (0.5) (0.5)}{(1270 - 1) (0.000625) + (0.5) (0.5)} = 305 \text{ Encuestas}$$

### Ecuación 2:

$$D = \frac{B^2}{4} = (0.05)^2 / 4 = 0.000625$$

Donde:

Con 95% de confianza  $p = 0.5$  (proporción)

$q = 0.5$

$B =$  (B es el error de 5%)

$B^2 = 0.05^2$

$N = 1270$  (Total de alumnos activos en el semestre 2013-1)

Posteriormente se aplicó muestreo estratificado por asignación proporcional, para tener una mayor confianza en que se incluyeran todas las ingenierías de interés en el estudio.

La ecuación 3 fue utilizada para el muestreo estratificado por asignación proporcional y los resultados se muestran en la tabla 1.

### Ecuación 3:

$$n_i = n (N_i / N)$$

Donde:

$n =$  Total de estudiantes de ingeniería "x" activos en el ciclo 2013-1.

$n_i =$  Número de estudiantes de ingeniería "x" a aplicarse el instrumento.

$N =$  Total de estudiantes de la división de ingeniería activos en el ciclo 2013-1.

$N_i =$  Tamaño de muestra aleatorio simple obtenido de  $N$ .

Tabla 1. Tamaños de muestra para el estudio de alfabetización ambiental.

Programa Académico	Estudiantes que ingresaron en 2009-2 y 2010-2 activos al 2013-1	Tamaño de muestra
Ing. Civil	364	88
Ing. en Sistemas de Información	103	25
In. Industrial y de Sistemas	346	83
Ing. Mecatrónica	177	43
Ing. Minero	149	36
Ing. Química	127	30
<b>Total de estudiantes</b>	<b>1,270</b>	<b>305</b>

En la primera parte de la Encuesta de Nivel de Alfabetización Ambiental diseñada por el Centro de Educación Ambiental en Wisconsin (WCEE) de Estados Unidos Americanos (EUA), se encuentra un apartado que permite recolectar datos generales del encuestado (nivel académico, edad y género) y posteriormente se divide en tres secciones (A, B y C) referentes a actitudes ambientales, comportamientos ambientales y conocimientos ecológicos básicos.

Para responder las oraciones de la sección A de actitud ambiental, se emplea la escala de Likert: 1) Fuertemente de acuerdo, 2) De acuerdo, 3) Sin opinión, 4) Desacuerdo y 5) Fuertemente en desacuerdo.

La sección B de comportamiento ambiental, también se utilizó la escala de Likert con las siguientes opciones: 1) Siempre, 2) Casi siempre, 3) Algunas veces, 4) Casi nunca y 5) Nunca.

La sección C, de conocimientos, fue de opción múltiple con 4 posibles respuestas de las cuales solo una es la correcta.

Cada sección del cuestionario fue analizada por separado para obtener un índice de actitudes, conductas y conocimientos. Para tal efecto, se codificaron los valores de la escala de Likert, asignando un valor de 0 a la opción menos deseable y una puntuación de 4 a la más deseable desde el punto de vista ambiental. En el caso de la sección de conocimientos, se asignó un valor de 4 a la respuesta correcta y un valor de cero a las incorrectas. De esta manera el valor mínimo posible de cada sección es de cero y el máximo de 60.

Las puntuaciones obtenidas en cada sección fueron sumadas para obtener el nivel de alfabetización ambiental. Dichas puntuaciones fueron evaluadas utilizando una escala de calificación base 100, misma que se describe a continuación: de 90 a 100 es excelente, 80 a 89, es muy aceptable, de 70 a 79 es aceptable, de 60 a 69 es inaceptable y menos de 60 corresponde a un nivel bajo.

Para manipulación y análisis de datos se utilizó una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel y el paquete estadístico SPSS versión 17.0.

## RESULTADOS

### Nivel de actitud ambiental

En la figura 1 se muestra el comportamiento estadístico de los resultados de los estudiantes encuestados en cuanto a la actitud ambiental. La media obtenida en el alumnado de ingeniería fue de 43.06 (71.76 %), y la desviación estándar resultó de 9.22, lo cual nos indica que los alumnos de Ingeniería de la UNISON tienen un nivel de actitud ambiental aceptable.



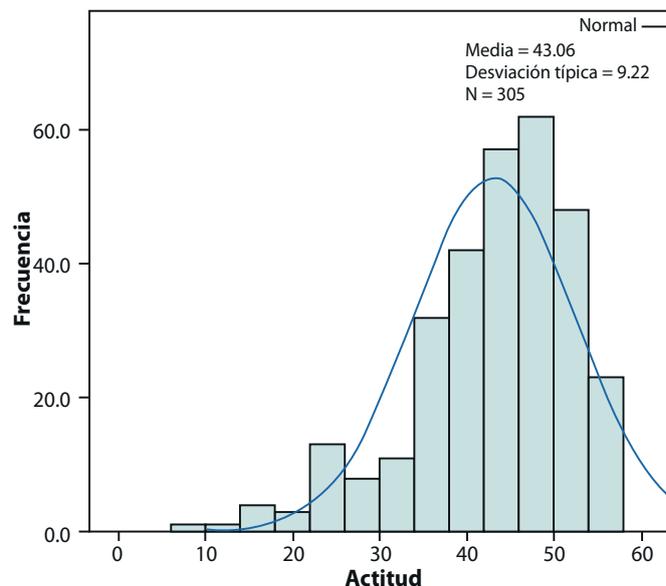
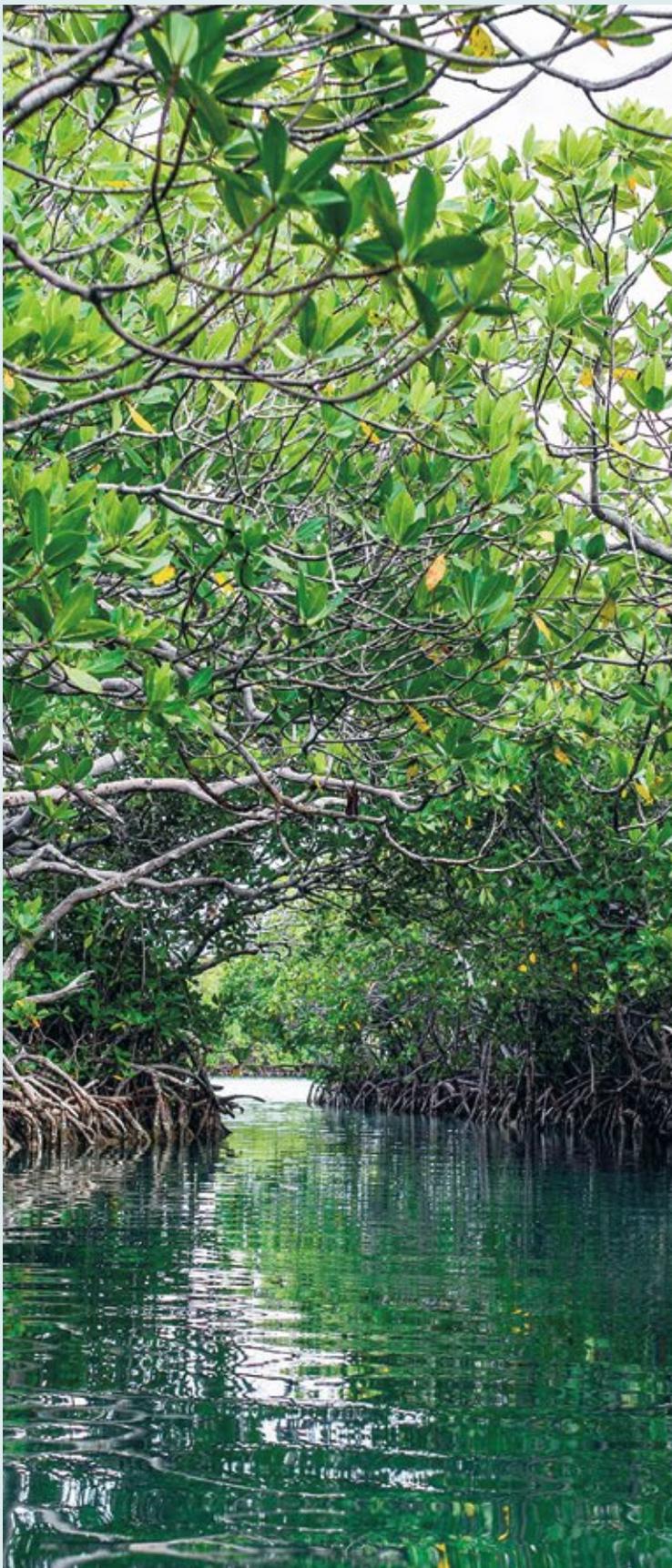


Figura 1. Nivel de actitud ambiental en estudiantes de ingeniería de la UNISON.

### Nivel de conducta ambiental

En la figura 2 se presentan los resultados correspondientes a la determinación del nivel de conducta ambiental. La media obtenida en el estudio fue de 28.62 (47.69%), con una desviación estándar resultante de 12.33, lo cual indica un nivel de conducta ambiental bajo.

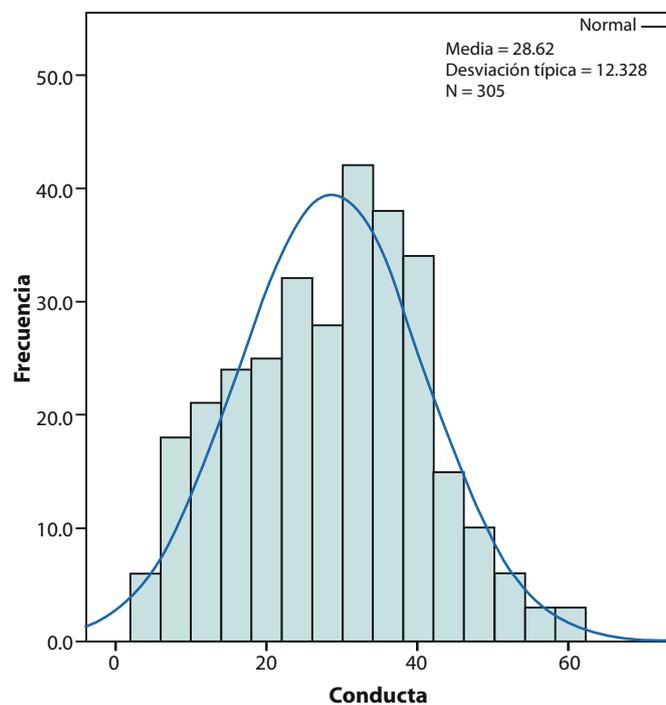


Figura 2. Nivel de conducta ambiental en estudiantes de ingeniería de la UNISON.



### Nivel de conocimiento ambiental

La figura 3 muestra los resultados referentes al nivel de conocimiento ambiental. La media resultante en el estudio fue de 34.15 (56.92%), con una desviación estándar de 10.04, lo cual indica un nivel de conocimiento ambiental bajo.

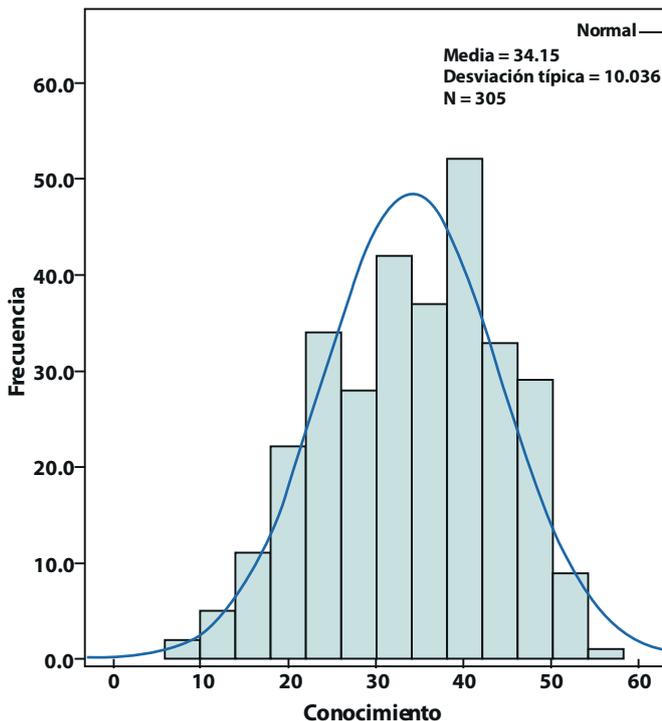


Figura 3. Nivel de conocimiento ambiental en estudiantes de ingeniería de la UNISON.

### Nivel de alfabetización ambiental (integración de actitudes, conductas y conocimientos ambientales)

De manera conjunta, el nivel de Alfabetización Ambiental alcanzado por los estudiantes encuestados fue

de 105.82 (58.79%), con una desviación estándar de 20.94. Lo anterior se presenta en la figura 4, lo cual indica que la Alfabetización Ambiental del alumnado se encuentra en el nivel bajo.

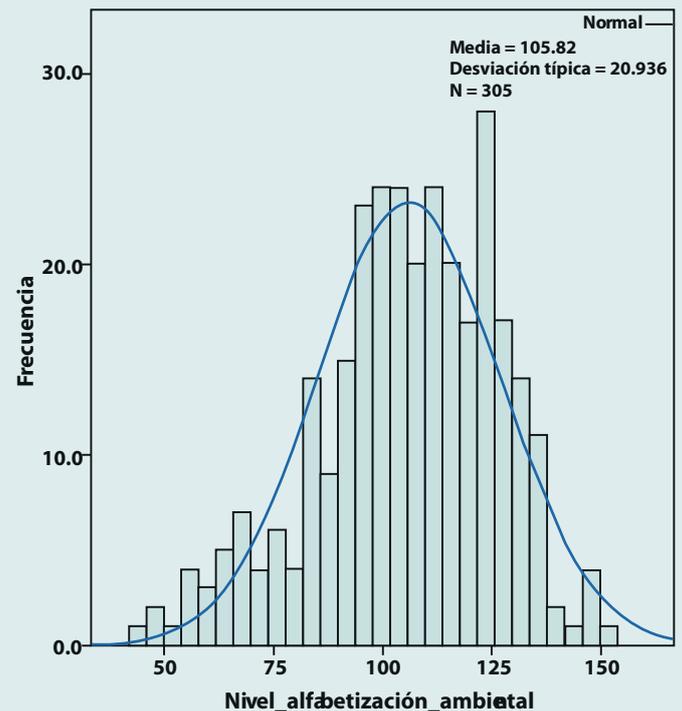


Figura 4. Nivel de alfabetización ambiental en estudiantes de ingeniería de la UNISON.





### Correlación entre los componentes ambientales

Con respecto a la correlación de Pearson, se encontró que la relación entre el Conocimiento-Actitud fue de  $r=0.069$ ; lo cual indica una relación positiva débil.

En cuanto a la Actitud-Conducta, fue  $r=0.343$ ; ésta revela una relación significativa entre las dos variables. Finalmente, el nivel de correlación entre Conocimiento-Conducta, fue  $r=0.040$ ; esto revela una relación positiva débil, estos resultados pueden apreciarse en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de correlación entre los componentes ambientales.

		Actitud	Conducta	Conocimiento
Actitud	Correlación de Pearson	1	0.343**	0.69
	Sig. (bilateral)		0	0.232
	N	305	305	305
Conducta	Correlación de Pearson	0.343**	1	0.04
	Sig. (bilateral)	0		0.488
	N	305	305	305
Conocimiento	Correlación de Pearson	0.069	0.04	1
	Sig. (bilateral)	0.232	0.488	0
	N	305	305	305

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

### Análisis de la variable género

A efectos de conocer los niveles de alfabetización

ambiental y sus componentes de actitud, conducta y conocimiento ambiental por género, la tabla 3 muestra los resultados por estos conceptos, donde el género femenino presentó un nivel de alfabetización ambiental de un 105.94 (58.86%) y el género masculino obtuvo 105.76 (58.76%), lo cual significa que ambos géneros presentan un nivel de alfabetización bajo. Asimismo, se realizó un análisis de los componentes de forma separada, encontrándose que en la variable Actitud, el género femenino obtuvo una puntuación media de 45.52 (75.87%), lo cual significa un nivel de alfabetización aceptable; no así el género masculino, que obtuvo una puntuación media de 41.76 (69.60%), que significa un nivel de alfabetización inaceptable.

En cuanto a la variable de conducta, ambos géneros obtuvieron un nivel bajo, al obtener el género femenino una media de 27.05 (45.08%) y el género masculino, 29.44 (49.07%).

En lo que respecta a la sección de Conocimiento, el género femenino también obtuvo un nivel bajo con una media de 33.37 (55.62%), al igual que el género masculino, que obtuvo una puntuación media de 34.56 (57.60%).

Tabla 3. Resultados de los componentes ambientales por género.

Género	Actitud	Conducta	Conocimiento	Nivel de alfabetización
Femenino	75.87 %	45.08 %	55.62 %	58.86 %
	Aceptable	Bajo	Bajo	Bajo
Masculino	69.60 %	49.07 %	57.60 %	58.76 %
	Inaceptable	Bajo	Bajo	Bajo

## DISCUSIÓN

El instrumento de alfabetización ambiental empleado en la presente investigación ha sido utilizado anteriormente por diversos investigadores, tal es el caso de Courtney (13) con los estudiantes de la Universidad de Florida, así como Montañó y colaboradores (2012) en los estudiantes de ingeniería en ciencias ambientales del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) (14). La tabla 4, muestra una comparativa de los resultados obtenidos entre esas instituciones y la Universidad de Sonora, donde destaca el hecho de que los alumnos de ingeniería no obtuvieron un nivel inaceptable en ninguna de las variables analizadas, a pesar de no tratarse de programas netamente ambientales, como en el caso del ITSON.

Tabla 4. Comparación de estudios respecto a las variables Actitud, Conducta, Conocimiento y Alfabetización ambiental.

	Nivel de Actitud	Nivel de Conducta	Nivel de Conocimiento	Nivel de alfabetización ambiental
Estudiantes de Universidad de Florida	70.5 %	39.0 %	65.5 %	58.3 %
	Aceptable	Nivel Bajo	Nivel Aceptable	Nivel Bajo
Estudiantes ICA de ITSON	77.83 %	68.51 %	63.81 %	70.08 %
	Aceptable	Nivel Inaceptable	Nivel Inaceptable	Nivel Aceptable
Estudiantes Ingeniería UNISON	71.76 %	47.69 %	56.92 %	58.79 %
	Aceptable	Nivel Bajo	Nivel Bajo	Nivel Bajo

Por último, en la tabla 5 se presenta una comparación

de los 3 estudios mencionados con respecto al género de los alumnos encuestados. Los resultados de Courtney (13) en la Universidad de Florida son muy similares a los del alumnado de ingeniería de la Universidad de Sonora; mientras que los estudiantes, tanto hombres como mujeres de ingeniería en ciencias ambientales de ITSON (14) resultaron con un nivel de alfabetización ambiental superior.

Tabla 5. Comparación de los estudios respecto a la variable género.

	Mujeres	Nivel de alfabetización	Hombres	Nivel de alfabetización
Estudiantes de Universidad de Florida	58.60 %	Bajo	58.12 %	Bajo
Estudiantes ICA de ITSON	70.83 %	Aceptable	69.41 %	Inaceptable
Estudiantes Ingeniería UNISON	58.86 %	Bajo	58.76 %	Bajo

## CONCLUSIONES

La aplicación del instrumento de investigación diseñado por el Centro de Educación Ambiental en Wisconsin (WCEE), EUA, ha servido para conocer el nivel de alfabetización ambiental en los estudiantes de sexto y octavo semestre de los programas de ingeniería de la Universidad de Sonora es bajo (58.79%). El análisis por componentes nos permitió conocer que los alumnos



cuentan con un nivel de actitud aceptable (71.76%), pero obtuvieron niveles bajo para las variables de conducta y conocimientos ambientales, como fueron 47.69% y 56.92% respectivamente.



Por lo anterior, se concluye que la asignatura de "Sustentabilidad en las ingenierías" y otras relacionadas han contribuido de manera positiva en la actitud de los estudiantes de ingeniería hacia el cuidado del medio ambiente, sobre todo porque, a diferencia del estudio realizado en el ITSON, los alumnos no son especialistas en el área ambiental. Sin embargo, a pesar de que las asignaturas relacionadas han contribuido a la formación de los estudiantes en esta área, la impartición de asignaturas no es suficiente y se requiere de una formación holística en los estudiantes en dónde se debe ofrecer una formación académica de calidad que incluya tópicos ambientales, también se les deben inculcar valores a través de su participación en proyectos dentro y fuera del campus, que les muestren la realidad que vivimos en términos de la situación ambiental, a fin de que sean personas y profesionistas respetuosos de su entorno que coadyuven a la sociedad en sus transición a estilos de vida más sustentables.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Owen, O. (2000). Recursos naturales. (e-book) Nueva York: The Macmillan Company. Disponible en: Google Books [http://books.google.es/books?id=0Z\\_KmG0yOvEC&pg=PA1&dq=dilema+ambiental&hl=es&sa=X&ei=tXvoUZX\\_BJPQ8wTdu4FI&ved=0CDsQ6AEwAg](http://books.google.es/books?id=0Z_KmG0yOvEC&pg=PA1&dq=dilema+ambiental&hl=es&sa=X&ei=tXvoUZX_BJPQ8wTdu4FI&ved=0CDsQ6AEwAg) (Accesado 23 de Junio del 2013)
- 2) Corral, V. (2010). Psicología de la sustentabilidad. Hermosillo: Universidad de Sonora. Editorial Trillas, ISBN
- 3) Macedo, B., y Salgado, C. (2007). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible en América Latina, Forum de sostenibilidad (online) Disponible en: [http://www.ehu.es/cdsea/web/revista/numero\\_1/01\\_03macedo.pdf](http://www.ehu.es/cdsea/web/revista/numero_1/01_03macedo.pdf) (Accesado 3 de Julio del 2013)

- 4) UNGS (2005). United Nations Decade of Education for Sustainable Development. UN, A/RES/59/237
- 5) UNESCO (2005). International implementation scheme for the UN decade of education for sustainable development (2005-2014). UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, 30, 1-1.
- 6) Bravo, M.M.T. (2012). La UNAM y sus procesos de ambientalización curricular. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17, 1119-1146.
- 7) Escobar, M.S. (2012). Comportamiento sustentable y educación ambiental: una visión desde las prácticas culturales. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 44, 181-196.
- 8) Vega, M. P. y Álvarez, S.P. (2005). Planteamiento de un marco teórico de la educación ambiental para un desarrollo sostenible. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 4 (1).
- 9) Isaac-Márquez, R., Salavarría, O., Eastmond, A., Ayala, M., Arteaga, M., Isaac-Márquez, A., Sandoval, V., Manzanero, A. (2011). Cultura ambiental en estudiantes de bachillerato. Estudio de caso de la educación ambiental en el nivel medio superior de Campeche. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(2), 83-98.
- 10) Serna, R.A. (2007). El derecho a un ambiente sano y la pedagogía ambiental. *Revista El Ágora USB*, 7, 345-359.
- 11) Zimmermann, M. (2005). *Ecopedagogía: el planeta en emergencia*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- 12) Puertas, V. S. y Aguilar L. M. C. (2008). Psicología ambiental. Departamento de Psicología. Universidad de Jaén. Recuperado de <http://www4.ujaen.es/~spuertas/Private/Tema%209.pdf>
- 13) Febles, M. (2001). Bases para una Psicología Ambiental en Cuba. Facultad de Psicología. Universidad de La Habana.
- 14) Courtney, N. (2002). *An analysis of the correlations between the Attitude, Behavior, and knowledge, components of Environmental Literacy in undergraduate university students*. Recuperado de <http://ufdc.ufl.edu/UF00100691/00001>
- 15) Montaña S., Cervantes B., Gutiérrez C., Zarate O. (2012). Alfabetización Ambiental en estudiantes de ingeniería en ciencias ambientales del Instituto Tecnológico de Sonora, *Revista Desarrollo Local Sostenible*. Obtenido en Noviembre 5, 2013, de <http://www.eumed.net/rev/delos/14/sbco.pdf>





# Universidad de Sonora UNIDAD REGIONAL CENTRO

## DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

<http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm>



### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN BIOCENCIAS\*

Objetivo del Programa: Formar Maestros en Ciencias con una visión amplia de su área de especialidad y con capacidad de identificar problemas y procesos básicos y aplicados en las diferentes disciplinas de las ciencias biológicas, así como de realizar labores de docencia y difusión científica propias del ejercicio profesional.

### PROGRAMA DE DOCTORADO EN BIOCENCIAS\*

Objetivo del Programa: Formar investigadores de la más alta calidad académica, capaces de realizar investigación original e independiente, básica y/o aplicada en su área de su especialización, la cual contribuya significativamente a la generación, innovación y adaptación de conocimientos científicos y/o tecnológicos.

### PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS\*



Objetivo del Programa: Ofrecer un marco de formación académica especializada a egresados de Ciencias Biológicas, Químicos-Biólogos, Ingeniería Química, Agrónomo y carreras afines, formando re-

recursos humanos de excelente nivel, con una preparación sólida en diversas áreas de la ciencia, que sean capaces de realizar investigación original e independiente que represente avances significativos en el campo de las Ciencias y Tecnología de los Alimentos, con mayor énfasis en las áreas de granos y productos acuícolas. Asimismo, brindarles un panorama profundizado e integral para que sean capaces de identificar problemas relevantes en sus áreas de trabajo y generar conocimiento aplicable.

### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD\*



Objetivos del Programa: Formar recursos humanos con capacidad para realizar investigaciones de alto nivel en el campo de la salud y para transmitir sus conocimientos mediante

actividades docentes y de difusión de resultados, con el interés de que su formación tenga un impacto decisivo en el perfil epidemiológico poblacional.

## PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD\*



Objetivos del Programa: Formar personal altamente calificado en las áreas de química, biología y ciencias de la salud, con una visión interdisciplinaria, que contribuya a solventar la problemática de salud.

## PROGRAMA DE ESPECIALIDAD DE ENFERMERÍA EN CUIDADOS INTENSIVOS\*



Objetivos del Programa: Formar Especialistas de Enfermería en el Cuidado Crítico, competitivos en el ámbito laboral para la asistencia de pacientes en estado de salud crítico mediante la profundización especializada tanto de conocimientos, habilidades y destrezas clínicas en el campo, como competencias actitudinales, desarrollando las competencias profesionales que se requieren para la atención del paciente que le permitan alcanzar y mantener la máxima capacidad y/o bienestar para preservar la vida, prevenir y limitar discapacidades, utilizando para ello la metodología del Proceso de Enfermería.

## PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN UROLOGÍA



Objetivos del Programa: Formar médicos especialistas competentes en la especialidad de Urología, considerando en ésta los diversos campos disciplinarios del saber médico y campos de interrelación, para formar profesionistas capaces de desarrollar una práctica profesional de las más alta calidad científica, sin perder el sentido humanista y vocación de servicio social y que además desarrollen y asocien a su trabajo de expertos, las actividades de educación e investigación.

## PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN OTORRINOLARINGOLOGÍA Y CIRUGÍA DE CABEZA Y CUELLO



Objetivos del Programa: Formar médicos especialistas competentes en la especialidad de ORL y CCC, considerando en ésta los diversos campos disciplinarios del saber médico y campos de interrelación, para formar profesionistas capaces de desarrollar una práctica profesional de las más alta calidad científica, sin perder el sentido humanista y vocación de servicio social y que además desarrollen y asocien a su trabajo de expertos, las actividades de educación e investigación.

## PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN PSIQUIATRÍA



Objetivos del Programa: Formar médicos especialistas competentes en la especialidad de Psiquiatría, considerando en ésta los diversos campos disciplinarios del saber médico y campos de interrelación, para formar profesionistas capaces de desarrollar una práctica profesional de las más alta calidad científica, sin perder el sentido humanista y vocación de servicio social y que además desarrollen y asocien a su trabajo de expertos, las actividades de educación e investigación.

## PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN MEDICINA FAMILIAR



Objetivos del Programa: Formar médicos competentes en la especialidad de Medicina Familiar, considerando en ésta los diversos campos disciplinarios del saber médico y campos de interrelación, para formar profesionistas capaces de desarrollar una práctica profesional de las más alta calidad científica, sin perder el sentido humanista y vocación de servicio social y que además desarrollen y asocien a su trabajo de expertos, las actividades de educación e investigación.

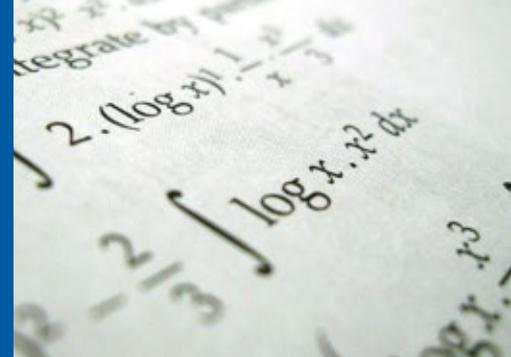
### DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 10K Hermosillo,  
Sonora, México, C.P. 83000  
Tel. (662) 259-21-62 y 259-22-59





# Universidad de Sonora UNIDAD REGIONAL CENTRO



## DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

<http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm>



### PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)\*

Objetivo del Programa: Preparar personal para ejercer labores docentes a nivel Licenciatura, Maestría y de Especialidad con una alta capacidad innovadora y de trabajo que le permitan ejercer actividades de investigación, familiarizándolo con su metodología, que participe en solución de problemas relacionados con la planta productiva de la región y del país y capacitar personal para realizar estudios de Doctorado en cualquier rama de la Física.

### PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS (FÍSICA)\*

Objetivo del Programa: Formar recursos humanos de alto nivel académico que propicien el desarrollo y creación del conocimiento científico y tecnológico que contribuya al desarrollo de la región, altamente capacitado para ejercer labores docentes de licenciatura y posgrado y con una alta preparación académica y capacidad innovadora, capaces de generar y transmitir el conocimiento científico; aptos para crear y desarrollar proyectos y programas de investigación. Asimismo, desarrollar programas multidisciplinarios de investigación científica y tecnológica.



### PROGRAMA DE MAestrÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS (MATEMÁTICAS)\*

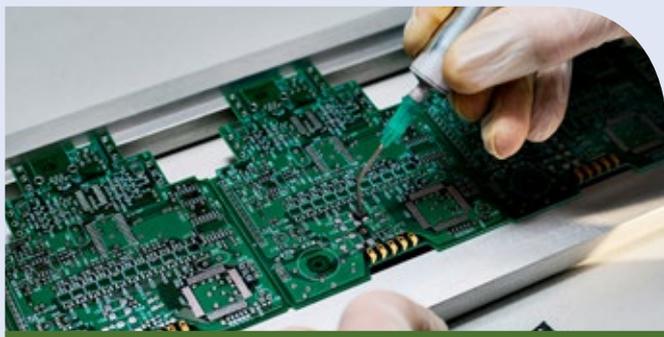
Objetivo del Programa: Formar personal con alto nivel académico y conocimientos amplios y suficientes en los contenidos, teorías y métodos de las principales ramas de la matemática, con habilidades para el estudio autónomo y comprensión de los resultados y avances de la investigación matemática moderna, capaces de realizar labores de asesoría y apoyo matemático en proyectos de investigación y desarrollo en las distintas disciplinas de carácter científico y tecnológico, capacitado para realizar investigación original e independiente en el campo de las matemáticas y sus aplicaciones. Asimismo, preparar recursos humanos aptos para realizar labores de docencia en los niveles universitario y de posgrado, contribuir en el mejoramiento de los niveles de educación matemática en el noroeste de México e impulsar y fortalecer la investigación en matemáticas en el noroeste de México.

### PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA EDUCATIVA\*

Objetivos del Programa: Formar personal altamente capacitado para elaborar, conducir y evaluar proyectos profesionales en Matemática Educativa, que pueda identificar la problemática del campo generada por la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas: en el mundo, en nuestro país, en nuestra Universidad y en las institucio-

\*Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

nes de la región en las que tiene influencia, diseñar propuestas de intervención didáctica, con base en un marco teórico determinado, aplicar propuestas de intervención didáctica, tomando en cuenta los elementos teóricos y metodológicos de la Matemática Educativa, analizar los resultados de una intervención didáctica, desde una perspectiva teórica evaluar la pertinencia de un proyecto de intervención didáctica, así como comunicar por escrito los resultados de sus trabajos.



### **PROGRAMA DE MAestrÍA EN ELECTRÓNICA\***

Objetivos del Programa: Formar recursos humanos especializados en las diferentes áreas de la electrónica, capaces de utilizar sus conocimientos y habilidades para la solución de problemas científicos y tecnológicos del país, a través del planteamiento, diseño y desarrollo de proyectos de investigación en el campo de la Electrónica.

### **PROGRAMA DE MAestrÍA\* Y DOCTORADO EN ELECTRÓNICA**

Objetivos del Programa: Formar recursos humanos especializados en las diferentes áreas de la electrónica, capaces de utilizar sus conocimientos y habilidades para la solución de problemas científicos y tecnológicos del país, a través del planteamiento, diseño y desarrollo de proyectos de investigación en el campo de la Electrónica.



### **PROGRAMA DE MAestrÍA EN NANOTECNOLOGÍA\***

Objetivos del Programa: Formar personal de alto nivel académico caracterizado por desarrollar una formación de excelencia multidisciplinaria en el vasto campo de la Nan-

otecnología y de la Ciencia e Ingeniería de Materiales, que comprenda los estudios básicos de la materia, su estructura íntima, su configuración atómica, propiedades físicas, químicas, biológicas, mecánicas, magnéticas o electrónicas; generar en los estudiantes un profundo nivel de competencia en el dominio de las diversas metodologías analíticas, experimentales y computacionales, para el procesamiento, síntesis y caracterización de los materiales nanoestructurados; desarrollar y enriquecer una formación de competencias docentes a nivel de educación superior y de posgrado; vincular la formación de sus egresados a las necesidades de desarrollo del sector productivo; y desarrollar investigadores de excelencia y ética, con un alto nivel de originalidad, independencia y metodología científica.



### **PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIAS GEOLOGÍA\***

Objetivos del Programa: El objetivo general del programa es el de formar maestros en ciencias de alto nivel de calidad y excelencia, capaces de participar en el análisis y solución de problemas geológicos tradicionales y de frontera, utilizando el método científico, y respondiendo con oportunidad a las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país. Ofreciendo un espacio de formación de alto nivel académico en torno a la problemática derivada de tres grandes áreas de aplicación de las ciencias de la tierra como son: los yacimientos minerales, la geología regional y la hidrogeología y geología ambiental. Contribuyendo con ello al fortalecimiento de la capacidad profesional y/o investigativa de los profesionales que desempeñan en éstas área de conocimiento.

## **DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 3K-1

Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000

Tel. (662) 259-21-53 y 259-21-54



# Universidad de Sonora UNIDAD REGIONAL CENTRO

## DIVISIÓN DE INGENIERÍA

<http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm>



### PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIA DE MATERIALES\*

Objetivo del Programa: Formar docentes, investigadores y cuadros profesionales con un alto nivel académico en el área de la Ciencia de Materiales.

### PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIA DE MATERIALES\*

Objetivo del Programa: Formar personal de alto nivel académico y con autonomía para llevar a cabo en forma eficiente las actividades de generación, aplicación y difusión de conocimiento de frontera en el área de Ciencia de Materiales.



### PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN DESARROLLO SUSTENTABLE\*

Objetivo del Programa: Formar profesionales con una perspectiva integral de las áreas técnica, administrativa, económica, social, ambiental y ética de acuerdo a los modelos modernos del desarrollo sostenible.

### PROGRAMA DE MAestrÍA EN SUSTENTABILIDAD\*

Objetivo del Programa: Coadyuvar con la sociedad en la transición hacia estilos de vida más sustentables, mediante la formación de profesionistas con una perspectiva holística y ética; con los conocimientos y habilidades para planear, implantar y evaluar intervenciones que conlleven a prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos e impactos ambientales y ocupacionales en el área de su profesión y/o desarrollo en beneficio de su comunidad.



### PROGRAMA DE MAestrÍA EN INGENIERÍA: INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA\*

Objetivo del Programa: Formar recurso humano orientado a entender, analizar y resolver problemas complejos dentro de organizaciones dedicadas a la producción de bienes o servicios.



### PROGRAMA DE MAestrÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Objetivo del Programa: El objetivo general del programa es formar personal del más alto nivel académico y profesional en el campo de la Construcción y la Valuación, capaz de realizar investigación para generar nuevos conocimientos o desarrollos que contribuyan a la solución de problemas de interés regional y nacional.



### PROGRAMA DE MAestrÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA: INGENIERÍA QUÍMICA\*

Objetivo del Programa: Formar académicos y profesionales del más alto nivel en ingeniería y sus campos afines, útiles a la sociedad. Promover la práctica profesional de calidad en ingeniería y campos afines. Contribuir a la solución de problemas nacionales. Realizar investigación para generar nuevos conocimientos, métodos y criterios en ingeniería y sus campos afines. Desarrollar tecnología.

## DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 5M  
Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000  
Tel. (662) 259-21-57

\*Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

La Universidad de Sonora, a través de las Divisiones de Ingeniería, de Ciencias Exactas y Naturales, así como de Ciencias Biológicas y de la Salud emite la presente invitación para participar en la

## Convocatoria para recepción de manuscritos

### No. 23

La revista *Epistemus* (ISSN: 2007-8196) publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, dirigida a investigadores, profesores, estudiantes y profesionales en diversas áreas.

**Áreas de Conocimiento** (no limitadas a los siguientes campos):

- ▶ Ingenierías: materiales, metalurgia, civil, minas, industrial, ambiental, hidráulica, sistemas de información, mecatrónica, alimentos, energía, agua, entre otras.
- ▶ Ciencias exactas y naturales: geología, física, matemáticas, electrónica y ciencias de la computación.
- ▶ Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuicultura, salud, biología, agricultura, entre otras.

**Fechas Importantes:** Recepción permanente de manuscritos

- ▶ Límite de envío de manuscritos para el No. 23: Septiembre 15 de 2017.
- ▶ Notificación a autores de dictamen: Octubre 06, 2017.
- ▶ Límite de envío de versión final del artículo: Octubre 30, 2017.
- ▶ Publicación electrónica: Diciembre 15, 2017.

**Envío de manuscritos:** [revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx)

**Mayores informes:** <http://www.epistemus.uson.mx/>

Rosales y Blvd. Luis Encinas Johnson, Hermosillo, Sonora, 83000, México