

# RADI REVISTA ARGENTINA DE INGENIERÍA

Publicación del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería • República Argentina • Año 6 • Volumen 12 • Noviembre de 2018





UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL  
RESISTENCIA



FACULTAD DE  
CIENCIAS EXACTAS,  
INGENIERIA Y AGRIMENSURA



FACULTAD REGIONAL  
GENERAL PACHECO



Instituto de Desarrollo  
Económico e Innovación



Universidad Nacional de Tierra del Fuego,  
Antártida e Islas del Atlántico Sur



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Universidad Nacional de La Pampa



UNCUYO  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE  
CIENCIAS APLICADAS  
A LA INDUSTRIA



FACULTAD  
DE INGENIERÍA



INGENIERÍA



EST  
Desde 1936



Facultad de  
Ingeniería  
Universidad Nacional de Mar del Plata



UNIVERSIDAD  
FASTA

FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UTN  
Córdoba

Universidad Nacional  
de General Sarmiento



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



1972

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DEL COMAHUE  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA

UNTREF

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE TRES DE FEBRERO



UAI

Universidad Abierta Interamericana

El futuro sos vos



UdeMM  
Universidad Privada

ISSN 2314-0925

# Revista Argentina de Ingeniería

Publicación del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina  
Año 6 - Volumen 12 - Noviembre de 2018





## COMITÉ EJECUTIVO 2017-2018

**GIORDANO LERENA, Roberto**

Presidente  
Decano UFASTA – FI  
presidente@confedi.org.ar

**GARIBAY, María Teresa**

Vicepresidente  
Decana UNR – FCEyN  
vicepresidente@confedi.org.ar

**RECABARREN, Pablo**

Secretario General  
Decano UNC – FCFN  
secretariogeneral@confedi.org.ar

**DEL GENER, Jorge Omar**

Secretario Permanente  
Decano UTN -FRA  
secretariopermanente@confedi.org.ar

**CUENCA PLETSCH, Liliana R**

Presidente Saliente  
presidentosaliente@confedi.org.ar

**LOMBERA, Guillermo**

Presidente Comisión de Ciencia, Tecnología  
y Extensión.  
Decano UNMdP – FI  
cienciaytecnologia@confedi.org.ar

**LORES, Gustavo Alberto**

Presidente Comisión de Enseñanza  
Decano UNJU – FI  
ensenanza@confedi.org.ar

**KALOCAI, Guillermo**

Presidente Comisión de Interpretación y  
Reglamento  
Decano UNS – DIEyC  
reglamento@confedi.org.ar

**GARCÍA, José Luis**

Presidente Comisión de  
Presupuesto e Infraestructura  
Decano UTN-FRGP  
presupuesto@confedi.org.ar

**PASCAL, Oscar**

Presidente Comisión de Posgrado  
Decano UNLZ – FI  
postgrado@confedi.org.ar

**SOSA, Miguel Ángel**

Presidente Comisión ad-hoc de Relaciones  
Interinstitucionales e Internacionales  
Decano UTN – FRD  
internacionales@confedi.org.ar

**MORAN, Daniel**

Presidente Comisión ad-hoc de Nuevos  
Alcances de Carreras de Ingeniería  
Decano UNSL – FICA  
nuevosalcances@confedi.org.ar

**DE VINCENZI, Marcelo**

Miembro Titular Órgano de Fiscalización  
Decano UAI – FI  
fiscalizacion@confedi.org.ar

**OLIVETO, Guillermo**

Secretario de Comunicaciones  
Decano UTN – FRBA  
comunicacion@confedi.org.ar

## **AUTORIDADES RADI 2018**

### **Director**

**Néstor Ortega**  
(Ex Decano UNS  
Miembro adherente CONFEDI)

**Secretaría Ejecutiva**  
**Mercedes Montes de Oca**

### **Editor**

**Alfredo Pintos**  
Paraná. Entre Ríos

### **CONSEJO EDITORIAL**

**María Teresa Garibay**  
Decana Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Rosario

**Liliana Cuenca Pletsch**  
Ex Decana UTN FRRe  
Miembro adherente CONFEDI

**Gabriel Gentiletti**  
Ex Decano UNER  
Miembro adherente CONFEDI

**Néstor Ortega**  
Ex Decano UNS  
Miembro adherente CONFEDI

**Jorge Pilar**  
Ex Decano UNNE  
Miembro adherente CONFEDI

**Roberto Giordano Lerena**  
Decano Facultad de Ingeniería, UFASTA

**Guillermo Lombera**  
Decano Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Mar del Plata

### **EDITORES ASOCIADOS**

Ariel A. Braidot (UNER)  
Eduardo A. Romero (UTN - FRVM)  
José A. Cano (UNR - FCEIA)  
Marcelo J. Karanik (UTN - FRR)  
Marcelo T. Piovan (UTN - FRBB)  
Roberto E. Cáceres (UNSJ - FI)  
Elena B. Durán (UCSE - FMA)  
Liz G. Nallim (UNSa - FI)  
Rosanna Costaguta (UNSE - FCEyT)  
Susana L. Vidales (UNL - DT)  
Fernando O. Martínez (UNR - FCEIA)  
Gloria E. Alzugaray (UTN - FRSF)  
Silvia del Carmen Rodrigues (UNSE - FCAyA)

# RADI - Revista Argentina de Ingeniería

Publicación del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina - ISSN 2314-0925

Año 6 - Volumen 12 - Noviembre de 2018

## COMITÉ DE EVALUADORES

Acevedo, Rubén C. - UNER - FI  
Aguirre, Roberto J. - UNLu-DT  
Albanesi, Eduardo A. - UNER - FI  
Aldalur, Beatriz - UNSur - DI  
Alzugaray, Gloria E. - UTN - FRSF  
Ardissone, Daniel E. - UNSL - FI  
Braidot, Ariel A.A. - UNER - FI  
Cáceres, Roberto E. - UNSJ - FI  
Cano, José A. - UNR-FCEIA  
Cayssials, Ricardo L. - UTN-FRBB  
Chamorro, Ester R. - UTN-FRRe  
Costaguta, Rosanna N. - UCSE - FMA  
Depettris, Carlos A. - UNNE - FI  
Di Paolo, José - UNER - FI y UTN - FRSF  
Durán, Elena B. - UCSE - FMA  
Elaskar, Sergio - UNC - FCFyN  
Escalante, Mario R. - UTN - FRCU  
Faggi, Ana - UFlo - FI  
Fernández, Sandra - UNS - DI  
Francisca, Franco M. - UNC - FCFyN  
Godoy, Luis A. - UNC - FCFyN  
Guarnieri, Fabio A. - UNER - FI  
Hueda, Mario R. - UNC - FCFyN  
Karanik, Marcelo J. - UTN - FRRe  
La Red Martínez, David L. - UNNE - UTN FRRe  
López Sardi, Estela M. - UP - FI  
Lorefice, Ricardo H. - UNSE FCEyT  
Machado, Sebastián P. - UTN - FRBB  
Marchisio, Susana T. - UNR - FCEIA  
Martínez, Fernando O. - UNR - FCEIA  
Medina, Mabel A. - UNR - FCEIA  
Möller, Oscar - UNR - FCEIA  
Nallim, Liz Graciela - UNSA - FI  
Nicola Siri, Leonardo C. - UNER - FI  
Pérez, Carlos A. - UTN - FRRe  
Pérez, Raúl César - UTN - FRM  
Pilar, Claudia A. - UNNE - FI  
Piovan, Marcelo Tulio - UTN - FRBB  
Preidikman, Sergio - UNC - FCFyN  
Puliafito, Salvador E. - UTN - FRM  
Ratazzi, Alejandro - UNS - DI  
Redolfi, Emilio R. - UNC - FCFyN  
Robles, Sandra I. - UNSur - DI  
Rodríguez, Silvia del Carmen - UNSE - FAyA  
Romero, Eduardo A. - UTN - FRVMA  
Rufiner Di Persia, Hugo L. - UNER - FI  
Sampallo, Guillermo M. - UTN - FRR  
Sánchez, Diana - DIEC - UNS  
Sapag, Luis - UTN - FRN  
Sauchelli, Victor H. - UNC - FCFyN  
Schiavon, María I. - UNR - FCEIA  
Sobrero, María T. - UNSE - FA y A  
Todorovich, Elías - FASTA  
Toncovich, Adrian - UNSur - DI  
Torres, María E. - UNER - FI  
Tymoschuk, Ana R. - UTN - FRSF  
Vera, Luis - UNNE - FACENA  
Vidales, Susana L. - UNLu - DT  
Zavala, Gustavo R. - UNNE - FI  
Zemba, Guillermo R. - UCA - BA  
Garassino, Sergio - UNaM - FI  
Ortega, Néstor F. - UNS - DI  
Cuenca Pletsch, Liliana R. - UTN - FRRe  
Gramajo, Sergio - UTN - FRRe  
Pilar, Sonia A. - UNNE - FI  
Roibón, María J. - UNNE - FI  
Cirera, Eduardo - UNNE - FI  
Ruberto, Alejandro R. - UNNE - FI  
Kowalski, Víctor - UNaM - FI

## CONFEDI

Ayacucho 132, 1ª (C1025AAD) CABA - Tel: 54 11 4952 4466

www.confedi.org.ar - radi@confedi.org.ar - Twitter: @confediok - FaceBook: confedi

## Índice de Contenidos

### Secciones Permanentes

<b>9</b>	<b>EDITORIAL</b> Comenzando a caminar la cuarta década del CONFEDI Néstor F. Ortega. Roberto Giordano Lerma.
<b>12</b>	<b>OPINIÓN</b> A 100 años de la Reforma Universitaria Guillermo Olivetto
<b>15</b>	<b>PROYECTOS</b> La importancia de la transferencia del conocimiento de los doctorados en ingeniería a los procesos productivos Marcelo De Vincenzi. Oscar Pascal. Carlos Neil. Diego Serra.
<b>17</b>	<b>TEMAS DE INGENIERÍA</b> Sensores inteligentes: características, evolución e impacto en la sociedad Gustavo Monte
<b>19</b>	<b>DESARROLLO TECNOLÓGICO Y TRANSFERENCIA</b> La investigación científica y tecnológica y la innovación como motor del desarrollo humano, social y económico para América Latina y el Caribe Roberto Giordano Lerena
<b>22</b>	<b>INGENIERÍA EN ARGENTINA.</b> El Libro Rojo: los desafíos que nos impone Sergio Pagani. Daniel Morano.
<b>28</b>	<b>INGENIERÍA IBEROAMERICANA</b> Fortaleciendo vínculos con la región Miguel Ángel Sosa. Roberto Giordano Lerena.
<b>34</b>	<b>AGENDA DE INGENIERÍA</b> AGENDA 2018 Mercedes Montes de Oca
<b>37</b>	<b>HISTORIAS Y ANÉCDOTAS DEL CONFEDI.</b> La secretaría Mercedes Montes de Oca
<b>38</b>	Creadores de vocaciones ¡gracias! Roberto Giordano Lerena

### *Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTS)*

<b>41</b>	Economía en calles sin pavimentar de suelo-cemento por uso de agente estabilizante Julián Rivera. Anael Porro. Andrés Poletti. Oscar Hansen.
<b>47</b>	Eliminación de arsénico en agua por medio de resinas modificadas con hierro Claudia A. Neyertz. Melani A. Lucca. Bárbara S. Sanchez. Gustavo Mendow.

<b>53</b>	Desarrollo de una planta piloto de materiales magnéticos M.R Pagnola; H.M. Sirkin.
<b>58</b>	Desarrollo de un sistema inalámbrico para adquisición de señales EEG Gabriel E. Cañadas Fragapane. Carlos R. Dell'Aquila. Eric Laciari Leber.
<b>Artículos presentados a la RADI</b>	
<b>68</b>	Experiencia de integración vertical de conocimientos entre asignaturas de ingeniería química M.C. Gely. A. Pagano.
<b>73</b>	Mejoras en el uso racional y eficiente de la energía en las universidades Gustavo E. Kazlauskas. Carlos J. Verucchi. Fermín Acuña.
<b>81</b>	Efectos dinámicos de la corrosión de armaduras en vigas de hormigón reciclado Juan M. Moro. Romina Menese. Néstor F. Ortega.
<b>90</b>	Estudio de la lentificación en estudiantes de ingeniería. Comparativo entre la UNMDP y la UFASTA. María Velia S. Artigas. Adolfo Onaine. Luciana Santille. Bárbara Corleto.
<b>100</b>	Gestión ágil del conocimiento en un entorno de aprendizaje colaborativo Silvia Lanza Castelli. Valeria Ortiz Quiroz. Fernanda Rodríguez Aleua.
<b>110</b>	Mecanismos de promoción y participación de las mujeres en la Ingeniería Marta Panaia
<b>119</b>	Ciclones de alta eficiencia optimizados por geometría y condiciones de operación Leonel O. Pico
<b>129</b>	Estudio de casos en familias del NEA: consumo familiar de agua virtual Alejandro Ruberto. Marcelo Gómez. Katherina Dzysiuk
<b>138</b>	Sustentabilidad edilicia. Comparación de métodos de evaluación y su aplicabilidad en Argentina Lucia Rumi. María C. Montero. Néstor F. Ortega.
<b>146</b>	PAUTAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS.

## EDITORIAL

# Comenzando a caminar la cuarta década del CONFEDI

**C**on mucha satisfacción presentamos al número 12 de la Revista Argentina de Ingeniería (RADI), la publicación periódica del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina (CONFEDI), cerrando los festejos por los 30 años de la creación de nuestro CONFEDI y del aniversario número 100 de la Reforma Universitaria. Comenzamos a transitar, y a trazar el camino, de la cuarta década del CONFEDI. También el de la segunda centuria de la Reforma Universitaria de Córdoba. Precisamente allí, en Córdoba, tuvimos oportunidad de recibir en junio de este año a los académicos de toda la región, para celebrar los 100 años de la Reforma, en el marco de la Conferencia Regional de Educación Superior de la UNESCO. CONFEDI estuvo presente en la reflexión y los debates, con ideas y aportes concretos a las directrices regionales de ES y, fundamentalmente, buscando extender las buenas prácticas del Sistema de Ciencia y Tecnología argentino a la región.

Haciendo un poco de memoria y balance sobre este 2018, podemos decir que ha sido para CONFEDI un año de mucho y arduo trabajo, con saldo muy positivo.

Seguramente, recordaremos por muchos años que en este 2018, el CONFEDI presentó al Ministerio de Educación el Libro Rojo de estándares de segunda generación. Queremos agradecer, en nombre de CONFEDI, a la Comisión redactora del proyecto de los estándares. Sin dudas, esta propuesta constituye un punto de inflexión en lo que hace a las políticas y mecanismos del aseguramiento de la calidad, generando un marco de referencia que propicia la innovación y promueve que las facultades honren a la autonomía universitaria, definiendo el alcance de sus carreras. Esto constituye la oportunidad de mejora más importante de los últimos años en Argentina, en tanto, asegura la calidad, poniendo el foco en el estudiante y en el desarrollo de competencias (saber hacer) como punto de llegada. Y como en este nuevo marco, el foco es el estudiante, debemos “meternos en el aula” y repensar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por eso, llevamos adelante en este 2018, con financiamiento parcial de la Secretaría de Políticas Universitarias, el programa de capacitación a docentes más importante de los 30 años de CONFEDI. Prácticamente 300 docentes de casi 100 facultades de todo el país, se capacitaron para llevar adelante estos cambios paradigmáticos en sus respectivas unidades académicas. Este programa contribuye a que el marco conceptual y normativo previsto en el Libro Rojo llegue a cada facultad, a cada aula y a cada estudiante de ingeniería en Argentina. En este punto, corresponde agradecer a la Dra. Anahí Mastache y al Mg. Ing. Uriel Cukierman, por la tarea de dirección y coordinación del programa y a la Dra. Mónica Marquina de la Secretaría de Políticas Universitarias, por su apoyo al desarrollo del proyecto.

Este Libro Rojo, estos nuevos paradigmas, desafíos, oportunidades y procesos de enseñanza y aprendizaje son parte del camino que nos toca delinear y transitar a cada unidad académica en esta cuarta década de CONFEDI.

Otro punto importante a destacar en este 2018, es la edición del Libro “Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: experiencias en América Latina”, en forma

conjunta con nuestra asociación colega de Colombia, ACOFI. Es la concreción de una actividad de producción binacional que recoge aportes de los países de América Latina, para compartirlos con el mundo.

En esta misma línea de dar visibilidad a la educación en Ingeniería de Argentina, estamos colaborando con el Libro de ASIBEI, sobre el Perfil de Ingreso y Egreso del Ingeniero Iberoamericano, que se piensa editar a principios de 2019. Por último, y en el marco de nuestro Programa Mujer en Ingeniería, hemos lanzando la convocatoria a autores latinoamericanos para la publicación del libro "Matilda y las mujeres en ingeniería en América Latina", que será editado en forma conjunta con LACCEI.

La organización del cuarto CADI y décimo CAEDI, evidencian la continuidad de las actividades de intercambio y comunicación académica-científica y tecnológica. Con una impecable organización por parte de las facultades de ingeniería de la ciudad, Córdoba recibió más de 400 asistentes que compartieron más de 250 trabajos. En la persona del Ing. Luis Bosch y del Dr. Ing. Jorge M. Finochietto, muchas gracias por el trabajo realizado y felicitaciones a los amigos de Córdoba por la excelente organización. ¡Habrá que ir pensando ya en la próxima edición... está abierto el período de postulación de sedes!...

En cuanto a la presencia institucional del CONFEDI, cabe destacar la participación en eventos tales como EDUNINE IEEE 2018, el Encuentro Iberoamericano de Facultades de Ingeniería del Ejército (EST), las Jornadas IPECYT (FIO UNICEN), el IV FAEI (Resistencia), el Plenario de CUCEN (UNSE), Expomedical (Buenos Aires), el Foro Transfiere (Mar del Plata) y las JEIN 2018 (UTN FR Córdoba).

En el plano internacional, hemos participado del Foro ARFITEC (Bahía Blanca), ASIBEI Galápagos, ASIBEI (Río de Janeiro), ASIBEI (Iquique), LACCEI (Lima) y GEDC (Milagros). También estaremos en el WEEF y en la reunión de IFEEES de Albuquerque. Esto muestra una sostenida y activa participación de CONFEDI en los foros, reuniones y asociaciones de la ingeniería.

Todo este trabajo que caracteriza al CONFEDI, nos fortalece, nos da ánimo y hace que sigamos creciendo. En este año, hemos alcanzado un nuevo récord de ¡117 socios activos! Que estemos todos en CONFEDI, cooperando y trabajando juntos, hace que CONFEDI siga siendo cada vez más, un referente a nivel nacional e internacional, en la formación de ingenieros, en particular, y en Educación Superior, en general.

Yendo ahora a este número de la RADÍ, en primer lugar, queremos destacar que se presenta un nuevo campo temático, en el que la RADÍ pretende convertirse en un difusor de los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) que se están ejecutando en nuestro país. Estos proyectos están orientados a satisfacer oportunidades estratégicas y necesidades sociales o del mercado. Estos PDTs acreditados, se encuentran publicados en un Banco Nacional, creado por el MinCyT, hoy Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, en el que la ingeniería, en general, y las facultades del CONFEDI, en particular, han tenido y tienen una activa participación. Estos proyectos y la tarea de sus integrantes son evaluados con nuevos criterios, que buscan establecer una ponderación más equilibrada entre la ciencia básica y la aplicada, tratando de incentivar a que, en nuestro país, cierta parte de las investigaciones que se llevan adelante, se orienten hacia desarrollos concretos, generando prototipos y/o productos que son demandados por la sociedad. En este punto, CONFEDI ha sido protagonista de una actividad de promoción sistemática sin precedentes. Ha dictado 15 talleres regionales de identificación y formulación de PDTs en universidades de todas las regiones de nuestro país, de Ushuaia a Salta y de San Juan a Resistencia, siempre coorganizados por las universidades anfitrionas. El próximo se realizará en la Universidad Nacional de 3 de Febrero, a fines de noviembre y cerrará el ciclo por este año.

*Cabe acotar que la mayoría de los trabajos presentados en este número fueron enviados a la RADI por sus autores, lo que demuestra que nuestra revista está creciendo y adquiriendo prestigio en el ámbito nacional. Además, se incluyen trabajos seleccionados del Congreso CADI-CAEDI 2018, que también organiza CONFEDI. En este número se presentan 3 trabajos y se continuarán publicando en los siguientes números de RADI, empleando la modalidad que ya hemos implementado anteriormente, donde se invita a los autores de los trabajos seleccionados del congreso a que presenten una versión ampliada de su trabajo, con el fin de darles la oportunidad de presentar sus investigaciones con mayor profundidad. Las secciones permanentes de la RADI dan cuenta del presente y futuro de la Ingeniería y sobre la formación de los futuros ingenieros egresados en Argentina e Iberoamérica.*

*Pretendemos que la RADI continúe creciendo con la misma o más fuerza que lo que ha hecho hasta ahora. Por ello, en este número hemos incluido nuevas temáticas que contribuyen a fortalecer a la ingeniería argentina. Ese es el compromiso de todo el equipo que trabaja en RADI, como medio de difusión de CONFEDI.*

*Estimados amigos y colegas, con mucho placer presentamos a ustedes el número 12 de la RADI, esperando que esta nueva edición sea de vuestro agrado y de utilidad de toda la comunidad de las facultades miembros del CONFEDI y de la Ingeniería Argentina, en general.*

**Néstor F. Ortega**

*Director de la RADI*

**Roberto Giordano Lerma**

*Decano FI UFASTA*

*Presidente del CONFEDI*

# A 100 años de la Reforma Universitaria

Guillermo Olivetto

Decano Facultad Regional Buenos Aires  
Universidad Tecnológica nacional

Más allá de la inevitable síntesis histórica de los acontecimientos que se sucedieron en Córdoba en 1918, la intención de este artículo es observar la actualidad de la Reforma y cómo podemos imaginar el futuro de la Educación Pública Superior.

La Reforma fue mucho más que una revuelta estudiantil. Constituyó un hecho indudablemente revolucionario, que marcó no solamente a la educación argentina, sino a buena parte de la región latinoamericana.

Lo primero que hay que consignar es que en 1918 existían sólo tres Universidades Nacionales: Córdoba, La Plata y Buenos Aires y dos Universidades Provinciales, que poco tiempo después se convertirían en Nacionales: Tucumán y Litoral. *En ellas cursaban alrededor de catorce mil estudiantes. En Córdoba, aproximadamente mil quinientos.*

En realidad, las luchas estudiantiles se venían sucediendo desde antes. Ya en 1917, los estudiantes cordobeses de Medicina e Ingeniería pretendían que las cátedras se concursaran. En marzo de 1918 se constituyó el Comité Pro Reforma, ante la eliminación del Internado en el Hospital de Clínicas. En las distintas asambleas se fueron agregando demandas como libertad de cátedra, libre asistencia, actualización de los planes de estudio, infraestructura para bibliotecas y laboratorios, reformas estatutarias y un concepto disruptivo para la época: la extensión universitaria.

Al recibir la negativa del Consejo Superior, se produjo una huelga estudiantil por tiempo indeterminado. El gobierno intervino la

Universidad y ante la propuesta de reforma estatutaria con la incorporación del Claustro Docente al gobierno universitario, se levantó la huelga.

La etapa que siguió es la que llevó a la elección del Rector, el 15 de junio de 1918. Los reformistas se inclinaron por Martínez Paz. Los otros candidatos eran Centeno y Nores, candidato del clericalismo de la Corda Frates. Al no obtener mayoría ninguno de ellos, se realizó una nueva votación donde los votos de Centeno pasaron a Nores, lo que desató la furia estudiantil. Sobrevino una nueva huelga y una nueva intervención, que reformó el estatuto incorporando a los estudiantes al Gobierno Universitario.

En septiembre de 1918 comenzó el derrotero institucional de la Reforma que, ya en el año 1921 se encontraba impuesta en el resto de las Universidades Nacionales.

Un hito fundamental, que refleja buena parte de los reclamos estudiantiles reformistas se encuentra en el documento más famoso, redactado en su mayor parte por el gran Deodoro Roca, un abogado que ya desde su graduación en 1915 venía advirtiendo la decadencia de la Universidad. Apenas estallaron las primeras revueltas, Deodoro se convirtió en uno de los líderes, junto a su amigo Emilio Biagosch y otros reformistas ilustres.

El **Manifiesto Liminar**, redactado el 21 de junio de 1918, contenía demandas acerca de la **falta de actualización científica** (*“... mantener a la Universidad apartada de las Ciencias y las disciplinas modernas...”*), el

**anacronismo del sistema universitario** (“... *Nuestro régimen universitario -aún el más reciente- es anacrónico. Está fundado sobre una especie del derecho divino: el derecho divino del profesorado universitario.*”), el **aislamiento de las necesidades de la sociedad** (“...*casas mudas y cerradas...*”), el **evidente autoritarismo disfrazado de autoridad** (“*Por eso queremos arrancar de raíz en el organismo universitario el arcaico y bárbaro concepto de Autoridad que en estas Casas es un baluarte de absurda tiranía y sólo sirve para proteger criminalmente la falsa-dignidad y la falsa-competencia*”: “*La autoridad en un hogar de estudiantes, no se ejercita mandando, sino sugiriendo y amando: Enseñando*”) y, sintetizando quizá la esencia fundamental del reclamo, la **Democracia Universitaria** (“*La Federación Universitaria de Córdoba se alza para luchar contra este régimen y entiende que en ello le va la vida. Reclama un gobierno estrictamente democrático*”).

Obviamente, la Reforma es un hecho dinámico. Hubo debates posteriores, autocríticas y planteos políticos de toda índole, dado que, como se planteó anteriormente, fue un movimiento fuertemente político y no sólo argentino, sino también latinoamericano.

No todas las demandas originales se vieron reflejadas en ese momento. Por ejemplo, *la gratuidad de la enseñanza se consagró recién en 1949.*

Veamos ahora la actualidad de la Reforma del '18. Indudablemente, la esencia se encuentra expresada, dentro de la heterogeneidad y las realidades particulares, en todo el sistema universitario público. *Hoy existen cincuenta y seis Universidades Nacionales y más de un millón y medio de estudiantes.*

El cogobierno es uno de los pilares fundamentales de la Reforma, expresión de la democracia universitaria. Y creo que, de todas las demandas reformistas de hace 100 años, es la que más vigencia tiene.

Actualmente, coexisten diferentes modelos de gobierno en las Universidades Nacionales. *Recordemos que en 1974 se incorporó al claustro No docente en los Consejos, aunque*

algunas Universidades mantienen el gobierno tripartito. En algunas Instituciones se eligen autoridades por voto directo y ponderado, en otras se mantiene el voto indirecto a través de elecciones donde sólo participan los Consejeros. Algunas poseen Consejos Departamentales por carrera, los que facilitan una mayor participación.

También es necesario recordar que en diversos momentos políticos de la Argentina el cogobierno no estuvo en funcionamiento. A partir de la recuperación democrática de 1983, se normalizaron las Universidades bajo los principios de la Reforma, sólo que a partir de la Ley Nacional de Educación Superior de 1995 se perdió el concepto de igualitario, dado que los docentes ocupan obligatoriamente el 50 por ciento de los Consejos.

En cuanto a las demandas de libertad de cátedra y periodicidad, es necesario puntualizar que en algunas Universidades existen normativas internas que vulneran la posibilidad de renovación de cátedras y el propio Convenio Colectivo, ya que, de acuerdo a cómo sea su aplicación, también tiene cuestiones discutibles desde el punto de vista de los principios reformistas. Sin embargo, la existencia de encuestas y sistemas de monitoreo de la actividad docente, tienden a una mejora en la calidad de la enseñanza.

La actividad científico-tecnológica ha crecido y se ha multiplicado en todo el sistema. En la actualidad, más del setenta por ciento de la investigación en la Argentina se realiza en las Universidades y, como sabemos, *los cinco ganadores argentinos del Premio Nobel fueron producto de la Universidad Pública y Reformista.* Obviamente, las restricciones presupuestarias muchas veces han tenido y tienen implicancia en el desarrollo de esta actividad, dado que el gran insumo es la formación de Recursos Humanos y esto implica inversión recurrente.

Aquí aparece un factor fundamental, que desde hace años se viene discutiendo en las Universidades Públicas. *El presupuesto puede limitar la Autonomía.* La formación docente, las becas, la internacionalización,

la situación de la Formación Cuaternaria, la infraestructura, por citar algunos aspectos, están cruzados por la situación presupuestaria.

También es necesaria (y desde hace años se practica) la autocrítica y el análisis profundo del manejo presupuestario y, sobre todo, de las demandas actuales y (fundamentalmente) futuras sobre qué espera la sociedad de la Universidad.

En la actualidad es necesario profundizar algunos postulados reformistas. Deodoro Roca, más allá del Manifiesto Liminar, hablaba varios años después de la expresión social de la Reforma. La relación entre Universidad y Sociedad a veces no parece representar el verdadero espíritu de los estudiantes que fundaron este movimiento. Si bien hay mucho realizado, el contexto social no debe ser ajeno a la realidad universitaria.

En Ingeniería, en particular, hay un evidente desgranamiento que se ha tratado, desde hace mucho tiempo, con diversas políticas (tutorías, por ejemplo). Pero creo que el problema es sistémico. No se observa un tratamiento sistémico sobre la educación, que permita entenderla como un continuo, con políticas activas desde el inicio para despertar vocaciones científico-tecnológicas que mejoren las oportunidades de los que luego ingresan a la Universidad. No hay una relación activa y permanente con la enseñanza media. Y debería haber un mayor abordaje sobre las causas socioeconómicas de la falta de ingreso y el abandono. Este planteo cuenta, obviamente, con ejemplos en contrario, pero la clave es el enfoque sistémico.

Aquí se observa la importancia de organizaciones como el CONFEDI, que permite articular políticas destinadas a establecer una mirada sistémica sobre la ingeniería.

La falta de profundización de este enfoque se evidencia también en otras áreas como la Investigación, el Bienestar Estudiantil, la Extensión Universitaria y el Posgrado. Si bien hubo y hay políticas desde la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) que pretenden abordar dichas cuestiones, este tema merece

un profundo debate, sobre todo con una mirada hacia el futuro.

Qué podemos hacer los reformistas de ingeniería pensando en el futuro de la Universidad? Estamos experimentando fuertes cambios de paradigmas, que impactan decididamente sobre la educación universitaria. **No por trillado deja de ser cierto que estamos educando estudiantes del Siglo XXI, con docentes del Siglo XX, en aulas del Siglo XIX.** Hoy estamos en un proceso de cambio, cuyo eje central pasa por el **enfoque en las Competencias** (El CONFEDI acaba de publicar su Libro Rojo). Esto puede suponer actualizaciones en los planes de estudio, pero, más importante aún, debe generar cambios en las metodologías. **El concepto de aula invertida**, por ejemplo, ya forma parte de nuestro léxico diario.

**La Universidad necesita ser más flexible**, con más capacidad de adaptación a los cambios que requiere la sociedad, *siempre manteniendo el concepto de autonomía*, tratando de formar profesionales que tengan ética, conciencia social y compromiso.

Volviendo a los reformistas, algunos años después de los hechos del '18 y posteriores, se planteó la vigencia del Manifiesto Liminar. Creo que sería un buen homenaje **iniciar una discusión que nos lleve a un nuevo Manifiesto**, que contemple lo esencial pero que actualice y, sobre todo, ponga al Reformismo de cara a los próximos 100 años.

## PROYECTOS

# La importancia de la transferencia del conocimiento de los doctorados en ingeniería a los procesos productivos

Marcelo De Vincenzi <sup>1</sup>

Oscar Pascal <sup>2</sup>

Carlos Neil <sup>3</sup>

Diego Serra <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Decano Facultad de Tecnología Informática  
Universidad Abierta Interamericana

<sup>2</sup> Decano Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional Lomas de Zamora

<sup>3</sup> Coordinadores de la Red Argentina de  
Doctorados de Ingeniería RADoI

**E**l viernes 20 de abril de este año fuimos partícipes y organizadores de un encuentro que marcó un antes y un después dentro del campo de la Ingeniería: participamos de la tercera reunión de la RADoI con miembros del CONFEDI con un propósito claro: contar con el apoyo de la CONEAU en este proceso de autoevaluación, maduración y transición de los Doctorados en Ingeniería, de un modelo tradicional a un modelo más dinámico que favorezca la incorporación de tesis tecnológicas y la transferencia del conocimiento al proceso productivo nacional. Al encuentro asistieron la Directora de Acreditación de Carreras de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, la Esp. Lic. Marcela Groppo y el Coordinador de Acreditación de Carreras de Posgrado Dr. Mariano Calbi, el Coordinador Nacional de Vinculación Tecnológica de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación, Ing. Sebastián Civallero y por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Esp. Ing. Miguel Gagliano, integrante del Programa Antena Tecnológica. Por la Red, asistieron más de 60 representantes de casi la totalidad de los Doctorados en Ingeniería que se dictan el país.

Junto a la Directora de Acreditación de Carreras de la CONEAU, la Esp. Lic. Marcela Groppo y el Coordinador de Acreditación de Carreras de Posgrado Dr. Mariano Calbi, pudimos debatir el alcance de los PDTs (Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social) como corolarios finales de los Doctorados en Ingeniería. Nuestro propósito es que las tesis no sean sólo proyectos de investigación, sino que también, se amplíen a tesis tecnológicas. Proponemos que el conocimiento que se construye en los posgrados, se transfiera a los procesos productivos de nuestra nación. Para que esto se concrete, es necesario el trabajo conjunto entre la Universidad, el CONICET y la CONEAU, para crear los instrumentos que permitan llevar a cabo este cambio.

En esa mesa de debate, Marcela Groppo sostuvo que: “Un doctorado lo que exige, según la resolución de estándares, es una investigación. Esa investigación puede terminar en un proyecto ya sea de investigación básica (como los tradicionales) o uno de desarrollo tecnológico. Para llegar a algún desarrollo de innovación tecnológica hay que hacer una investigación. Y la tesis lo que debería contar es cómo llegaron a eso”.

Por otro lado, Mariano Calbi, enfatizó que

junto con el Estado Nacional están verificando áreas de vacancia: “Estamos de acuerdo con lo que están haciendo ustedes desde la RED RADoI del CONFEDI, pero tenemos limitantes, y éstos son que no nos podemos mover de la resolución vigente, entonces lo que tenemos que hacer para no movernos de la Resolución CONEAU 160/11 es guardar un cierto formato dentro de lo ya establecido”.

Para nosotros, es de suma importancia que el conocimiento que se construye desde los Doctorados, pueda convertirse en proyectos productivos. Tener como socio a la CONEAU, nos ayuda mucho. Creemos que la tecnología está madurando, evolucionando. No hay muchas industrias en Argentina que puedan pagar por el desarrollo tecnológico de un investigador (respecto al campo laboral / proceso productivo). Por eso muchos hacen los doctorados en el exterior. Las tesis tendrían que ser tecnológicas, para poder transferir ese conocimiento y que no quede solamente plasmado en un papel. Tenemos que hacer un cambio. Hoy no hay ningún plan explícito para la inserción de los egresados de doctorados en el mercado laboral, cuando en realidad hay una creciente demanda de tecnólogos en lo que refiere a inteligencia artificial, robótica, entre otros temas. Si promovemos Doctorados de Ingeniería, con tesis tecnológicas, seguramente la mayoría no iría al exterior a hacerlos. Lo más importante que tenemos como Nación es el capital humano.

Con anterioridad a la fecha citada, este planteo fue oportunamente formulado al Dr. Alejandro Cecatto, Presidente del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), quien nuestra inquietud, firmó un convenio entre CONFEDI, la CONEAU y el CONICET donde se explicitan las normas y particularidades de estos Doctorados, que aspiran a recuperar la esencia de la ingeniería, esto es, desarrollar conocimientos a partir del desarrollo de proyectos innovadores y transferibles a la sociedad. (Ver acta acuerdo en [www.confedi.org.ar](http://www.confedi.org.ar))

El Dr. Alejandro Cecatto se expresó sobre la necesidad de la firma del acuerdo, dicien-

do: “Años atrás, se planteó que la ingeniería había sido, de alguna manera, colonizada por las pautas más científicas del CONICET, y que esta colonización cultural había sido tan efectiva que los propios jurados de los concursos docentes de ingeniería aplicaban pautas bibliométricas al estilo del CONICET, lo cual iba deteriorando el sentido de la ingeniería dentro de las universidades. Ese fue el reclamo que me hizo el CONFEDI. Yo prometí trabajar para ir corrigiendo ese tipo de cosas y a consecuencia de ello surgieron primero los PDTs (Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social) y después la firma del convenio mencionado. A partir de los PDTs se cuenta con un instrumento que permite que los ingenieros que están dentro del CONICET no tengan solamente que publicar; sino que pueden hacer tecnología transfiriendo conocimiento y con ello cumplir los requisitos de la Carrera”.

Creemos fervientemente que este cambio traerá mejoras y podrá responder, además a una creciente demanda de emprendedores y de tecnólogos con competencias para desarrollar nuevos proyectos de tecnología y aplicaciones vinculadas a la inteligencia artificial, tecnológica, etc. Hoy el trabajo intelectual que se genera en los posgrados es un recurso que no está explotado en su totalidad.

Finalmente, resulta más que pertinente destacar el enorme interés de la temática en los asistentes, en donde se realizó un raconto por varias de las instituciones presentes, de las experiencias desarrolladas en el marco de sus respectivos doctorados en pos del desarrollo de tesis que han dado respuestas innovadoras a demandas y necesidades concretas del sector socio productivos, acordándose realizar el segundo encuentro anual de RADoI durante la semana del 19 al 23 de noviembre de 2018 en el Rectorado de la Universidad Tecnológica Nacional, sito en la Ciudad de Buenos Aires. Como es de esperarse, esta reunión cobrará aún mayor relevancia a la luz de los cambios recientemente acontecidos en el organigrama nacional y con el objeto de profundizar acciones conjuntas con todos los actores involucrados

## TEMAS DE INGENIERÍA

# Sensores inteligentes: características, evolución e impacto en la sociedad

Gustavo Monte

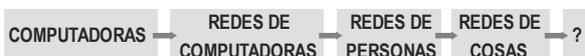
Facultad Regional Neuquén  
Universidad Tecnológica Nacional

## INTRODUCCIÓN

La inteligencia en los dispositivos es una consecuencia natural de la complejidad de los sistemas que el ser humano está creando. Hoy en día, todo dispositivo posee el adjetivo de inteligente, a veces sin fundamento, y se emplea indiscriminadamente como un argumento adicional de marketing. Acotando el tema a los sensores, el término sensor inteligente fue acuñado durante la década de 1980. En aquellos tiempos se refería a un transductor que tenía la capacidad de acondicionar la señal sensorial e identificarse con otros dispositivos, vinculados a una red de intercambio de datos. El concepto fue el de "Plug and Play", que también se extendió a los periféricos de las computadoras.

Actualmente, un sensor inteligente lo podríamos definir como un dispositivo que comprende lo que mide, toma decisiones basadas en la extracción de conocimientos de su propia señal y que, además, podría incluir la fusión con señales de otros.

Las computadoras han revolucionado el mundo. Pero el gran impacto no ha sido por su gran poder de cálculo, sino por lo que hicieron posible. Ellas permitieron las redes de computadoras, luego las redes de personas y, por último, hasta hoy, las redes de cosas (IoT, Internet de las Cosas) en donde la mayoría de esas cosas incluyen sensores.



**Evolución de la interconexión del mundo iniciada por las computadoras.**

*Los sistemas interconectados potencian a los sensores inteligentes. El siguiente ejemplo permite aclarar este concepto. Supongamos que disponemos de un arreglo de sensores dispuestos sobre una región que detectan lluvia, granizo y piedra basados en la señal obtenida de un acelerómetro. ¿Es un sensor inteligente? Podríamos decir que si ya que procesa la señal de un acelerómetro y extrae la información de la existencia de eventos analizando patrones de señales. Ahora, si además cada sensor comparte su estado de detección con todos los integrantes, cada sensor puede predecir los eventos en base al análisis de la evolución temporal de ellos. A cada sensor se le ha agregado inteligencia, para la predicción que sería imposible para un sensor aislado. Si compartimos información sensorial surgen dos interrogantes fundamentales ¿Que compartir? y ¿Dónde procesar la información compartida?*

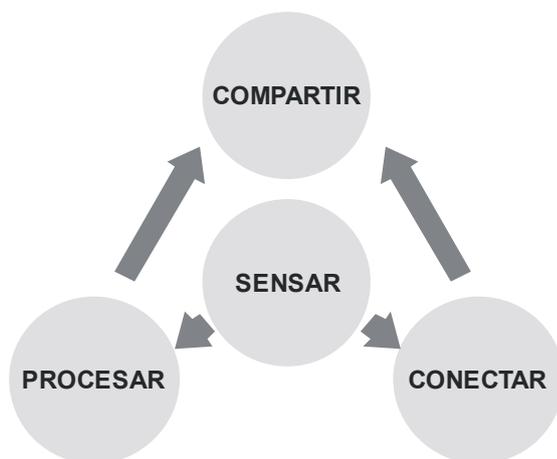
## COMPARTIR INFORMACIÓN: EL GRAN DESAFÍO DE LA IOT

El mundo se encuentra totalmente interconectado, y esta conexión ha alcanzado a todas las cosas. La IoT está revolucionando, no solo la forma de hacer negocios, sino nuestra interacción con el mundo. La mayoría de esas cosas poseen sensores y surgen nuevas posibilidades de tratamiento de señales sensoriales. Los sensores inteligentes, en este contexto deben realizar las siguientes cuatro acciones:

- SENSAR
- PROCESAR
- CONECTAR
- COMPARTIR

El simple hecho de intercambiar dos acciones, por ejemplo, SENSAR => CONECTAR => PROCESAR o SENSAR => PROCESAR => CONECTAR cambia totalmente los paradigmas de la IoT. Surgen conceptos como Edge computing, Fog computing y Cloud computing los cuales generan topologías completamente diferentes.

La acción más complicada de realizar es la de COMPARTIR y surge la pregunta ¿Que se debe compartir? Está claro que debe ser información o conocimiento y no datos sin procesar.



*Los cuatro pilares de los sensores inteligentes*

Las redes de interconexión en el mundo posibilitan compartir la información y que pueda ser empleada por otro ente inteligente, que previamente desconocía que tenía correlación con su función objetivo.

### EVOLUCIÓN DE LOS SENSORES

Tres factores son los impulsores del crecimiento exponencial de los sensores inteligentes:

- Incremento del poder del procesamiento digital.
- Reducción del consumo energético.
- Reducción de costos de los circuitos integrados.

Estos tres componentes en simultáneo disparan aplicaciones sorprendentes. Si bien el poder de procesamiento es muy alto, las computadoras fueron creadas para procesar datos y no señales. Requiere gran cantidad de procesamiento inferir información desde las muestras digitales de una señal. En la UTN Facultad Regional Neuquén impulsamos la creación de un estándar internacional para representar señales sensoriales, que fue aprobado durante el 2017 (IEEE 21451-001-2017 Recommended Practice for Signal Treatment Applied to Smart Transducers). La propuesta principal de esta norma es considerar a una señal sensorial, como la unión de segmentos, en vez de muestras. Esta representación facilita notablemente los procesos de extracción de información y conocimiento.

### IMPACTO EN LA SOCIEDAD

La tecnología impacta en la sociedad cuando se masifica su uso. Los sensores inteligentes se encuentran en un punto inicial de desarrollo y su fuerte impacto será en pocos años. Se está igualando al ser humano en entendimiento de imágenes y reconocimiento de voz y sonidos, pero la gran ventaja de los sensores inteligentes respecto al ser humano es que permiten el análisis de grandes volúmenes de información en muy poco tiempo y descubrir mediante algoritmos de aprendizaje relaciones que a los seres vivos les tomaría años por el mecanismo de pasaje de información de generación en generación. Hay mucho por transitar, no es tolerable que, por ejemplo, con el grado de conectividad actual, un desastre natural tome desprevenida a una población.

¿Todo esto será beneficioso? Realmente se desconoce, debido a que la energía impulsora del desarrollo es múltiple, incontrolable e impredecible. Lo que sí sabemos es que es imparable. El ser humano puede llegar a ser esclavo de sus propios desarrollos tecnológicos. Pero también es factible que, se establezca una sinergia que permita formar ambientes colaborativos en redes de personas y cosas, el tiempo lo dirá.

**DESARROLLO TECNOLÓGICO  
Y TRANSFERENCIA**

*Aportes de  
CONFEDI y ASIBEI a la Conferencia Regional de Educación Superior 2018 América Latina y Caribe*

# **La investigación científica y tecnológica y la innovación como motor del desarrollo humano, social y económico para América Latina y el Caribe**

**Roberto Giordano Lerena**

Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA.  
Presidente del CONFEDI.

**Y**a no quedan dudas que vivimos en la “Era del Conocimiento”. Somos la “Sociedad del Conocimiento”. La pregunta inmediata es: Conocimiento, ¿para qué?

El conocimiento científico y tecnológico es un aspecto clave de la evolución de los pueblos, una de las principales riquezas de las sociedades, un factor potencialmente determinante del progreso de las naciones y, sobre todo, condición para la emancipación social y la soberanía cognitiva.

El conocimiento, claro está, se crea. Esa oportunidad (casi obligación) del desarrollo humano está, entonces, en la misma Sociedad. La infraestructura científico-tecnológica actúa como una plataforma, necesaria para la creación de conocimiento, pero no suficiente para el desarrollo humano.

Esto es un juego de todos. En una síntesis muy simplificada, se deben desarrollar capacidades. La sociedad debe ser capaz de incorporar la ciencia y la tecnología a su proceso de desarrollo. El sistema científico tecnológico debe ser capaz de transferir a la comunidad los resultados de la investigación.

La estructura productiva debe ser capaz de adoptarlos.

Esto configura un escenario de oportunidades, donde también hay necesidades. Hay urgencias.

En países como los de Latinoamérica necesitamos generar un espiral creciente y permanente de agregado de valor al sistema productivo y social, basado en el conocimiento científico tecnológico. Necesitamos, más que nunca, impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

En este contexto, impacto de la ciencia significa apropiación y explotación del conocimiento generado (y de ahí la necesidad de su divulgación).

Impacto de la tecnología significa la resolución de problemas o necesidades de carácter práctico; esto es, problemas y necesidades no justificados en la sola curiosidad científica, el avance del conocimiento disciplinar o la solución de incógnitas teóricas, sino problemas o necesidades enmarcados en la sociedad, la política, la economía o el mercado. Estamos hablando de proyectos de investigación apli-

cada y desarrollo tecnológico, con resultados “tangibles”, con diferentes dinámicas, tiempos y objetivos que la investigación científica básica, más condicionados por el entorno y la necesidad social.

Los sistemas científico-tecnológicos nacionales, las oficinas de ciencia y técnica, los organismos de fomento, financiamiento y evaluación, y la sociedad en general, deberían acusar recibo de esta necesidad, e incluir el interés nacional, regional o local en la evaluación de las actividades de investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Llevamos décadas donde la única métrica de la investigación es la publicación; una métrica pertinente para la investigación básica que se generaliza inadecuadamente a todo tipo de investigación y al desarrollo tecnológico. Lo importante, entonces, es publicar.

Debemos ser capaces de enriquecer el modelo tradicional de ciencia y tecnología. Debemos ser capaces de instalar nuevos paradigmas, complementarios a los vigentes, que consideren el desarrollo de tecnología y la innovación como medio para la transformación social, en el marco de los sistemas científico-tecnológicos nacionales y acuerdos regionales.

Nuevos modelos que reconozcan y valoren a los proyectos, en función de su aporte en materia de conocimiento científicamente certificado a la resolución de problemas, necesidades o demandas identificables en la sociedad y/o expresadas por los agentes sociales en la esfera de la política, el mercado, el territorio, la cultura o la estructura social. Paradigmas que incorporen elementos de valoración del desarrollo tecnológico.

Si sólo “contamos publicaciones” y desconocemos el valor de los proyectos de desarrollo tecnológico con impacto social, seguimos viviendo en otro tiempo, menospreciando y desalentando el desarrollo de tecnología, y ajenos a las demandas sociales. Entonces, las soluciones a esas demandas llegarán desde otros países, y probablemente, de la mano de empresas multinacionales que aplican el conocimiento producido en Latinoamérica, para

crear en otros continentes productos de alto valor agregado, que compraremos en nuestra región para resolver nuestros problemas.

En este tipo de proyectos, y siendo la originalidad o la novedad cognitiva, un rasgo central de la actividad de la ciencia y la tecnología, se requiere redefinir el concepto de novedad del conocimiento a un significado acotado a las condiciones locales. Se trata, entonces, de entender la cuestión de la originalidad, en el sentido de “novedad local” y la cuestión de la relevancia en relación a los objetivos de la política pública, el sentido de urgencia o necesidad de la problemática a resolver, mediante el conocimiento aplicado o el impacto esperado de los resultados de la innovación tecnológica.

También se deben observar, como siempre, los aspectos de pertinencia y de demanda. La existencia de demanda constituye la prueba fehaciente de que los resultados del proyecto interesan a la sociedad y no solamente a la comunidad de investigación, desde un punto de vista teórico de la disciplina.

Este nuevo paradigma incluye a la sociedad como parte imprescindible de la ciencia y la tecnología, y ve en la ingeniería un medio para la satisfacción de las demandas de la sociedad.

Claramente, los centros de investigación y desarrollo tecnológico y las universidades, muy particularmente las tecnológicas y politécnicas, no pueden mantenerse ajenas a este nuevo paradigma. Hay en ellas una responsabilidad institucional y debemos reflexionar al respecto. Allí, en nuestras instituciones, es donde se hace la ciencia y la tecnología, y se forman los científicos, tecnólogos y profesionales. Allí está la chance de cambiar al país, la región y el mundo.

Al amparo de este nuevo paradigma de reconocimiento y valoración de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico en países como Argentina, las universidades, en general, y la ingeniería, en particular, asumen un rol fundamental, aportando soluciones concretas a problemas concretos, explotando al máximo el conocimiento generado.

A 100 años de la Reforma de Córdoba, desde el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina (CONFEDI) y la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) pretendemos un espacio latinoamericano que haga de su ciencia y tecnología una bandera, un elemento transformador de la realidad.

Necesitamos investigadores, universidades y países haciendo ciencia y tecnología determinante de la inclusión social, provocadora de la equidad distributiva, responsable para con el desarrollo personal y comunitario de los ciudadanos.

Necesitamos universidades haciendo ciencia y tecnología ética y con vocación de servicio. Ciencia y tecnología para la vida y para la paz.

La Argentina ha incorporado el concepto de Proyecto de Desarrollo Tecnológico Social como unidad de reconocimiento de la actividad de desarrollo tecnológico con impacto social y ha creado un Banco Nacional de Proyectos de Desarrollo Tecnológico Social, que está disponible en Internet y que reúne aquellos proyectos rigurosamente acreditados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Es una iniciativa que se puede tomar como modelo y extender a la región.

En esta línea, entonces, y para pasar de la reflexión a la acción constructiva, propositiva, en nombre de CONFEDI y ASIBEI, y con el aval institucional del Sr. Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación Argentina Dr. Lino Barañao, propongo formalmente a esta mesa que haga propia y eleve a la CRES 2018 la siguiente recomendación de plan de acción para los gobiernos de la región, tomando como referencia la experiencia de Argentina:

1. La incorporación a los sistemas nacionales de ciencia y tecnología de los países de la región de instrumentos de promoción y reconocimiento de las actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación con impacto social, con parámetros de consideración y evaluación sustancialmente equivalentes.

2. La creación de una Agencia de América Latina y el Caribe para la fundación y administración del Banco Latinoamericano de Proyectos de Desarrollo Tecnológico Social.

3. La generación de un Espacio Latinoamericano de promoción de proyectos multinacionales regionales de Desarrollo Tecnológico e Innovación, con impacto social.

4. La generación de un Espacio Latinoamericano de cooperación, capacitación y movilidad para la gestión y desarrollo de proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación con impacto social en la región.

Estas acciones devolverán a las Universidades, en general, y a las Tecnológicas y Politécnicas, en particular, un rol de protagonistas en la tarea de "Transformar nuestro mundo", tal como nos pide la Unesco en los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En estos años del segundo centenario de la Reforma de Córdoba que apenas comenzamos a transitar, la Universidades debemos asumir un papel activo en el seno de la sociedad, especialmente para hacer frente a las nuevas necesidades sociales y ambientales, promoviendo y reconociendo el valor del desarrollo tecnológico y el conocimiento generado como medios para tales fines.

Para eso el conocimiento. Para la independencia, para la soberanía cognitiva y la explotación por nosotros mismos de nuestro propio talento. Para ayudar a la sociedad latinoamericana a diseñar el futuro y ser dueña de su destino.

Nota: esta ponencia fue realizada por el autor, en nombre de CONFEDI y ASIBEI en la Mesa "El papel de las universidades tecnológicas y politécnicas en el desarrollo futuro de América Latina y el Caribe" de la CRES 2018 en Córdoba.

# El Libro Rojo: los desafíos que nos impone

Sergio Pagani <sup>1</sup>Daniel Morano <sup>2</sup><sup>1</sup> Vicerector U.N. Tucumán<sup>2</sup> Ex Decano y miembro adherente CONFEDI

El 6 de junio de 2018, en coincidencia y conmemoración con el día de la Ingeniería Argentina, CONFEDI presentó formalmente ante el Ministerio de Educación de la Nación la propuesta de los Estándares de segunda generación para la acreditación de las carreras de ingeniería en la Argentina. Este trabajo, que demandó casi dos años, está compilado en el LIBRO ROJO de CONFEDI.

22



Llegar a esta instancia significó para CONFEDI y las facultades de ingeniería, recorrer un largo camino, entre los hitos principales pueden destacarse:

- Homogeneización curricular área de Física, Química y Matemática - UNESCO (1990).
- Comisión sobre "Evaluación de la enseñanza de la ingeniería" (1992).
- Unificación Curricular en la Enseñanza de la Ingeniería en la República Argentina (1996) => Libro Azul
- Organización del Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería CAEDI (bianual, desde 1996).
- Propuesta de Acreditación de Carreras de Grado (2000) => Libro Verde
- Documento "Competencias Genéricas de Egreso" del Ingeniero Argentino (2006).
- Documento "Competencias de Ingreso" a las carreras científico-tecnológicas (AUDEAS, CONADEV, CONFEDI, CUCEN, ECUAFyB, FODEQUI, RED UNCI, 2008).
- Declaración de Valparaíso del año 2013 y Proyecto Visión 2025 de Formación Científica

e Ingenierías de las Américas OEA 2013.

- El Ingeniero Iberoamericano (ASIBEI, 2014).
  - Creación de una comisión Ad Hoc para que estudie una propuesta de segunda generación de estándares de acreditación. Resistencia, Nov 2016.
  - Aprobación del "Documento conceptual para los estándares de segunda generación de carreras de ingeniería". Oro Verde. Mayo 2017.
  - Creación de redes de directores de carreras para trabajar en las competencias específicas de cada terminal.
  - Aprobación de las "Competencias y Descriptores de Conocimiento específicos de cada Terminal".
  - Aprobación de la "**Propuesta de Estándares de Segunda generación para las carreras de ingeniería de Argentina - Libro Rojo de CONFEDI**". Rosario, junio 2018.
- Por otro lado, se destacan las lecciones aprendidas y las experiencias adquiridas en la Facultades, luego de transitar 16 años los procesos de acreditación de carreras. Por todo esto, la propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación nacional de carreras de ingeniería, en el apartado I. Consideraciones generales expresó: *Partiendo del camino recorrido por las carreras de ingeniería en cuanto al aseguramiento de la calidad, y con miras a la definición de un nuevo estándar nacional para el tercer ciclo de acreditación obligatoria, se realiza esta propuesta, fundamentada en los siguientes objetivos:*

- *Actualizar y consolidar el actual modelo de formación de ingenieros*
- *Consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante*
- *Definir un modelo comparable internamente*
- *Definir un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento*
- *Asegurar el cumplimiento de las actividades reservadas definidas para cada título*
- *Organizar la estructura curricular en base a:*
  - *Ciencias Básicas de la Ingeniería,*
  - *Tecnologías Básicas,*
  - *Tecnologías Aplicadas y*
  - *Ciencias y Tecnologías Complementarias*

Analizaremos a continuación, a grandes rasgos, los desafíos que nos impone a las facultades y carreras de ingeniería la implementación de un modelo de formación de ingenieros que cumpla con las exigencias de la evolución científica y tecnológica y las demandas actuales y futuras de la sociedad tanto a nivel global como territorial.

### **ACTUALIZAR Y CONSOLIDAR EL ACTUAL MODELO DE FORMACIÓN DE INGENIEROS**

El modelo de formación de ingenieros implementado en Argentina, a partir de las propuestas de CONFEDI, Unificación Curricular de las carreras de ingeniería (Libro Azul-1996) y Propuesta de acreditación de carreras de grado de ingeniería (Libro Verde-2000) y fijados como políticas públicas a partir de las resoluciones ministeriales de estándares para la acreditación de carreras de ingeniería logró los objetivos de:

- Evitar la dispersión de títulos y por ende clarificar los alcances de los títulos para el ejercicio profesional,
- Evitar la utilización de la palabra ingeniería para carreras que no cumplen con la definición adoptada,
- Asegurar una intensidad de la formación práctica y cargas horarias mínimas por bloques,
- Fijar un corpus común de contenidos para carreras del mismo título,

- Fijar una duración teórica de las carreras de cinco años,
- Asegurar el cumplimiento del modelo por el 100% de las carreras de ingeniería del país.

Este modelo de formación de ingenieros, concebido, diseñado e implementado entre 15 y 20 años atrás, no sólo cumplió sus objetivos, sino que permitió posicionar a la ingeniería argentina como un referente latinoamericano y mundial y los graduados de todas las carreras de ingeniería del país son reconocidos por la calidad de su formación disciplinar tanto en el sector productivo y de servicios como en los proyectos de movilidad académica.

Pero el mundo, la sociedad, las exigencias laborales los nuevos conocimientos, las tecnologías fundamentales y de aplicación han tenido cambios sustanciales en esas dos últimas décadas y por ende a los profesionales de la ingeniería no sólo se les exige “saber ingeniería”, sino “ser ingenieros con visión sistémica y capacidad de liderazgo”.

“Ser ingenieros con visión sistémica y capacidad de liderazgo” implica entonces “saber ingeniería”, “saber hacer ingeniería” y “saber ser ingeniero” teniendo en cuenta que los proyectos de ingeniería exceden la profesión y tienen un impacto social, económico, ambiental, político, cultural y legal entre otros aspectos.

Por ello es que en el Libro Rojo los verbos utilizados fueron “**Actualizar y consolidar**”. No es el objetivo cambiar el actual modelo que nos ha demostrado que formamos ingenieros que “saben” ingeniería y “saben hacer ingeniería” a través del aseguramiento de la intensidad de la formación práctica, sino agregar sobre estas fortalezas la certificación del “saber hacer” entendidas como competencias logradas y agregar sobre este andamiaje, el “saber ser” entrecruzando las dimensiones que son afectadas por la labor del ingeniero para que sean analizadas sistémicamente con espíritu crítico y ética profesional. Por supuesto, todo esto, en un marco de mejora y actualización continua.

**El desafío de actualizar el “saber”, certifi-**

**car el “saber hacer” e incorporar el “saber ser” podría resumirnos la necesidad de actualización y consolidación del modelo.**

### **CONSOLIDAR UN MODELO DE APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ESTUDIANTE**

El desafío de actualizar el “saber”, certificar el “saber hacer” e incorporar el “saber ser” implica necesariamente centrarse en asegurar que el estudiante logra los aprendizajes necesarios que finalice con el logro del perfil de egreso definido por el plan de estudios.

Es necesario, comenzar entonces, por el cambio cultural, que las asignaturas ya no son un fin en sí mismo, sino un espacio curricular en que el estudiante participa de un proceso de aprendizaje que le permitirá acumular resultados de aprendizaje que aportarán a su perfil de egreso.

Por tanto, cada espacio curricular deberá definir claramente su aporte al todo, en el marco del plan de estudios, definiendo conocimientos, metodologías de enseñanza y aprendizaje, intensidad de la formación práctica, técnicas y herramientas utilizadas como soporte, que maximicen el aporte al aprendizaje por parte de los estudiantes.

Resulta relevante en este sentido adecuar las evaluaciones integrándolas a la formación y a los resultados de aprendizaje, entendidos como las competencias, que pretenden certificar en el espacio curricular. Resulta imprescindible ajustar las evaluaciones indagándonos como docentes ¿por qué y para qué tenemos que evaluar?, ¿qué queremos evaluar?, ¿quién va a evaluar?, ¿cómo vamos a evaluar?, ¿cuándo tenemos que evaluar?, ¿dónde vamos a evaluar?, ¿cuántas evaluaciones debemos realizar?, ¿sólo debemos evaluar, o quizás calificar, acreditar, ponderar o juzgar sean palabras que no puedan ser tomadas como sinónimos y se deban considerar?, ¿Es posible evaluar a través de la observación?, ¿Es posible evaluar para el aprendizaje y no sólo evaluar el aprendizaje? ¿Qué puede aportar la autoevaluación?

Por otro lado, siempre ha sido un objetivo

que el estudiante universitario no sólo cumpla con sus obligaciones, sino que realice cursos, participe en el gobierno de la universidad, en los centros de estudiantes o en redes de carreras, se involucre activamente en la comunidad, se inicie en la docencia, se incorpore en proyectos de investigación, vinculación o extensión. Lugares todos donde podrá desarrollar múltiples competencias asociadas con su perfil de egreso. Por lo tanto, surge inmediatamente la pregunta: ¿por qué no certificar curricularmente estas actividades extracurriculares en la medida de lo posible?

Finalmente, uno de los problemas de la graduación en nuestro país es la inserción laboral temprana, donde en general desarrollan actividades relacionadas con la carrera. Y aquí surge indefectiblemente la pregunta ¿Si el estudiante está aprendiendo conocimientos específicos, a hacer ingeniería y a ser ingeniero, no podríamos reconocer esa formación como equivalente a una serie de espacios curriculares, a través de las evidencias adecuadas presentadas por el estudiante, certificadas por su empleador o clientes y quizá defendidas ante un tribunal examinador?

**Los desafíos de un aprendizaje centrado en el estudiante, nos obliga a interpelarnos como docentes y gestores de carreras de ingeniería en todos estos aspectos donde el eje debe estar puesto en que el estudiante asegure el perfil de egreso a lo largo de la carrera y no donde, cuando ni con quien se produce este aseguramiento.**

### **DEFINIR UN MODELO COMPARABLE INTERNACIONALMENTE**

*“La formación de los ingenieros en Iberoamérica procurará garantizar que los egresados puedan ejercer su profesión con idoneidad, ética y competencia en cualquier lugar del mundo y, desde luego, prioritariamente en cualquiera de los países de la región gracias a su comprensión de los valores históricos, culturales y sociales que nos identifican”<sup>1</sup>.*

En este contexto el desarrollo de nuestros

<sup>1</sup> Asociación iberoamericana de instituciones de enseñanza de la ingeniería (ASIBEI). Documento perfil del Ingeniero Iberoamericano.

países se logrará en la medida que la cantidad y calidad de productos y servicios de la ingeniería sean competitivos para insertarse en los mercados mundiales, diversificando y agregando valor a la matriz exportadora y por ende al ingreso de divisas genuinas para el desarrollo sostenible.

Resulta imprescindible entonces que los ingenieros argentinos y latinoamericanos cumplan con un perfil de egreso comparable internacionalmente para que sus titulaciones sean reconocidas en cualquier lugar del mundo que le sea requerida y ese perfil de egreso sea certificado por estándares de aseguramiento de la calidad que además cumplan con acuerdos de buenas prácticas acordados por las acreditadoras internacionales.

El modelo de formación de ingenieros definido en el Libro Rojo es comparable y sustancialmente equivalente con los estándares de aseguramiento de la calidad aplicados en Sudamérica, Centroamérica, México, Estados Unidos y la Unión Europea, de modo que su cumplimiento estará sentando las bases para que los ingenieros argentinos puedan certificar su formación equivalente con los ingenieros formados en estos países.

Resta certificar que el proceso de acreditación cumple con los acuerdos de Buenas Prácticas Internacionales e implementar los acuerdos de reconocimiento de títulos firmados con los países mencionados.

**El desafío que tenemos por delante es que cada una de nuestras carreras de ingeniería forme ingenieros globales con pertinencia territorial, porque esa es la base necesaria e imprescindible para que la ingeniería argentina, y por tanto sus productos y servicios, sea altamente competitiva a nivel mundial.**

#### **DEFINIR UN ENFOQUE BASADO EN COMPETENCIAS Y DESCRIPTORES DE CONOCIMIENTO**

Como se ha planteado, el “saber” y “saber hacer disciplinar” de los graduados de ingeniería es reconocido por la sociedad, los propios graduados y en experiencias de interna-

cionalización.

Sin embargo, en general el “saber hacer” no se certifica y no se encuentra formalizado en los planes de estudio la cobertura de competencias sociales, políticas y actitudinales, así como también la capacidad de integrar y contextualizar lo disciplinar.

En el primer acuerdo de competencias genéricas de CONFEDI del año 2006 se definió:

- aluden a capacidades complejas e integradas,

- Están relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental),

- Se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional),

- Están referidas al contexto profesional (entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer),

- Están referidas al desempeño profesional que se pretende (entendido como la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido),

- Permiten incorporar la ética y los valores.

Por lo tanto, y como ya se expresó, las competencias no son “algo más” que hay que poner en los planes de estudio, sino que se deben generar las instancias de aprendizaje que permita el desarrollo y logro de las mismas por parte de los estudiantes mientras se apropian de los conocimientos específicos.

A modo de ejemplo, los estudiantes de ingeniería formulan y resuelven problemas de ingeniería, pero no siempre los docentes generamos las condiciones para que desarrollen la competencia de identificar previamente los problemas (competencia 1) o no les hacemos identificar claramente cuáles son las técnicas y herramientas de la ingeniería (competencia 4), aprendidas previamente, que mejor se ajustan y resultan más útiles para la resolución de un problema, o quizás a lo largo de la carrera no está previsto explicar y definir claramente que entendemos por contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas (competencia 5).

En cuanto a las competencias sociales, políticas y actitudinales,

- en general decimos que a los estudiantes

los hacemos trabajar en grupo, el cambio es que debemos desarrollar la “Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo” (Competencia 6),

- les pedimos informes escritos de distintos niveles de complejidad y presentaciones orales, el cambio es que debemos certificar la “Competencia para comunicarse con efectividad” (Competencia 7) e insistir con la necesidad de entender y expresarse en una segunda lengua,

- el actual bloque de Complementarias debe dejar de ser un compartimiento estanco y aportar transversalmente para su aplicación en las materias específicas y los proyectos integradores a la “Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global” (Competencia 8),

- en la medida que avanzan en la carrera los estudiantes sin excepción, incrementan su “Competencia para aprender en forma continua y autónoma”, sin que tengamos claro que competencias instrumentales cognitivas o metodológicas son las que aportan a su desarrollo,

- como se dijo, en general no se reconocen las actividades que los estudiantes realizan por iniciativa propia sin la exigencia obligatoria del plan de estudios, y por tanto, no generamos las condiciones para premiar la “Competencia para actuar con espíritu emprendedor”, donde además deberíamos analizar de qué modo influye por ejemplo la competencia interpersonal de automotivación y como ayudar a los estudiantes reconocer que es lo que más los motiva en su aprendizaje.

**El desafío que tenemos por delante es articular eficazmente un conjunto de esquemas, identificando en primera instancia que competencias se desarrollan prácticamente por defecto al incorporar el saber disciplinar de las carreras, sin forzar condiciones que profesores y estudiantes no puedan asegurar llevar adelante, realizando el máximo aprovechamiento de los**

**recursos disponibles, y con la tranquilidad que cada espacio curricular es una parte de todo y por tanto lo que no se pueda lograr se podrá realizar en otros, lo cual implica la necesidad de prever y estar dispuestos a realizar una adecuada articulación horizontal y vertical del plan de estudios.**

### **ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES RESERVADAS DEFINIDAS PARA CADA TÍTULO**

La resolución 1254/2018 fijó cuales son las actividades reservadas reguladas por el estado de cada título y cuáles son los “verbos” que las representan. A su vez, estas actividades reservadas son una parte del alcance del título que cada universidad defina para sus carreras.

Las actividades reservadas es el subconjunto de alcances de título que es fijado por el estado nacional, mientras que el resto es definido por las universidades. Y las universidades argentinas otorgan títulos habilitantes por lo que la habilitación profesional de cada graduado se corresponderá con los alcances del título.

En la confección del Libro Rojo, la comisión de acreditación del CONFEDI, solicitó a las Redes de directores de carreras que basados en las actividades reservadas fijadas se definieran las competencias específicas y los descriptores de conocimiento necesarios para asegurar las actividades reservadas, que es lo que exige el artículo 43 de la Ley de Educación Superior y esa tarea de las redes cumplió su objetivo siendo aprobada por el plenario de decanos e incorporada a la propuesta para 27 títulos de ingeniería.

En el diseño de los planes de estudio, las carreras deberemos asegurar lo allí fijado, y por otro lado profundizar, incorporar o regionalizar alcances, así como agregar “los verbos no reservados” bajo el concepto que quien hace lo más también hace lo menos.

**El desafío será entonces dar pertinencia social y territorial a los alcances el título con el que habilitaremos a nuestros graduados en su ejercicio profesional asegu-**

rando el cumplimiento de las actividades reservadas y demostrando que esos alcances se desarrollan a lo largo del plan de estudios con la profundidad y calidad propia del título de ingeniero.

### **ORGANIZAR LA ESTRUCTURA CURRICULAR**

Si se observa el orden con que se dispusieron los descriptores de conocimiento en el Libro Rojo, se comenzó con las Tecnologías Aplicadas y ello no fue casualidad. Las Tecnologías Aplicadas son las aplicaciones (cambiantes en un lapso de unos pocos años) relacionadas de modo directo con las definiciones incorporadas en la actividad reservada número 1 de cada título y que son las tecnologías que un ingeniero debe diseñar, calcular, proyectar o planificar.

Las Ciencias y Tecnologías Complementarias se definieron como los conocimientos y competencias que permiten poner la práctica de la Ingeniería en el contexto social, histórico, ambiental y económico en que ésta se desenvuelve, asegurando la formación de ingenieros para el desarrollo sostenible.

En tanto que las Tecnologías Básicas y las Ciencias Básicas de la Ingeniería deberán incorporar los conocimientos, técnicas y herramientas, es decir, las competencias estrictamente necesarias para su utilización en la resolución de los problemas de ingeniería, actividades integradoras de proyecto y diseño y práctica profesional supervisada, que se requiera en el plan de estudios.

Se agrega como novedad, que las competencias y contenidos definidos para cada uno de los bloques curriculares podrán distribuirse y desarrollarse libremente a lo largo del plan de estudios.

**El desafío será en primera instancia, definir un plan de estudios muy sólido en cuanto al aseguramiento del perfil de egreso que contemple los alcances del título definidos, verificado mediante mecanismos de trazabilidad, romper los ciclos estancos, en particular entre ciencias básicas y ciclo de especialización, a través de**

**mecanismos como conocimientos just-in-time, por ejemplo, y especialmente recortar contenidos superfluos o no necesarios para alcanzar el perfil de egreso. Debemos internalizar como docentes y gestores de carreras que es más importante la competencia aprender en forma continua y autónoma que insistir con algún conocimiento por “si alguna vez lo necesita”.**

**Resumiendo, el gran desafío es diseñar planes de estudio que acerquen el tiempo real de la carrera al tiempo teórico para los ingresantes que cumplan con las competencias de ingreso y para estudiantes de tiempo completo, asegurando el perfil de egreso relacionado con los alcances del título.**

# Fortaleciendo vínculos con la región

Miguel Ángel Sosa <sup>1</sup>

Roberto Giordano Lerena <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Decano Facultad Regional Delta Universidad Tecnológica Nacional  
Presidente de Relaciones Internacionales de CONFEDI

<sup>2</sup> Decano Facultad de Ingeniería Universidad FASTA  
Presidente del CONFEDI

**E**n estos 30 años de CONFEDI la vinculación internacional, en particular con la región latinoamericana, ha sido un objetivo permanente con acciones que han dado importantes frutos en términos de cooperación interinstitucional. Basta con ver los efectos de los acuerdos y documentos de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) en la educación de la región para valorar el rol protagónico que CONFEDI tuvo en esa asociación desde su fundación y primera presidencia y que tiene hasta nuestros días, integrando su Comité Ejecutivo y Consejo Asesor.

En el primer semestre de 2018, el trabajo de relaciones internacionales ha sido intenso y corresponde señalar una serie de acciones institucionales de suma importancia, para el fortalecimiento de las relaciones internacionales y presencia internacional de CONFEDI.

En adhesión a los festejos de los 100 años de la Reforma Universitaria de Córdoba, en esa misma ciudad se llevó a cabo la Conferencia Regional de Educación Superior de América Latina y el Caribe de la UNESCO, CRES2018. La misma contó con la presencia de los más importantes especialistas en educación superior, rectores, decanos, investigadores y más de 10000 asistentes de los diferentes países de la región.

Unos 15 decanos de CONFEDI estuvieron en la CRES2018 con una intervención importante en el Eje “La investigación científica y tecnológica y la innovación como motor del

desarrollo humano, social y económico para América Latina y el Caribe”. Los decanos presentes participaron de los talleres e hicieron sus aportes a los documentos de consenso y recomendaciones en este eje. Asimismo, los Ingenieros Héctor Aiassa (Rector de UTN), José Cuozzo (Decano IUA) y Roberto Giordano Lerena (Decano UFASTA) participaron de la mesa “El papel de las universidades tecnológicas y politécnicas en el desarrollo futuro de América Latina y el Caribe”, moderada por el decano anfitrión de la UTN Facultad Regional Córdoba, Ing. Rubén Soro.

En esa mesa, y en el marco de una ponencia que planteaba “Conocimiento ¿Para qué?” el presidente de CONFEDI hizo pública la propuesta a la UNESCO de extender el reconocimiento de las actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación a nivel regional, a partir de la experiencia de Argentina con los Proyectos de Desarrollo Tecnológico Social (PDTs). En nombre de CONFEDI y ASIBEI, y con el aval institucional del entonces Sr. Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación Argentina Dr. Lino Barañao, el Ing. Giordano Lerena propuso formalmente a la mesa que haga propia y eleve a la CRES 2018 la siguiente recomendación de plan de acción para los gobiernos de la región, tomando como referencia la experiencia de Argentina:

1. La incorporación a los sistemas nacionales de ciencia y tecnología de los países de la región, de instrumentos de promoción y reco-

nocimiento de las actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación con impacto social, con parámetros de consideración y evaluación sustancialmente equivalentes.

2. La creación de una Agencia de América Latina y el Caribe para la fundación y administración del Banco Latinoamericano de Proyectos de Desarrollo Tecnológico Social.

3. La generación de un Espacio Latinoamericano de promoción de proyectos multinacionales regionales de Desarrollo Tecnológico e Innovación con impacto social.

4. La generación de un Espacio Latinoamericano de cooperación, capacitación y movilidad para la gestión y desarrollo de proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación con impacto social en la región.

La intervención y propuesta de CONFEDI, que tuvo luego el respaldo del decano del IUA, Ing. Cuozzo, cuya intervención reforzó lo planteado como propuesta institucional, finalizó planteando que “en estos años del segundo centenario de la Reforma de Córdoba que apenas comenzamos a transitar, la Universidades debemos asumir un papel activo en el seno de la sociedad, especialmente para hacer frente a las nuevas necesidades sociales y ambientales, promoviendo y reconociendo el valor del desarrollo tecnológico y el conocimiento generado como medios para tales fines. Para eso el conocimiento. Para la independencia, para la soberanía cognitiva y la explotación por nosotros mismos de nuestro propio talento. Para ayudar a la sociedad latinoamericana a diseñar el futuro y ser dueña de su destino.”

Efectivamente, la mesa tomó las propuestas hechas por el presidente de CONFEDI y las incluyó en sus recomendaciones a la UNESCO, entendiendo que tales acciones devolverán a las Universidades en general, y a las Tecnológicas y Politécnicos en particular, un rol de protagonistas en la tarea de “Transformar nuestro mundo”, tal como propone la Unesco por medio de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En el marco de la 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Educa-

tion, and Technology realizada en la ciudad de Lima entre el 18 y 20 de julio de 2018, los presidentes del Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (LACCEI) y de CONFEDI, Ing. Adriana Páez Pino y Roberto Giordano Lerena, respectivamente, suscribieron un Convenio Marco de Cooperación interinstitucional que facilitará una serie de acciones conjuntas. Entre ellas, se prevé: Cooperación mutua en general; Promoción recíproca de actividades de capacitación, congresos, reuniones, etc; Organización de actividades de mutuo interés; Fortalecimiento de la formación de gestores y profesores; Desarrollo de instrumentos y programas conjuntos tendientes a la mejora de la enseñanza de la ingeniería, aseguramiento de la calidad, etc; Promoción conjunta y acciones de valoración y reconocimiento de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico para el desarrollo de la región; Cooperación para proyectos conjuntos; Promoción y fortalecimiento del Rally Latinoamericano de Innovación; Promoción conjunta del Programa de CONFEDI “Mujer en Ingeniería”; Desarrollo de publicaciones conjuntas extraordinarias entre ambas instituciones y/o sus respectivos miembros. En relación con estos últimos dos temas, Programa Mujer en Ingeniería y publicaciones conjuntas, ya se ha comenzado a trabajar en una publicación de alcance regional sobre la temática Mujer en Ingeniería, con el fin de reflexionar sobre el tema y dar visibilidad a casos destacados de ingenieras de la región, como una forma de reconocimiento y para alentar a las mujeres a concretar su vocación por la ingeniería. En lo que respecta al Rally Latinoamericano de Innovación, se conformó en LACCEI, un Comité Permanente de Desarrollo Tecnológico e Innovación que será el espacio de promoción de esta actividad y de todas aquellas de promuevan la innovación y el desarrollo tecnológico en la región. Participan de este Comité Permanente coordinado por el Ing. Miguel Ángel Sosa de CONFEDI, 8 universidades de América Latina y el Caribe.

Cabe destacar que el Ing. Sosa es actual-

mente Miembro de la Mesa Directiva de LACCEI y como tal, participa de sus reuniones virtuales mensuales y decisiones que incluyen a la fecha la posibilidad de llevar a cabo la Conferencia Anual de LACCEI en Argentina en 2021.

Este Comité Permanente de LACCEI sobre Desarrollo Tecnológico e Innovación se ha constituido como un espacio académico para el debate, la reflexión, la construcción colectiva de conocimiento, la docencia e investigación, la generación y fortalecimiento de relaciones interuniversitarias, la integración interinstitucional e interpersonal, el desarrollo de competencias, y la realización de actividades dinamizadoras y promotoras del Desarrollo Tecnológico y la Innovación en América Latina y el Caribe, en un marco de articulación de LACCEI con otras instituciones como CONFEDI y ASIBEI, habiéndose propuesto como Objetivos Generales:

- Contribuir a maximizar el aporte de los ingenieros al desarrollo territorial sostenible en su espacio de influencia, en un marco de fortalecimiento de la cooperación regional.
- Promover y fortalecer las actividades de desarrollo tecnológico, transferencia de conocimientos tecnológicos y contribución a las innovaciones atendiendo a las necesidades socio-productivas locales y a la integración regional.

Entre las acciones iniciales previstas, el Comité adhiere al RALLY LATINOAMERICANO DE INNOVACION que se desarrolla bajo la Coordinación General del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina (CONFEDI), y a la CÁTEDRA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACION (IBERODETI) de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), también liderada por el CONFEDI.

En el ámbito de ASIBEI, representantes de CONFEDI participaron de la primera reunión anual del 2018, realizada en Río de Janeiro, con la organización del Instituto Militar de Ingeniería, en el marco del Foro Internacional de Gestores de Instituciones de Educación en Ingeniería 2018. En la reunión se hizo el

seguimiento del avance de los ejes estratégicos de la Asociación y se presentaron las propuestas de continuidad para el próximo período. Se resolvió que la segunda reunión de 2018 se llevará a cabo en la ciudad de Iquique, Chile, con la organización del Consorcio de Decanos de Ingeniería de Chile (CONDEFI), la Universidad Arturo Prat, la Universidad de Antofagasta, la Universidad de Santiago de Chile y la Universidad Católica del Norte. La reunión se realizará en el marco del 1er Encuentro Iberoamericano de Facultades de Ingeniería en la Gestión de Desastres Naturales, los días 24 y 25 de octubre de 2018. También se resolvió que la primera reunión del 2019 se realizará en el mes de julio, en Jamaica, en forma conjunta con la multiconferencia internacional de LACCEI, de acuerdo con la Carta de Intención suscripta durante el VII Encuentro del GEDC LATAM, en Buenos Aires en 2017.

El Capítulo Latinoamericano del Global Engineering Deans Council (GEDC-LATAM) llevó a cabo su VIII Encuentro de Decanos u otros directivos de Facultades, Escuelas, Universidades o Institutos Tecnológicos de América Latina y el Caribe, integrados al Global Engineering Deans Council (GEDC), en la Universidad Estatal de Milagro, en la Ciudad de Milagro, Ecuador, los días 10 y 11 de septiembre pasado.

El GEDC es una organización fundada en 2008 en París, Francia, y que actualmente congrega a más de 200 Decanos de Ingeniería de los cinco continentes, y GEDC LATAM conforma su capítulo en Latinoamérica. La misión de GEDC-LATAM es facilitar la colaboración entre los decanos de ingeniería de la Región, representarlos en el GEDC y promover el avance de la educación en ingeniería, la investigación y el servicio a la comunidad en la Región.

Este VIII Encuentro del GEDC LATAM se organizó en torno a sesiones, donde los Decanos tuvieron la oportunidad de intercambiar visiones y experiencias, a partir de las conferencias de especialistas internacionales, paneles de discusión, mesas de articulación

entre Facultades de Ingeniería, y su Asamblea Anual en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro, que se constituyó en la anfitriona del evento GEDC-LATAM-2018 y el tema central fue: “La Inteligencia Artificial en la Enseñanza de la Ingeniería”, a través del cual se pretendió continuar el debate de las tendencias en procesos de enseñanza-aprendizaje y analizar cómo lo deben afrontar las Facultades de Ingeniería, para contribuir a su mejora continua, planteando estrategias que permitan a los Decanos de Latinoamérica enfrentar el reto de la enseñanza de la ingeniería, en el contexto actual en que se desarrollan sus estudiantes.

El Ing. Miguel Ángel Sosa presentó los avances de los distintos Comités o propuestas de trabajo de los mismos, establecidos en el encuentro 2017 celebrado en Argentina, bajo su Presidencia.

En este marco como aporte al Comité de Desarrollo Curricular y Acreditación de Carreras presentó el Libro Rojo del CONFEDI. Y en cuanto al Comité de Desarrollo Tecnológico y Transferencia presentó la experiencia de los PDS en Argentina.

En el marco del Comité de Políticas de Integración Regional, el Ing. Juan Carlos Espinoza Ramírez Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Chile presentó la articulación de su Facultad con la Facultad Regional Delta, de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, conducida por el Ing. Sosa.

Resultó muy importante la presencia de la presidenta del GEDC Natacha de Paola quién aportó su visión sobre el desarrollo futuro del mismo definiendo sus prioridades estratégicas entre las que se destacan:

- Movilidad: profundizar el intercambio global de programas, estudiantes y Facultades, por lo cual se conformará una plataforma para apoyar el intercambio global de programas, estudiantes y profesores (presenciales y virtuales), aprovechando los diversos desafíos y oportunidades que existen en todo el mundo, se está trabajando para desarrollar una plata-

forma digital, que sirva de foro para el intercambio de información y oportunidades, que servirá para nuestro propósito de proporcionar acceso a todos los miembros para compartir oportunidades y construir asociaciones. El concepto es tener un lugar para que los miembros de GEDC publiquen oportunidades de su propia institución y región y para poder revisar lo que está disponible en las instituciones y regiones de otros miembros

La intención es una plataforma de fácil acceso que enumere los proyectos y / o competencias estudiantiles buscando socios para colaborar en línea o en el sitio, espacios abiertos en laboratorios de investigación para alojar a estudiantes visitantes / de intercambio, programas de intercambio estudiantil, pasantías, oportunidades para profesores sabáticos, enseñando un curso en el extranjero, etc.

- Investigación Interinstitucional: facilita conformando redes la investigación y la consecución de fondos internacionales.

El objetivo es facilitar la creación de colaboraciones de investigación internacionales interinstitucionales, caracterizadas por la conformación de equipos con un conjunto único de conocimientos complementarios, que trabajarán en un desafío global y desarrollarán estrategias para competir por financiamiento internacional.

Se organizaron talleres para reunir a los miembros de GEDC, para identificar temas de investigación de interés común y formar equipos de investigación con miembros que aporten conocimientos complementarios, y se espera que la Plataforma desarrollada para apoyar la Movilidad entre los miembros de GEDC, sirva como un foro para explorar e intercambiar ideas y oportunidades para asociaciones de investigación.

- Interacción Académica-Industria: reconociendo la importancia de su compromiso y apoyo en el éxito de nuestra misión, se desarrollará nuevas asociaciones con la industria y organizaciones multilaterales mientras continuamos fortaleciendo las existentes. Habrá eventos regionales que serán específicos para la industria de la región, buscando el

compromiso de la industria local.

Cabe resaltar que en esta sesión asumió la presidenta del GEDC LATAM para el período 2018-2019, la Ing. Jesennia Cárdenas Cobo, Decana de la Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad de Milagro- Ecuador (UNEMI). El Ing. Miguel Sosa continuará como Presidente Inmediato Pasado, durante el año de su mandato.

El Comité Ejecutivo de GEDC-LATAM está conformado por el presidente, el Presidente Electo, el Presidente Inmediato Pasado, y la Directorio el cual se renueva en su Asamblea Anual. En este encuentro el cargo de Presidente Electo ha quedado vacante y en el nuevo Directorio se destaca la presencia de dos Decanos de CONFEDI, el Ing. Roberto Giordano Lerena, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA y el Ing. Osvaldo Sposito, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Matanza.

En función de la Carta de intención suscrita durante el VII Encuentro en Buenos Aires, en la cual se acuerda trabajar para la articulación de distintas organizaciones de Enseñanza de la Ingeniería incluyendo a LACCEI, ASIBEI, GEDC LATAM, ISTECA y la RIAC de la OEA, se habilita a la Presidencia para realizar las gestiones necesarias, a fin de que el GEDC LATAM pueda concretar adherir a la Reunión de LACCEI y ASIBEI en Jamaica en 2019, estableciendo también una posible reunión preparatoria en marzo- abril de 2018 en la Universidad de Miami que ha ofrecido sus instalaciones para éste fin o bien para llevar a cabo el Encuentro Anual 2019, quedando como alternativa para su concreción.

Estas instituciones presentan, tanto en su conformación como en sus programas, aspectos complementarios ya que mientras GEDC LATAM reúne Decanos y Directivos y ASIBEI es una asociación de asociaciones, LACCEI tiene como miembros en general a Universidades. ISTECA desarrolla acciones y proyectos para transferir tecnología a la región, y RIAC/OEA Gobiernos y Universidades.

En el mismo sentido de afianzar las rela-

ciones interinstitucionales internacionales y fortalecer la cooperación en el campo de la ingeniería militar, la Escuela Superior Técnica del Ejército "General de División Manuel Nicolás Savio" organizó el primer Encuentro de Decanos de Ingeniería Militar de Iberoamérica, que se llevó a cabo en la misma sede de la Escuela, entre el 21 y 25 de mayo de 2018. La recepción a los representantes de los países presentes estuvo a cargo del Sr. Jefe del Estado Mayor General del Ejército, General Pasqualini. Acto seguido, comenzaron las actividades académicas que se prolongaron por toda la semana, con la presentación del Decano de la EST y miembro de CONFEDI, coronel Marcos Horacio Mansilla, que presentó la historia y realidad actual de su institución, reconocida como referente regional por los visitantes iberoamericanos. Finalmente, para cerrar la primera jornada de trabajo académico, el presidente de CONFEDI, Ing. Roberto Giordano Lerena, acompañado del presidente de la Comisión de Relaciones Internacionales, Ing. Miguel Ángel Sosa, presentaron un panorama de la educación en Ingeniería en Argentina y los desafíos que se avecinan en lo que hace a estándares y cambios de paradigmas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. CONFEDI comprometió todo su apoyo institucional a las iniciativas y proyectos multilaterales que surjan de este y los sucesivos eventos que contribuyen, sin dudas, a la mejora de la educación en ingeniería, en general.

Por último, y en lo que respecta a publicaciones internacionales, cabe destacar la edición conjunta con la Asociación de Facultades de Ingeniería de Colombia (ACOFI) del libro "Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería. Experiencias en América Latina". Publicado por ambas asociaciones, y editado en Bogotá, en Julio de 2018 (ISBN 978-958-680-083-9), el libro es uno de los resultados del acuerdo de cooperación entre CONFEDI y ACOFI en la permanente tarea de construcción de la calidad de la educación en ingeniería en América Latina. Recoge aportes de Argentina y Colombia, y experiencias de Brasil, Chile y Ecua-

dor, y contiene tres documentos de orden regional sobre aseguramiento de la calidad en programas de ingeniería, elaborados por la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), el Consorcio Iberoamericano para la Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC, por sus siglas en inglés) y el Consorcio de Instituciones de Ingeniería de América Latina y el Caribe (LACCEI, por sus siglas en inglés).

Con esta obra, las dos entidades contribuyen al fortalecimiento de la ingeniería en la región, poniendo a disposición de las facultades y docentes de ingeniería, una serie de trabajos de gran valor producidos por destacados autores. Por CONFEDI, Uriel Cukierman (UTN) expresa de manera muy precisa la transformación de la educación en ingeniería, al pasar de un modelo centrado en el profesor a otro centrado en el estudiante, para lograr que, por medio de mejores aprendizajes, se siga garantizando la calidad en los programas de ingeniería. Daniel Morano (UNSL) expone todo el proceso histórico de la formación de ingenieros en su país, hasta llegar al contexto actual y propositivo en el marco de la calidad en los programas de ingeniería. Roberto Giordano Lerena (UFASTA) describe el proceso de diseño de los estándares de calidad de segunda generación para las carreras de ingeniería de Argentina, con un foco muy claro en la mejora de la educación en ingeniería. Un libro de lectura recomendada para los gestores de la educación en ingeniería en América Latina y Caribe y que muestra al mundo, parte del quehacer que se lleva a cabo en esta parte del globo.

En síntesis, ha sido este un semestre de mucho trabajo en el plano internacional que sigue evidenciando la vocación de cooperación interinstitucional de CONFEDI y el papel de referencia en la educación en ingeniería en la región.

## AGENDA DE INGENIERÍA

## AGENDA 2018

Mercedes Montes de Oca

Secretaria Ejecutiva CONFEDI

## NACIONALES

**14° TALLER DE IDENTIFICACIÓN Y FORMULACIÓN DE PDTs**

El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería CONFEDI, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación MinCyT y la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF) invitan a participar del 14° Taller Regional de Formulación de Proyectos de Desarrollo Tecnológico Social (PDTs).

Estos talleres regionales dan continuidad a la tarea sostenida por el CONFEDI en los últimos años en orden a promover el desarrollo tecnológico social nacional en el ámbito universitario y la acreditación e incorporación de PDTs al Banco Nacional del MinCyT.

El encuentro, organizado localmente por la Secretaria de Investigación y Desarrollo de la UNTREF prevé la presentación del Sistema de Acreditación de Proyectos de Desarrollo Tecnológico Social del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y una actividad práctica tendiente a facilitar la tarea de identificación y formulación de PDTs.

**27 de noviembre 2018****UNTREF – Buenos Aires**

<https://confedi.org.ar/portfolio/14tallerregionalpdt/>

**MECOM 2018: XII CONGRESO ARGENTINO DE MECÁNICA COMPUTACIONAL**

La serie de congresos ENIEF/MECOM son reuniones anuales realizadas con el auspicio de la Asociación Argentina de Mecánica Computacional para promover la difusión de información científica y tecnológica sobre méto-

dos computacionales en ingeniería, favorecer el intercambio científico y profesional del uso de los métodos numéricos y las técnicas computacionales, tanto a nivel de investigación como en transferencia al sector industrial, estimular la investigación y el aprendizaje de las teorías básicas de la mecánica computacional a nivel universitario y de posgrado.

**6 al 9 de noviembre 2018****San Miguel de Tucumán, Argentina**

<https://www.facet.unt.edu.ar/mecom2018/>

**VIII CONGRESO INTERNACIONAL Y 22ª REUNIÓN TÉCNICA DE LA AATH**

La Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón realizará este congreso con el objetivo de difundir, discutir y poner en conocimiento de la comunidad los nuevos avances y desarrollos sobre tecnología del hormigón, además, tiene como objetivo divulgando los avances de esta disciplina dentro de la comunidad técnica, que debe aplicar los resultados de las investigaciones. Este congreso se realiza en el centenario del primer despacho de cemento portland, efectuado en Olavarría. Paralelamente, se realizará un concurso nacional destinado a estudiantes.

**5 al 9 de noviembre de 2018****Olavarría, Argentina**

<http://www.aath.org.ar/>

**9° CONGRESO DE BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA COMPUTACIONAL**

La Asociación Argentina de Bioinformática y Biología Computacional, A2B2C, tiene el agrado de anunciar su noveno congreso. El congreso anual es el mayor evento nacional para la reunión y discusión de proyectos en el

área de bioinformática. El mismo cuenta además con talleres y cursos afines orientados a la formación complementaria en el área.

**20 al 23 de noviembre de 2018**

**Mar del Plata, Argentina**

<http://9cab2c.fi.mdp.edu.ar/>

### **CACIDI 2018 - CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA INFORMÁTICA Y DESARROLLOS DE INVESTIGACIÓN**

El Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación es organizado por el Centro de Investigación y Desarrollo en Informática de la Escuela de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), la Universidad CAECE, ambas de Argentina. Recibirá durante tres días a investigadores, desarrolladores, ingenieros, estudiantes y graduados de todo el mundo para debatir temáticas como Networking Technologies, High Performance Computing, Health-Care Technology, y Programming Language Theory, entre otras.

**28 al 30 de noviembre de 2018**

**Buenos Aires, Argentina**

<http://www.unsam.edu.ar/cacidi/>

### **CONAIISI 2018 – 6TO CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA – SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

El Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información (CoNaIISI) es una iniciativa de la Red RIISIC que constituye un espacio para la divulgación de las actividades de investigación de docentes y alumnos de las carreras de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información.

La 6° edición del CoNaIISI tendrá lugar entre el 29 y 30 de noviembre de 2018 en la ciudad de Mar del Plata, organizado por las facultades de ingeniería de las universidades locales: Universidad Atlántida Argentina, Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata y Universidad CAECE. Esta última será la sede del congreso, en sus instalaciones de Olavarría y Gascón.

La comunidad académica participa presentando trabajos, enviando artículos científicos

originales sobre ideas innovadoras, soluciones desarrolladas que aborden problemas reales, trabajos empíricos, estudios de caso, entre otros, en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información, ordenados en los siguientes ejes temáticos o tracks.

**29 y 30 de noviembre de 2018**

**Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina**

<http://www.conaiisi2018mdp.org/>

### **INTERNACIONALES**

#### **WORLD ENGINEERING EDUCATION FORUM & GLOBAL ENGINEERING DEANS COUNCIL - WEEF & GEDC2018**

Esta es la mayor reunión de educación de ingeniería en el mundo, que combina una serie de conferencias internacionales para reunir un gran número de interesados (por ejemplo, educadores de ingeniería, líderes, estudiantes, industria, organizaciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, etc.) para aprender, compartir y construir colaboraciones fructíferas y de largo plazo. En esta ocasión se realizarán en conjunto el VIII Foro Mundial de Educación en Ingeniería (WEEF), el X Consejo Mundial de Decanos de Ingeniería (GEDC), el XV Foro Global de Estudiantes (GSF) y el primero siempre Global Career Fair (GCF).

La Escuela de Ingeniería de la Universidad de Nuevo México, junto con el Consorcio Iberoamericano de Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC) y la Red Global de Innovación para el Emprendimiento y la Tecnología (GINET), serán los anfitriones del evento combinado WEEF-GEDC-2018. Este prestigioso evento, que se realiza por primera vez en los Estados Unidos, presenta un Desafío Global de Emprendedorismo.

**12 al 16 de noviembre de 2018**

**Albuquerque, NM, USA**

<http://weef-gedc2018.org>

#### **6 TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOOCS, INNOVATION AND TECHNOLOGY IN EDUCATION - MITE2018**

El objetivo de MITE 2018 es proporcionar

un foro para académicos y profesionales de diversos campos educativos y con intereses interdisciplinarios para establecer redes, compartir conocimientos y dialogar sobre el tema del fomento de la innovación y la excelencia en la educación en ingeniería. Con este fin, se invitan trabajos de investigación y orientados a la práctica que abarcan todos los aspectos de la educación en los campos de la ingeniería. La conferencia contará con presentaciones en papel tradicionales, talleres, así como conferencias magistrales de reconocidos expertos y autoridades educativas.

**29 y 30 de noviembre de 2018**

**Hyderabad, India**

**<http://miteconf.com/>**

**SHATIS'19 INTERNATIONAL  
CONFERENCE ON STRUCTURAL HEALTH  
ASSESSMENT OF TIMBER STRUCTURES**

Los tópicos principales del congreso son: Estructuras históricas, Códigos y directrices para la evaluación e intervenciones en estructuras de madera existentes, Ensayos No Destructivos, caracterización de materiales, evaluación del ciclo de vida, reparación, refuerzo y seguimiento de estructuras históricas, etc.

**25-27 September 2019.**

**Guimarães, Portugal**

**<http://www.shatis19.pt/>**

**XV CONGRESO LATINO-AMERICANO DE  
PATOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN Y XVII  
CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD  
EN LA CONSTRUCCIÓN, CONPAT 2019.**

La Asociación ALCONPAT-Internacional organiza los congresos CONPAT cada dos años en distintos lugares de Iberoamérica, España y Portugal; los mismos tienen carácter internacional, en este evento científico se presentan investigaciones esencialmente relacionadas con patología en la construcción, preservación de obras de patrimonio histórico y control de calidad en la Industria de la Construcción.

**8 al 10 de octubre 2019,**

**Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.**

**[http://www.alconpat.org/elemento\\_curso.php](http://www.alconpat.org/elemento_curso.php)**

## HISTORIAS Y ANÉCDOTAS DEL CONFEDI

# La Secretaría

Mercedes Montes de Oca

Secretaria Ejecutiva CONFEDI

**E**n 2009, el Comité Ejecutivo empezó a pensar en la necesidad, cada vez más evidente, de un espacio para la secretaría permanente del CONFEDI. Un espacio físico que pudiera albergar a sus socios, donde pudiera reunirse el comité en sus reuniones mensuales, concentrar el trabajo, recepcionar las consultas de las facultades socias, hacer difusión de actividades propias y las de sus socios y otras tantas actividades que hasta ese momento venían llevándose a cabo, por el secretario permanente y el presidente, este último con la complicación de que su mandato es de un solo año.

Casi llegando el 2010 y con el agregado de que el CONFEDI se había sumado a la organización del Capítulo de Educación del Congreso Mundial de Ingeniería 2010, esta necesidad se hizo aún más indiscutible.

Integrantes del comité ejecutivo, presidido en aquel entonces por el Ing. Carlos D'Amico, consigue un espacio en el edificio del Centro Argentino de Ingenieros, un aula que con espacio para una mesa de reuniones y un escritorio para quien sería el/la encargada de llevar adelante la administración de la secretaría ejecutiva.

Finalmente, a través de una convencional búsqueda laboral, me presento en el CAI en dos diferentes ocasiones, la primera para la entrevista habitual, en esos casos y, la segunda, ya preseleccionada, a una entrevista con el Secretario Permanente, Ing. Jorge Del Gener.

Recuerdo, a modo de anécdota, que fue tan amena la entrevista con Jorge que él en dos ocasiones me llamó "hija", como si le inspirara cierto cariño y respeto. Fue mutuo. Del mismo modo, antes de que me confirmara

que tenía el puesto (pues faltaba entrevistar a algunas personas), varias veces me referí al puesto como si ya fuera mío, en presente, sin condicionales. Al salir de la entrevista recuerdo haber comentado en casa, lo bien que me había caído esa persona que me había entrevistado y que ojalá me convocaran para el empleo.

En 2013, con motivo del aniversario de los 25 años y motivados por un nuevo objetivo – convocar a todas las facultades que dictarán carreras de ingeniería en el país, a sumarse al CONFEDI – se incorpora una nueva persona al staff de la secretaría. Con la llegada de Alaia Guruciaga, pudimos perfeccionar procedimientos y dar mejor respuesta a la demanda que el creciente trabajo del consejo nos va imponiendo, gracias a su responsabilidad y compromiso.

A lo largo de los años la Secretaría Ejecutiva ha crecido exponencialmente, en responsabilidades y logros, cosechando la confianza de las facultades socias y las asociaciones afines, como referente para todas las actividades del CONFEDI, lo que significa para nosotras un gran orgullo.

# Creadores de vocaciones ¡gracias!

Roberto Giordano Lerena

Decano Facultad de Ingeniería Universidad FASTA  
Presidente del CONFEDI

A los 8 años sabía que quería ser ingeniero. A esa edad ya había podido ver y “entender” lo que era la magia de la construcción, de la ingeniería. Esa magia que te seduce, que te encanta. La vi de cerca y tuvo un protagonista fundamental, el Ing. Enrique Manuel Gil; mi “tío negro”. Un amigo (podría decir un hermano) para mi padre, un tío para mí. Reconocido ingeniero civil de la ciudad. El ingeniero que construyó “mi casa”. Desde mi perspectiva de niño lo vi reunirse mil veces con mis padres, planos en mano, y conversar sobre un dibujo de lo que sería nuestra casa. Lo vi en la obra, con los obreros, y vi cómo partiendo de un terreno baldío, levantó una casa que fue motivo de alegría familiar y una nueva vida en la ciudad; la casa en la que pasé mi adolescencia; la casa en la que todavía viven mis padres; “Mi casa”. Veía su nombre en los carteles de las obras de la ciudad y veía cómo, de la nada, los edificios aparecían y eran habitados por la gente. Descubrí que hacer casas era algo desafiante y hacía feliz a la gente. Y descubrí que eso se llamaba ingeniería. Desde ese entonces supe que quería ser ingeniero; construir; levantar desde la nada; partir del papel para llegar a lo tangible; crear para hacer feliz a la gente. Había nacido mi vocación por la ingeniería. Esa idea me acompañó toda la infancia y adolescencia. Y me sigue acompañando.

Ya adolescente, cursando el quinto año del bachiller orientado en ciencias físico-matemáticas en el Colegio Central Universitario de la Universidad Nacional de San Juan, me encuentro en una salida con los compañeros del colegio con otro amigo de mi padre,

el Ing. Juan Carlos González Aubone. En los pocos minutos que conversamos me preguntó: “Ya sabés que vas a estudiar?”. Le respondí que pensaba estudiar ingeniería, pero que no sabía todavía cuál. Que había muchas que me gustaban, y le pedí opinión. Me dijo: “La carrera del futuro es la Ingeniería de Sistemas, porque en poco tiempo la informática atravesará a todas las otras ingenierías y revolucionará al mundo. Todas las ingenierías van a necesitar de la informática. Van a pasar cosas fantásticas de la mano de la tecnología informática. Va a cambiar el mundo”. No me olvidé nunca más de esa frase; de ese pronóstico; más que un consejo de sabio, fue una invitación movilizadora, una provocación.

El colegio secundario había sido entretenido y algunos docentes habían fortalecido mi vocación por la ingeniería. Recuerdo siempre a la Prof. Susana Pavet que nos hizo querer la física y las ciencias de la tierra, como a muchos otros que nos hicieron apreciar sus respectivas asignaturas. Profesores que hicieron de la matemática y de otras materias, espacios entretenidos, de descubrimiento, de adquisición de herramientas para entender el mundo. También hubo algunos profesores que nos hicieron odiar sus asignaturas; clases aburridas, donde había que repetir como un loro lo que el profesor quería escuchar. Clases que nos alejaban de la materia para siempre, cada día un poco más lejos. Profesores que no honraban a su materia en la docencia, que desalentaban a los alumnos de cualquier plan que tuviera que ver con ellas; en particular, de carreras universitarias que las tuvieran como troncales. Por suerte fue-

ron pocos. Pero esos pocos, incluso uno solo, puede terminar con una vocación juvenil.

Transitando ese laberinto de materias y profesores, llegamos al último año de la secundaria y apareció la materia más novedosa: Computación. Partimos de los conceptos básicos de hardware y software para pasar rápidamente a una introducción a la diagramación estructurada y luego a la programación en Fortran. Estábamos programando, pero con lápiz y papel... no teníamos computadoras en el colegio. Nos las imaginábamos. Y nos apasionábamos con cada programa; cada ejercicio era un juego, un desafío. Para que conociéramos una computadora, la profesora nos llevó al Centro de Cómputos del Gobierno de la Provincia de San Juan. Para nosotros, un lugar comparable con la NASA, arriba de la tienda Compresolo. Vimos las computadoras desde lejos. No podíamos entrar al lugar donde estaba la máquina. Ahí sólo entraban los ingenieros y programadores. La explicación que nos dio la profesora en ese lugar sobre las cosas que podían hacer las computadoras nos deslumbró. Nos dijo que las computadoras nos permitirían hacer mejores autos, mejores aviones, mejores casas, mejores ciudades, y que nos facilitarían la vida. Se refería con pasión a la informática y todas sus aplicaciones. Nos hablaba de crear un mundo distinto gracias a la informática; nos hablaba de ciencia ficción. Ahí entendí por qué era una ingeniería "que atravesaba a las otras ingenierías". Ahí supe que esa era mi vocación. La profesora se llamaba Myriam Larena; una señora, docente de alma, que marcó mi vocación y mi vida.

Después vino la facultad, Ingeniería en Sistemas en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, en Tandil. Llegamos a la ingeniería y a la informática; lo que esperaba. También allí uno encuentra docentes que sólo repiten conceptos o proponen ejercicios, y otros comprometidos, que saben llegar al alumno, que transmiten desde el corazón y nos hacen amar la asignatura y la profesión. Esos docentes calan en uno; te marcan.

Debo mencionar a Jorge Boria y a Alberto Tezkiewicz entre estos fenómenos que nos inyectaron pasión ingenieril en mis épocas de estudiante universitario.

Creo que es en la Facultad donde nace la vocación por la docencia, casi tímidamente. El Profesor Guillermo Delbue me propuso, en un gesto inesperado que reconoceré siempre, ser su ayudante de Sistemas Operativos cuando terminaba de cursar el quinto año de la carrera. "*Vos tenés pasta para esto. Te va a gustar.*" fueron sus palabras. Fui docente antes de ser ingeniero y mi vocación docente se fue fortaleciendo con el tiempo; me fue gustando. Sigo disfrutando de esa actividad, ininterrumpidamente, desde mis épocas de estudiante; cada año, cada semana, cada clase. Cuando la vocación ingenieril y docente se conjugan, hay chances de contagiarlas y espero haber logrado eso en algún estudiante.

La vocación es el pasaporte a la felicidad en el ejercicio de la profesión. Quien ejerce una profesión que no es su vocación sufre en su trabajo; el que sí, en cambio, disfruta de él.

La vocación, claro está, no siempre puede concretarse en una carrera. Miles de factores atentan contra ese objetivo. Hoy que la Argentina tiene más universidades y una variada oferta de carreras "a la vuelta de su casa", es un poco más fácil. Tuve que emigrar y "cruzarme el país" (de San Juan a Tandil) para estudiar lo que quería. Y lo hice porque, además de tener clara mi vocación, mis padres entendieron y acompañaron esa vocación (lo mismo pasó con mis hermanos) y pudieron costearlo, pese al contexto de país en que me tocó estudiar. Los padres, sin entrar en el aspecto del sostenimiento económico de la carrera, tienen un rol fundamental en acompañar o desarrollar la vocación del joven. En muchos casos son ellos mismos, o el legado familiar, los generadores de una vocación. Son el espejo en el que el hijo se mira para elegir una profesión. En otros casos la vocación se encuentra fuera de la familia, y el papel de los padres es clave para respetarla y fortalecerla.

Lo mejor que le puede pasar a un joven es tener una vocación clara; y si fuera una vocación profesional, ingresar a la Universidad con ella y con el apoyo de su familia y amigos. El camino es muchísimo más fácil de transitar. El objetivo final está muchísimo más cerca. Lo mejor que le puede pasar a la Universidad y al país, es tener jóvenes que estudian lo que les propone su vocación. Jóvenes enamorados de lo que estudian, con inquietud por aprender, descubrir y apropiarse de los conocimientos y prácticas de la disciplina. Jóvenes, en definitiva, apasionados; con la vocación como motor de esa pasión.

Por eso creo que hay que reconocer a los “creadores de vocaciones”. Agradecerles su “aporte social”. Hay miles ! están en cada familia, en cada colegio, en cada facultad; a veces escondidos, a veces inconscientes de su importante influencia en los jóvenes.

También, en cada espacio, es importante identificar y trabajar con los detractores de vocaciones; esos que con sus palabras y acciones terminan con la vocación de un chico. En los colegios secundarios tenemos muchísimos. Es un tema recurrente en conversaciones con alumnos del colegio secundario: “Pienso estudiar cualquier carrera que no tenga Física. No la banco. La profe *ta/* me hizo odiar la Física”. Frases como esas, gracias a profesores como esos, aplastan vocaciones. Algunos profesores no se dan cuenta... otros hasta parece que disfrutarían de su “misión” de terminar con las vocaciones de los chicos. Es gente que le hace mucho mal a cada uno de esos chicos y al sistema en general. Las carreras de Ingeniería en Argentina están fuertemente afectadas por la actuación de estos personajes.

Volviendo a los primeros, a los creadores de vocaciones, son personas que disfrutan de su profesión y contagian ese placer de trabajar en lo que les gusta a chicos y jóvenes que los miran atentos, que los espían, que los tienen de referencia, se identifican con ellos. Son personas de carne y hueso (no superhéroes) que, sin quererlo, a veces en conjunto con otras, nos inspiran, y ayudan a otro a que descubra una profesión; un camino para su

desarrollo profesional. Son silenciosos “creadores de vocaciones”. No trabajan de eso, pero lo consiguen. Y pueden ser muchos en una vida: padres, familiares, amigos, vecinos, maestros, profesores del colegio y la facultad, que contribuyen con un granito de arena a que otra persona descubra, construya o desarrolle su vocación. No siempre existen; pero cuando existen, son efectivos.

A los padres, como mínimo “acompañantes de vocaciones”, gracias ! Son cómplices imprescindibles. La realización y felicidad de los hijos debe ser también su realización y felicidad.

A los “creadores de vocaciones”, sobre todo en estos tiempos de poco compromiso en la Sociedad, muchas gracias ! Hacen un trabajo inconsciente, invisible, invaluable, pero importantísimo. Contribuyen a estudiantes y profesionales apasionados por lo que hacen, comprometidos con lo que hacen. Ayudan a la realización de otras personas. Hacen feliz a mucha gente.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Agradezco la invitación de la RADi para escribir sobre el tema vocaciones y la licencia para hacerlo desde lo personal, con el ánimo de reconocer, desde la subjetividad y experiencia personal, a todos aquellos que crean o contribuyen a crear vocaciones.

# Economía en calles sin pavimentar de suelo-cemento por uso de agente estabilizante

Julián Rivera<sup>1</sup>

Anael Porro<sup>2</sup>

Andrés Poletti<sup>3</sup>

Oscar Hansen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> UTN - Facultad Regional La Plata  
E-mail: jrivera@frlp.utn.edu.ar

<sup>2</sup> UTN - Facultad Regional La Plata  
E-mail: anaelarp@gmail.com

<sup>3</sup> CON-AID Argentina  
E-mail: tecnico@conaid.com.ar

<sup>4</sup> CON-AID Argentina  
E-mail: ohansen2010@gmail.com

## RESUMEN

Una de las maneras de tratar las calles sin pavimentar que están constituidas con ciertos tipos de suelos, es la de generar una mezcla superficial denominada suelo cemento. Esa mezcla puede registrar una economía si en lugar de parte del cemento a ser adicionado, se incorporan ciertos agentes estabilizantes químicos. Se analiza en la presente publicación como el ingeniero a cargo puede efectuar el análisis de la estructura del pavimento en tal sentido.

## ABSTRACT

One of the ways to treat an unpaved street, when it is constituted with certain types of soils, is to generate a surface mix of materials called soil cement. This mix can register an economy if part of the cement to be added is replaced by certain chemical stabilizing agents. In this publication in analyzed as the engineer in charge can perform the study of the pavement structure in this cases.

**PALABRAS CLAVE:** Calles no pavimentadas, base de suelo-cemento, estabilizantes de suelos.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos de mayor difusión para la estabilización de calles sin pavimentar que cuentan superficialmente con suelos de aceptable aptitud vial, es la de la generación de las capas conocidas como “bases de suelo ce-

mento” [1]. Desde el LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN-CIC, emplazado en la ciudad de La Plata, se decide analizar cómo estas bases pueden registrar una economía si en su constitución se les adiciona cierto contenido de un agente estabilizante químico, de

marcado menor costo, en reemplazo del cemento a utilizarse; generando una situación que permite una mejora social del entorno, pues más m<sup>2</sup> de superficie puede ser tratada con igual empleo de recursos. Este aspecto es de interés de las reparticiones viales a nivel nacional, provincial y municipal, como así también para entes privados, como es el caso de desarrolladoras de barrios privados, parques industriales, empresas concesionarias, etc. De entre éstas cabe destacar como demandantes en tal sentido, y potenciales adoptantes a aquellas con las que desde el LEMaC se mantienen convenios y se llevan acciones coordinadas, es decir la mayoría de los entes públicos y privados que entienden en la materia. Por citar sólo algunos, la Dirección Nacional de Vialidad, la Dirección de Vialidad de Buenos Aires, la Dirección de Vialidad de Mendoza, la Municipalidad de Magdalena, la desarrolladora EIDICO, el Parque Industrial Campana, la empresa Buenos Aires Zona Franca, entre otros.

Para eso se contacta a la empresa CON-AID Argentina, que entiende sobre este tipo de productos estabilizantes y se genera un proyecto PDTS conjunto, en tal sentido, denominado "Metodología para el análisis de capas viales de suelo, cemento y aditivo químico" (PCTI-255, Resolución MCTIP 20/17).

Se vuelcan aquí los primeros resultados a los cuales se ha arribado con los ensayos llevados a cabo en función del proyecto mencionado, en el marco de su primera etapa prevista. En su segunda etapa, se contempla la materialización de los avances en obra, lo cual no se ha podido realizar al día de la fecha.

## MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

### Materiales

Suelo seleccionado (SS) extraído de una cantera de los alrededores de La Plata, limo-arcilloso cuya clasificación Highway Research Board (HRB) fue A-4 (0) de acuerdo a la Norma VN-E4-84 [2].

Cemento Portland Compuesto (CPC-40). Es un cemento Portland compuesto con adiciones minerales, de los que habitualmente se emplean en la obra vial.

Aditivo químico denominado como B. Se lo

puede definir como un agente de superficie que modifica la capacidad de mojado de las partículas de arcilla. A su vez esta condición permite que las partículas de suelo se aproximen entre sí, generando estructuras posiblemente más densas. Se ha asignado con la letra B, a una de las marcas comerciales utilizadas en el proyecto de investigación.

### Procedimientos

Para el proceso de adición del producto B, se aplica la metodología establecida por su empresa proveedora, de diluir X cantidad de centímetros cúbicos en un litro de agua (en este caso, la cantidad diluida fue de 3 cm<sup>3</sup>) y de aplicar esta solución a razón de 10 cm<sup>3</sup> por cada kilogramo de suelo seco a ser tratado, continuando luego con la aplicación del procedimiento "LEMaC-B07/12 - Metodología para el análisis de la incorporación de un estabilizante químico de suelos en la estabilización de tipo suelo-cemento". [3]

Se comparan dos procesos de adición del producto para seleccionar el más apto; todo esto sobre mezclas del suelo seleccionado y del cemento empleado de referencia (suelo+cemento), y de esos materiales más la incorporación del estabilizante químico (suelo+cemento+estabilizante).

Un procedimiento con la incorporación del cemento y el estabilizante de manera simultánea (Tabla 1); y el otro aplicando un proceso de "curado" del suelo luego de haber sido adicionado el estabilizante, consistente en dejarlo al aire en ambiente de laboratorio durante 48 horas, para proceder luego a la incorporación del cemento, es decir una adición en forma escalonada (Tabla 2). Para seleccionar el método de trabajo, se realizan Ensayos de Compactación de acuerdo a la Norma VN-E5-65 (que permite obtener la densidad seca máxima  $D_{seca_{max}}$  y la humedad óptima  $H_{opt}$ ) y de Valor Soporte Relativo (VSR) según Norma VN-E6-84, que permite obtener el VSR y el Hinchamiento (H) [2]. Analizando los resultados obtenidos se observa que los VSR mediante la primera metodología de mezclado aplicable son superiores (es decir, mezclado en forma simultánea), por lo que se decide ratificarla para el resto del estudio.

**Tabla 1: Resultados mediante “mezclado simultáneo”**

CASO	ENSAYO DE COMPACTACIÓN		VSR	
	DSECA <sub>MAX</sub> (G/CM <sup>3</sup> )	HÓPT. (%)	VSR (%)	H (%)
SS + 1,5% CTO	1,426	27,8	17,9	0,2
SS + 1,5% CTO + 3 CM <sup>3</sup> DE B	1,435	24,4	20,3	0,5

**Tabla 2: Resultados mediante “mezclado escalonado”**

CASO	ENSAYO DE COMPACTACIÓN		VSR	
	DSECA <sub>MAX</sub> (G/CM <sup>3</sup> )	HÓPT. (%)	VSR (%)	H (%)
SS + 1,5% CTO	1,485	24,5	15,5	0,5
SS + 1,5% CTO + 3 CM <sup>3</sup> DE B	1,435	24,5	18,5	0,3

En esta instancia, se ejecutan también Ensayos de Compactación y VSR al suelo con una adición de 6 cm<sup>3</sup> de producto B, manteniendo la cantidad de cemento en 1,5 %, comprobándose que no se modifican los valores de referencia. Por esto se deduce que la dotación de estabilizante utilizada previamente sería la óptima para este material, al menos ante bajos contenidos de cemento, manteniéndola fija de aquí en adelante.

Finalmente, dentro de las metodologías empleadas, cabe destacar el ensayo de Resistencia a Compresión Inconfinada (RCI) necesario para los estudios llevados a cabo generalmente cuando los contenidos de cemento son elevados. Éste se ejecuta según la metodología “LEMaC-B05/15 - Resistencia inconfinada de capas de suelo cemento que emplean suelos finos”. [3]

## RESULTADOS

Se analiza la evolución de la Dseca<sub>max</sub> y Hópt a contenidos crecientes de cemento, en estabilizaciones de suelo+cemento, dados los resultados volcados en la Tabla 3. Además, se analiza esta tendencia en mezclas de suelo +cemento+estabilizante, según los resultados de la Tabla 4.

**Tabla 3: Análisis de compactación para suelo+cemento**

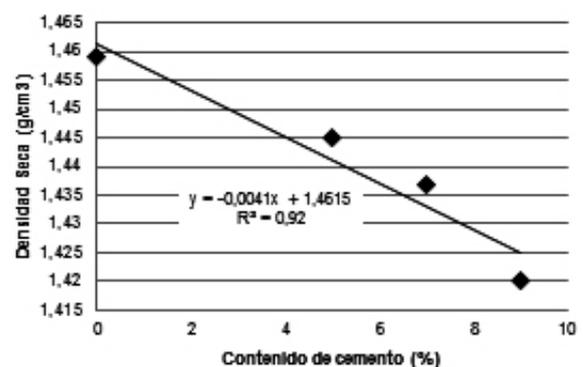
Caso	Ensayo de Compactación	
	Dseca <sub>max</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Hópt (%)
SS + 0% cto.	1,459	25,8
SS + 5% cto.	1,445	25,1
SS + 7% cto.	1,437	25,9
SS + 9% cto.	1,420	26,5

**Tabla 4: Análisis de compactación para suelo+cemento+estabilizante**

Caso	Ensayo de Compactación	
	Dseca <sub>max</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Hópt. (%)
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 0% cto.	1,453	25,7
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 5% cto.	1,469	24,8
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 9% cto.	1,506	23,8

En ambas tablas se observan valores aproximadamente constantes de la Hópt, próximos al 26,0%, razón por la cual se decide instrumentarlo como de referencia.

En la Figura 1 se observa la tendencia en cuanto a los resultados obtenidos de Dseca<sub>max</sub> que permiten la obtención de un Coeficiente de Determinación R<sup>2</sup> para la regresión lineal de 0,92 superior al límite empírico, generalmente establecido, para este tipo de estudios de 0,90 [4].


**Figura 1: Evolución Dseca<sub>max</sub> en mezclas suelo+cemento**

Como se puede observar, la pendiente de la gráfica de la Figura 1 es negativa; mientras que sucede todo lo contrario cuando se

analiza lo que sucede en la mezcla de suelo+cemento+estabilizante que se observa en la Figura 2. Esta tendencia también presenta un  $R^2$  aceptable, aunque claro está, esto se debe también a que en ambos casos los puntos que constituyen el análisis son muy reducidos.

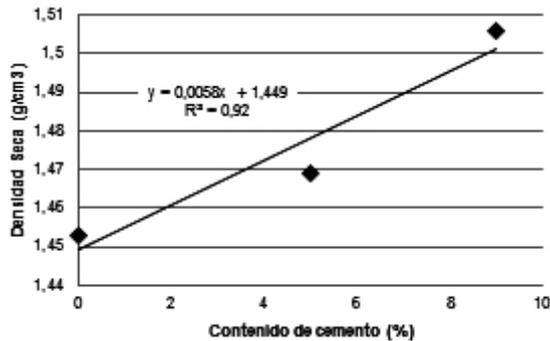


Figura 2: Evolución  $Dseca_{máx}$  en mezclas suelo+cemento+estabilizante

Para analizar si los rangos de  $Dseca_{máx}$  establecidos, en ambos casos, resultan significativos en cuanto a la RCI, se moldean probetas con mezclas con un mismo contenido de cemento (5 %), con valores de  $Dseca_{máx}$  de 1,440 g/cm<sup>3</sup> y 1,500 g/cm<sup>3</sup> y una Hópt de 26 %. Sobre estas probetas se determina su RCI, pudiéndose corroborar que las diferencias de  $Dseca_{máx}$  resultan significativas; ya que en las mezclas de suelo+cemento la RCI aumenta aproximadamente un 50 % entre los límites establecidos; y en las mezclas de suelo+cemento+estabilizante aumenta aproximadamente un 30 %. Por lo cual, se deduce que deben efectuarse los moldeos para cada contenido de cemento en función de la  $Dseca_{máx}$  que se estime para cada caso en particular.

A partir de las tendencias en los valores de Compactación, en ambos casos analizados, se estudian las resistencias alcanzables a través del ensayo de RCI. El estudio se aplica sobre el suelo con la adición del 2%, 3%, 4%, 5% y 7% de cemento, con las  $Dseca_{máx}$  obtenidas de las regresiones efectuadas en los casos de adición de estabilizante químico B y sin la adición del mismo. Los resultados son los volcados en la Tabla 5.

También se realizan los ensayos de VSR

para 1,5 %, 2 % y 3 % de cemento, poniendo en práctica el análisis de compactación necesario, obteniendo los resultados de la Tabla 6.

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DISCUSIÓN

Se observa de los resultados de la Tabla 5, que no pueden aplicarse determinaciones de RCI en contenidos de cemento menores al 2 %, por disgregarse las probetas, previo a su ensayo.

Tabla 5: Resultados de RCI para las diversas combinaciones

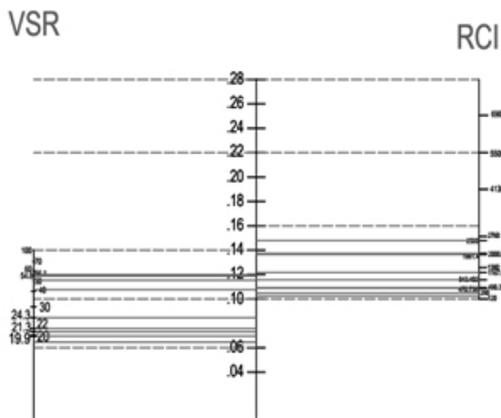
Caso	Val. de Ref.		RCI
	$Dseca_{máx}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Hum. (%)	
SS + 3cm <sup>3</sup> de B +2% cto.	1,461	26,0	Se disgregaron
SS + 3cm <sup>3</sup> de B +3% cto.	1,466	26,0	118,4
SS + 3cm <sup>3</sup> de B +4% cto.	1,472	26,0	490,4
SS + 3cm <sup>3</sup> de B +5 cto.	1,478	26,0	1167,0
SS + 3cm <sup>3</sup> de B +7% cto.	1,490	26,0	2569,4
SS + 2% cto.	1,454	26,0	Se disgregaron
SS + 3% cto.	1,450	26,0	256,6
SS + 4% cto.	1,445	26,0	470,7
SS + 5% cto.	1,441	26,0	843,4
SS + 7% cto.	1,433	26,0	2000,6

En la Tabla 5 se evidencia que a contenidos de cemento superiores al 4%, con el ensayo de RCI existe un incremento de la capacidad portante en mezclas de suelo+cemento+estabilizante, respecto de mezclas de suelo+cemento. La misma tendencia se repite para el ensayo de VSR para 1,5 % y 3 % de cemento, según se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6: Resultados de RCI para las diversas combinaciones**

Caso	Val. de Ref.		Resultados	
	Dseca <sub>máx</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Hum (%)	VSR (%)	H (%)
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 1,5% cto.	1,458	26,0	21,3	0,7
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 2% cto.	1,461	26,0	22,0	0,5
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 3% cto.	1,466	26,0	56,1	0,3
SS + 1,5% cto.	1,455	26,0	19,9	0,5
SS + 2% cto.	1,453	26,0	24,3	0,7
SS + 3% cto.	1,450	26,0	54,6	0,3

Para analizar la existencia de una correlación entre los valores obtenidos de RCI y VSR, y los correspondientes coeficientes estructurales asignables, según lo que propone la Guía AASHTO93 [5], se confecciona la Figura 3.



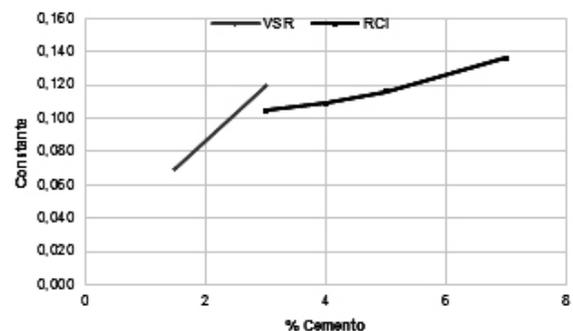
**Figura 3: Relación entre el coeficiente estructural AASHTO y los ensayos RCI y VSR.**

Los valores así obtenidos se vuelcan en la Tabla 7, generándose las gráficas comparativas entre los coeficientes estructurales y el % de cemento de la Figura 4 y la Figura 5.

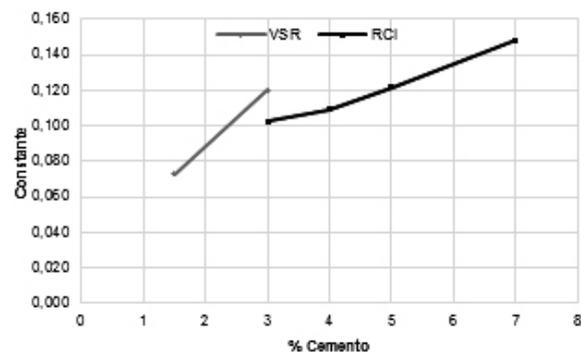
Se observa una incongruencia entre los coeficientes de aporte estructural obtenibles por una vía o la otra. Todo esto permite arribar a una serie de conclusiones.

**Tabla 7: Tabla resumen adoptada para los coeficientes estructurales AASHTO en cada combinación**

Caso	RCI (KPa)	VSR (%)	Coeficiente
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 1,5% cto.		21,3	0,073
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 3% cto.		56,1	0,120
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 3% cto.	118,4		0,102
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 4% cto.	490,4		0,109
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 5 cto.	1167,0		0,122
SS + 3cm <sup>3</sup> de B + 7% cto.	2569,4		0,148
SS + 1,5% cto.		19,9	0,070
SS + 3% cto.		54,6	0,119
SS + 3% cto.	256,6		0,105
SS + 4% cto.	470,7		0,109
SS + 5% cto.	843,4		0,116
SS + 7% cto.	2000,6		0,136



**Figura 4: Coeficiente vs. % de cemento para suelo+cemento**



**Figura 5: Coeficiente vs. % de cemento para suelo+cemento+estabilizante**

## CONCLUSIONES

Para las combinaciones de suelo, cemento y estabilizante químico analizados, puede arribarse a las siguientes conclusiones:

El proceso de mezclado del suelo+cemento+estabilizante, muestra resultados óptimos cuando se efectúa de manera simultánea.

Existe una tendencia a que la  $D_{seca_{m\acute{a}x}}$  disminuya con el incremento del contenido de cemento en mezclas de suelo+cemento, e incrementa en mezclas de suelo+cemento+estabilizante. Se observa en cambio que la  $H_{\acute{o}pt}$  se mantiene relativamente constante.

Debido a que las variaciones obtenibles en la  $D_{seca_{m\acute{a}x}}$  redundan en diferencias no despreciables en cuanto a RCI, es necesario efectuar ensayos de Compactación para cada combinación de suelo+cemento+estabilizante y suelo+cemento, que se decida analizar.

El ensayo de VSR permite poner en evidencia a contenidos de cemento del 1,5% el incremento en la capacidad portante obtenible en mezclas de suelo+cemento+estabilizante respecto de mezclas de suelo+cemento.

No es posible aplicar el ensayo de RCI en mezclas con menos de un 2 % de cemento, porque las probetas se disgregan previo a su ensayo; ni es posible poner de manifiesto el incremento en la capacidad portante obtenible en mezclas de suelo+cemento+estabilizante respecto de mezclas de suelo+cemento, en contenidos de cemento menores al 4 %.

Los coeficientes de aporte estructural AASHTO obtenibles por ambas vías para el 3 % de cemento, no son coincidentes, e incluso para arribar mediante RCI a los coeficientes alcanzables por VSR al 3 % de cemento, hay que analizar los valores obtenidos por esa vía para el 5 % de cemento.

Por lo señalado, es probable que el VSR al 3 % de cemento no sea un ensayo representativo de su aporte estructural, quedando ese contenido por fuera de los límites de aplicación del ensayo (el material no se comportaría como granular). Por otro lado, también es probable que hasta un contenido del 5 % de cemento, el ensayo de RCI se encuentre fuera de los límites de aplicación (el material

no se comportaría como claramente cementado). En resumen, subsiste al análisis tradicional para el caso abordado, una región indefinida en cuanto a su forma de tratamiento entre el 2 % y el 5 % de cemento, al efectuar una consideración estructural de la situación de acuerdo a AASHTO93.

Se deben corroborar los estudios realizados sobre muestras que presenten características diferentes a las del presente informe, por ejemplo, sobre un suelo más plástico (con mayor Índice de Grupo) y con otras dosificaciones del producto estabilizante.

Se han presentado los primeros resultados a los cuales se ha arribado con los ensayos llevados a cabo en función de la primera etapa del proyecto que da marco al trabajo. En su segunda etapa se contempla la materialización de los avances en obra, lo cual no se ha podido realizar al día de la fecha.

## REFERENCIAS

- [1] Rivera, J.; Botasso, G.; et. Al (2016). *Capas de suelo-cemento-estabilizante químico para el mejoramiento de caminos rurales*. Revista Ingeniería de la Asociación de Ingenieros del Uruguay, 77, 20-24, Montevideo.
- [2] DNV (1998). *Normas de Ensayos*, Dirección Nacional de Vialidad, Argentina
- [3] LEMaC (2016). *Guía de Metodologías y procedimientos para uso Vial desarrollados en el LEMaC*, Editorial edUTecNe, Argentina.
- [4] Bello, M. (2016). *Apuntes de la capacitación sobre predicción y bondad de ajuste*, Capacitaciones Software-Shop, Colombia.
- [5] AASHTO (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*, American Association of State Highway and Transportation Officials, EEUU.

Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs)

# Eliminación de arsénico en agua por medio de resinas modificadas con hierro

Claudia A. Neyertz<sup>1</sup>Melani A. Lucca<sup>2</sup>Bárbara S. Sanchez<sup>3</sup>Gustavo Mendow<sup>4</sup><sup>1</sup>Conicet. INCAPE<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química<sup>3</sup>Conicet. INCAPE

Facultad de Ingeniería Química

<sup>4</sup>Conicet. INCAPE

Facultad de Ingeniería Química

E-mail: gmendow@fiq.unl.edu.ar

Universidad Nacional del Litoral

## RESUMEN

El arsénico es un contaminante de origen natural o antropogénico, perjudicial para la salud humana, que se presenta en el agua en una amplia zona de nuestro país con valor superior al límite permitido por la Organización Mundial de la Salud (10 ppb). El objetivo de este trabajo es el estudio de dos resinas comerciales de intercambio aniónico (Diaion® WA30 y Amberlite PWA5) modificadas con Fe para el tratamiento de agua contaminada y su posterior implementación en filtros domiciliarios diseñados, teniendo en cuenta las necesidades de la población de la localidad de Progreso (Santa Fe). La fijación de nanopartículas de hierro se logra por reacción de intercambio. Las muestras obtenidas se caracterizaron por microscopía óptica, microscopía de transmisión electrónica y difracción de rayos X, observándose una buena distribución del hierro en el interior de la partícula esférica de resina con formación de distintos óxidos. Si bien este estudio continúa en desarrollo, se puede inducir de estos resultados preliminares el buen efecto del Fe sobre la resina PWA5.

## ABSTRACT

Arsenic is a contaminant of natural or anthropogenic origin, harmful to human health that occurs in water in a large area of our country with a value higher than the limit allowed by the World Health Organization (10 ppb). The aim of this work is the study of two commercial anion exchange resins (Diaion® WA30 and Amberlite PWA5) modified with Fe for the treatment of contaminated water and its implementation in domestic filters, designed taking into account the needs of the Progreso (Santa Fe) population. Fixation of iron nanoparticles is achieved by exchange reaction. The prepared samples were characterized by optical microscopy, electron transmission microscopy and X-ray diffraction, observing a good distribution of iron inside the spherical resin particle with formation of different oxides. Although this study continues in development, the good effect of Fe on the PWA5 resin can be induced from these preliminary results.

**PALABRAS CLAVE:** Arsénico, agua, resinas, nanopartículas, hierro

## INTRODUCCIÓN

El arsénico es un contaminante perjudicial para la salud humana que se presenta en el agua para consumo generando una gran preocupación a nivel mundial. De origen natural o antropogénico, se encuentra en alta concentración en diversos países como Taiwán, Chile, Argentina, México, Estados Unidos de América, Australia, Bangladesh e India. En nuestro país, se puede encontrar en una amplia zona. El consumo prolongado de agua y otros alimentos contaminados con dicho elemento puede ocasionar graves problemas de salud, entre los que se destaca la arsenicosis o hidroarcenismo crónico regional endémico (HACRE). Según una publicación del diario La Nación, uno de cada 10 argentinos vive en una zona donde el agua está contaminada con arsénico y un 2,6% de la población ya padece arsenicosis [1]. Esta reside, principalmente, en el norte de La Pampa, el este de Tucumán, 31 localidades de la provincia de Buenos Aires y el sur/sudeste de Córdoba, Santa Fe, Chaco, Santiago del Estero y Salta. Existen comunas cercanas a la ciudad de Santa Fe donde podemos encontrarlo con valores superiores a 10 ppb, el cual es el límite permitido por la Organización Mundial de la Salud [2]. En dichas localidades, los tratamientos de agua se realizan en planta por ósmosis y el suministro se encuentra centralizado. Esto genera que las personas deban concurrir con sus recipientes para llevar el agua a sus respectivos domicilios. Por lo cual, existe un gran porcentaje de habitantes que consumen el agua de red sin ningún tipo de tratamiento específico para reducir el contenido de arsénico.

En la actualidad existen varios métodos para remover el arsénico, siendo los más utilizados: la ósmosis inversa, la coagulación y la adsorción. De estas, la adsorción es el método más elegido desde el punto de vista operacional y económico. Se han estudiado distintos materiales tal de obtener adsorbentes eficientes, económicos, con alta área superficial y químicamente estables. Uno de los elementos más estudiados para estos adsor-

bentes es el hierro, ya que se ha determinado que la adsorción de un material puede aumentarse con muy bajo costo por el agregado de nanopartículas del mismo [3, 4]. Los intercambiadores iónicos con nanopartículas de óxido metálico fueron creados para generar un efecto sinérgico entre la alta selectividad del óxido y la gran resistencia mecánica de las resinas. Si bien ya existen formulaciones comerciales basadas en esta técnica, este tema de investigación se encuentra en amplia vigencia y desarrollo, ya que se busca aumentar el rendimiento y abaratar costos para lograr un producto de uso domiciliario.

El objetivo de este trabajo es la preparación de un material adsorbente basado en resinas comerciales de intercambio aniónico impregnadas con nanopartículas de hierro para la eliminación de arsénico del agua destinada a consumo humano. Este material debe cumplir con ciertos requisitos de estabilidad y rendimiento. En consecuencia, el material es probado con una solución preparada de arsénico y otros iones competidores, en concentraciones similares a las presentes en localidades cercanas a nuestra ciudad.

Esta investigación se realizó con un proyecto PPTS cuyo objetivo es que el material adsorbente obtenido pueda ser utilizado en un purificador domiciliario de agua, tal que beneficie a la Comuna de Progreso (adoptante del PPTS). El proyecto contó con el aval del Ministerio de Infraestructura y Transporte de la provincia de Santa Fe y de la Cooperativa de Agua de la comuna de Progreso.

## DESARROLLO

### Materiales y métodos

Se prepararon varias muestras a partir de resinas comerciales de intercambio aniónico (Diaion® WA30 y Amberlite PWA5). El hierro se depositó por intercambio iónico del complejo  $\text{FeCl}_4^-$ , el cual se generó por medio de la disolución de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Anedra) con solución de NaCl (Biopack) al 38 % con una relación en peso de 2:1. Posteriormente, se eliminó el sobrenadante, se trató con NaOH al 25% por 2 h y se lavó con agua destilada

hasta lograr un sobrenadante límpido y con pH neutro. De esta forma se obtuvieron las muestras presentadas en la Tabla 1, preparadas con el objetivo de lograr maximizar la fijación de hierro en las resinas. Los porcentajes en peso de Fe alcanzados se detallan en dicha tabla.

Las muestras se caracterizaron por medio de microscopía óptica, microscopía de transmisión electrónica, difracción de rayos X (DRX) y espectroscopía FTIR. Las imágenes de las muestras se obtuvieron en un estereo microscopio Leica S8APO, con fuente de iluminación LeicaL2 y cámara digital Leica LC3. Los estudios DRX se realizaron en un equipo Shimadzu XD-D1 con monocromador y radiación CuK $\alpha$  a una velocidad de 4 °/min. Los estudios de espectroscopía IR se realizaron con un equipo Shimadzu Prestige (acumulación 40 scans, resolución 4 cm<sup>-1</sup>) equipado con un detector MCT.

Las muestras fueron analizadas en la adsorción de arsénico con un reactor en flujo continuo utilizando una bomba peristáltica para su alimentación a un caudal de 1,4 mL/min. Una solución de 84 ppb de As(V) (precursor: Na<sub>2</sub>HAsO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, Biopack) conteniendo como iones competidores: 19 ppm NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 49 ppm SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 125 ppm HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 51 ppm Cl<sup>-</sup> y 14 ppm SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> se hizo pasar por 2,2 g (aproximadamente 4 mL) de muestra. La temperatura de alimentación del agua fue, en promedio, de 23 °C. La concentración de arsénico fue seleccionada teniendo en cuenta la concentración del agua de la Comuna de Progreso (que es una concentración típica de las encontradas en aguas de pozo de localidades cercanas a la ciudad de Santa Fe). El estudio se grafica como concentración de arsénico en función de la relación entre el volumen de agua tratada y el volumen de resina ( $V_{\text{trat}}/V_{\text{resina}}$ ). Las concentraciones de As se determinaron por espectrometría de absorción atómica (HG FIAAS).

El agua de la Comuna de Progreso utilizada en los experimentos tiene las siguientes características: pH 9, y composición iónica de As(V) 78 ppb, sílice 38 ppm, nitratos 22 ppm,

sulfatos 74 ppm y fosfatos indetectables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las muestras preparadas sobre las resinas de intercambio aniónico WA30 y PWA5 con sus respectivos porcentajes de Fe.

La distribución del hierro en el interior de la resina se estudió por medio de microscopía óptica. Los cortes transversales de las resinas comerciales y de las muestras R1c y R4 se presentan en la Figura 1. Se observa que las resinas comerciales sin impregnar son totalmente blancas pero después de la impregnación con hierro, éste pasa a colorear el soporte con distinta tonalidad amarronada. La distribución de todo el color dentro de la resina indica la buena distribución del hierro dentro del soporte. Por otro lado, la tonalidad obtenida no sólo indicaría la concentración de hierro fijado sino que también diferenciaría las distintas especies obtenidas.

Tabla 1: Detalle de muestras preparadas

Muestra	%Fe	Soporte	$V_{\text{trat}}/V_{\text{resina}}$
R1a	4,3	WA30	184
R1c	16,6	WA30	710
R2	5,7	WA30	930
R3	8,6	PWA5	3437
R4	11,2	PWA5	4760

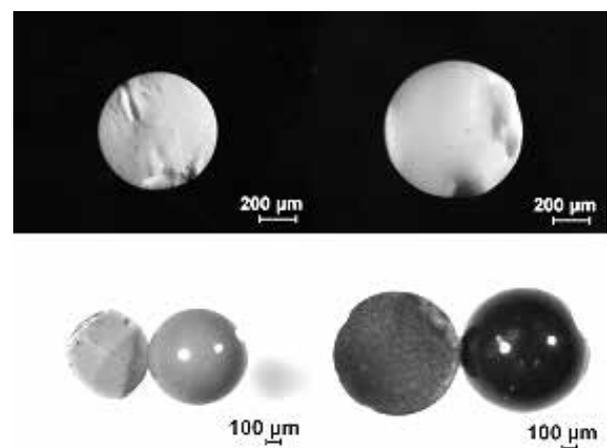


Figura 1: Observación por microscopía óptica de las muestras preparadas sobre los soportes WA30 y PWA5

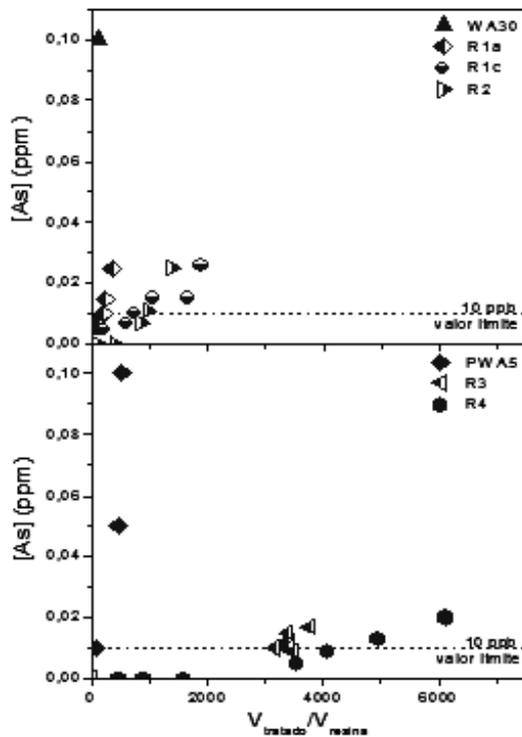


Figura 2: Breakthrough de las muestras preparadas sobre los soportes WA30 y PWA5

es muy baja, siendo PWA5 de un rendimiento ligeramente superior que WA30 (61 vs. 52 volúmenes de agua tratados, respectivamente). Sin embargo, la modificación con hierro de las resinas genera un incremento de la capacidad de adsorción, que depende de la resina comercial utilizada. Sobre las resinas modificadas con hierro se observa el mismo comportamiento que sobre las resinas puras, siendo las muestras soportadas sobre la resina PWA5 las que logran una mayor adsorción de As con respecto a WA30. Por otro lado, el %Fe fijado en las resinas afecta en forma proporcional la adsorción de arsénico. Como se observa en la Tabla 1 y la Figura 2, el aumento de concentración de hierro genera un aumento de la capacidad de adsorción de arsénico. Por ejemplo, las múltiples impregnaciones de hierro sobre la resina WA30 generan que la muestra R1c presente una mayor adsorción que R1a. En este caso, el volumen tratado de agua pasa de 184 a 710 cuando el %Fe pasa de 4,3 a 16,6.

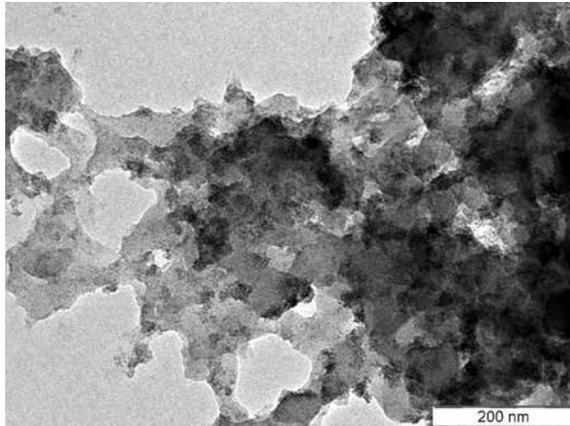
Considerando el efecto de la resina y del %Fe, se preparó R4 sobre PWA5 con mayor concentración de  $FeCl_4^-$  en solución. Esta muestra presenta una capacidad de adsorción de 4760 volúmenes de agua tratados por volumen de resina. La formación de las nanopartículas de hierro soportadas en la resina se pudieron observar por medio de microscopía de transmisión electrónica (TEM) (Figura 3). Siendo R4 la muestra de mejor rendimiento, se seleccionó para el estudio de la adsorción de arsénico en el agua de la comuna santafesina de Progreso con 78 ppb de As. Como se observa en la Figura 4, la capacidad de adsorción disminuye a 599 volúmenes de agua tratados por volumen de resina. Es sabido que la presencia de silicatos, fosfatos, sulfatos y ácidos húmicos disminuyen la capacidad de adsorción de As [5, 6]. Si bien el agua de la comuna no contiene fosfatos, su concentración de sulfatos y silicatos es superior al agua sintetizada en laboratorio (74 ppm vs. 49 ppm para sulfatos y 103 ppm vs. 14 ppm para silicatos, respectivamente) y analizada en la Figura 2. En consecuencia,

La caracterización de las muestras por DRX determinó la presencia de distintos óxidos de hierro:  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_2$  y  $FeOOH$ . Si bien no se presentan estos resultados, la baja intensidad de los picos indica un pequeño tamaño de partícula de hierro. El estudio por espectroscopia IR de las muestras preparadas determinó que la resina no se deteriora después de la fijación de hierro.

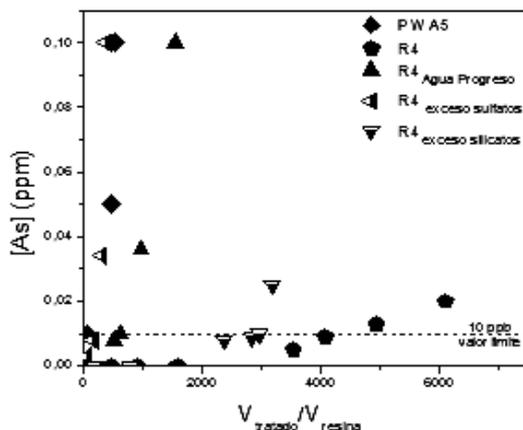
La adsorción de arsénico sobre las muestras se estudió en flujo continuo, utilizando una solución preparada con aprox. 80 ppb de As (V) junto a iones competidores ( $NO_3^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $SiO_3^{2-}$ ) usualmente presentes. En este estudio sólo se analizó la remoción de As(V).

En la Figura 2 se muestra el comportamiento obtenido para las muestras preparadas con ambas resinas. Los volúmenes de agua tratados respecto al volumen de resina, obtenidos antes de llegar al valor límite permitido de arsénico de 10 ppb se presentan en la Tabla 1. El estudio de las resinas comerciales puras determinó que la adsorción de As

se estudiaron con la muestra R4 dos nuevas soluciones sintéticas con una mayor concentración de sulfatos y silicatos (100 y 90 ppm, respectivamente).



**Figura 3: Observación por microscopía de transmisión electrónica (TEM) de la muestra R4**



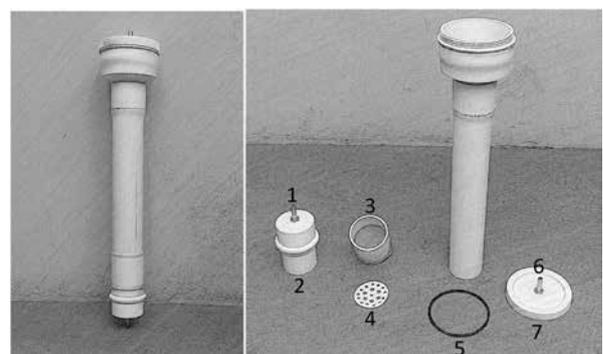
**Figura 4: Breakthrough de la muestra R4 en distintos tipo de agua**

Los resultados (Figura 4) indican un gran deterioro de la capacidad de adsorción con la presencia de un exceso de silicatos y no tanto así de sulfatos. El volumen tratado de agua sintetizada en laboratorio con exceso de silicatos y de sulfatos pasa a 185 y 2950 volúmenes, respectivamente. De esto se deduce que la menor adsorción de arsénico con la muestra R4 y el agua de la comuna de Progreso es debido a su concentración de silicatos. Es importante destacar que el pH del agua de la comuna es similar al del agua sintetizada en laboratorio (8,75 vs 9, respectivamente).

La regenerabilidad del adsorbente fue estudiada por medio del tratamiento de la mues-

tra R4 con 1L de solución de NaOH 1M en flujo continuo. Después de dicho tratamiento de regeneración se obtuvo un 89% de recuperación de la capacidad de adsorción de la resina.

Si bien la eliminación de arsénico con R4 no tiene un rendimiento muy alto con el agua de la Comuna de Progreso, su capacidad de adsorción y su regeneración se encuentran dentro de los valores adecuados para su utilización. Dicha resina será utilizada como relleno de un prototipo de purificador domiciliario diseñado durante este proyecto PDTs. Dicho dispositivo se presenta en la Figura 5 y tiene una capacidad para contener 1L de resina modificada. El agua a tratar ingresaría por la parte inferior del purificador y saldría ya tratada por la parte superior, después de atravesar el adsorbente R4. El mismo podría instalarse en forma tal de poder abastecerse del agua tratada o sin tratar, de acuerdo a la opción elegida. El costo estimado del purificador (incluyendo el material adsorbente) es de U\$S 25. De acuerdo a los resultados obtenidos para el agua de la comuna de Progreso, puede asegurarse que con este volumen de resina R4 podrían tratarse 500 litros de agua (500 volúmenes) con un costo de U\$S 0,05 por litro de agua. Es importante destacar que el costo de regenerar el material adsorbente es muy bajo, por lo que en el segundo ciclo de uso, el costo por litro de agua disminuiría notablemente.



1-Conexión entrada agua, 2-Niple, 3-Niple con malla de inoxidable soporte del adsorbente, 4-Soporte perforado, 5-Oring Tapa, 6-Conexión salida de agua, 7-Tapa a rosca.

**Figura 5: Prototipo de purificador domiciliario de arsénico.**

La implementación de este dispositivo con el adoptante del PDTs, conducirá a un feedback entre el grupo de investigación y los representantes de la Comuna de Progreso, que fortalecerá la interacción entre las respectivas partes.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten confirmar la fijación de hierro sobre las resinas comerciales WA30 y PWA5, sin alterar el material que se utiliza como soporte. En casi todas las muestras preparadas se observó que el hierro se encuentra en más de un estado de oxidación. La muestra preparada con PWA5, por intercambio y tratamiento con NaOH al 25% con alto porcentaje de hierro, demuestra una distribución homogénea del hierro tanto por microscopía óptica como por DRX. La misma presenta una buena adsorción de arsénico aún en presencia de iones competidores superando el rendimiento de la resina pura PWA5, según los resultados de los ensayos realizados con agua sintetizada en laboratorio. Sin embargo, su capacidad de adsorción disminuye al tratarse del agua de la Comuna de Progreso. Esto podría deberse a la presencia de silicatos. Si bien el estudio de estas muestras en la eliminación de arsénico continúa en desarrollo, se puede inferir de estos resultados preliminares el buen desempeño del Fe sobre la resina PWA5.

Si bien este desarrollo aún no se ha implementado, el dispositivo a ser instalado ya está construido y se prevé realizar las pruebas iniciales en el transcurso de este año, para lo cual se están coordinando las actividades con la Comuna de Progreso.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la comuna de Progreso, en especial al Sr. Presidente Julio Müller.

## REFERENCIAS

- [1] Diario La Nación del 20/12/2016 <https://www.lanacion.com.ar/1968733-cuatro-millones-de-argentinos-viven-en-areas-contaminadas-con-arsenico>
- [2] Organización Mundial de la Salud (OMS) <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>.
- [3] Taleb, K.; Markovski, J.; Milosavljević, M.; Marinović-Cincović, M.; Rusmirović, J.; Ristić, M.; Marinković, A. (2015). Efficient arsenic removal by cross-linked macroporous polymer impregnated with hydrous iron oxide: Material performance. *Chemical Engineering Journal*, 279, 66-78.
- [4] Sigrist, M.; Brusa, L.; Beldomenico, H.; Dosso, L.; Tsendra, O.; González, M.; Pieck, C.; Vera, C. (2014). Influence of the iron content on the arsenic adsorption capacity of Fe/GAC adsorbents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2, 927.
- [5] Nguyen, V. L.; Chen, W.H.; Young, T.; Darby, J. (2011). Effect of interferences on the breakthrough of arsenic: Rapid small scale column tests. *Water Research*, 45, 4069.
- [6] Padungthon, S.; German, M.; Wiriathamcharoen, S.; Sengupta, A.K. (2015). Polymeric anion exchanger supported hydrated Zr(IV) oxide nanoparticles: A reusable hybrid sorbent for selective trace arsenic removal. *Reactive and Functional Polymers*, 93, 84.

Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs)

# Desarrollo de una planta piloto de materiales magnéticos

Pagnola M.R.; Sirkin H.M.

Universidad de Buenos Aires  
CONICET - INTI  
E- mail: mpagnola@gmail.com

## RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo logrado mediante la ejecución de un proyecto FONARSEC, incorporado a la base de datos de los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social del MINCyT, con el cual se ha logrado el montaje de una Planta Piloto de Materiales Magnéticos de carácter semi-industrial para la producción de núcleos magnéticos utilizados en la industria eléctrica y/o electrónica, única por sus peculiaridades en América Latina y dentro del ámbito del Mercosur, relacionada al rubro energético. Esta planta produce materiales magnéticos amorfos y nanocristalinos que permiten elevar la eficiencia de algunos equipos de uso industrial hasta un 80%. Este desarrollo se ha logrado con la participación, dentro de un Consorcio Asociativo Público y Privado, de dos empresas del sector PyME que han contribuido a generar esta plataforma de I+D que brinda asistencia a los interesados en esta tecnología.

## ABSTRACT

This paper presents the development achieved in the FONARSEC project execution, incorporated into the database of the Technological and Social Development Projects with which the assembly of a Magnetic Materials Pilot Plant of semi-industrial nature has been achieved for production of cores used in electrical and/or electronic industry. Unique assembly, due to its peculiarities, in Latin America and within the Mercosur scope, related to the energy sector. This plant produces amorphous and nanocrystalline magnetic materials that increase the efficiency of some industrial equipment by up to 80%. This development has been achieved with the participation of two PyMEs that have contributed to generating this R&D platform in a Public and Private Associative Consortium that provides assistance to those interested in this technology.

**PALABRAS CLAVE:** FONARSEC, planta piloto, materiales magnéticos, ahorro energético, consorcio asociativo.

## INTRODUCCIÓN

La Planta Piloto de Materiales Magnéticos (PPMM) está diseñada para desarrollar a escala de prototipo industrial procesos destinados a la producción de materiales magnéticos de alta eficiencia que muestran sustanciales ventajas en cuanto a costos, ahorro de energía e impacto ambiental. Los productos a los que se destinarán estos materiales son nú-

cleos magnéticos e imanes, componentes esenciales de una gran variedad de dispositivos, fundamentalmente transformadores, motores, generadores, electroimanes, etc.

Las instituciones y empresas participantes son:

**El Laboratorio de Sólidos Amorfos (LSA)**, ubicado en la Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, donde se efectúan

investigaciones relacionadas con las propiedades estructurales y magnéticas de los sistemas a desarrollar, y donde se ensamblan las tecnologías que permitan la producción de estos productos a escala industrial. Esta Institución es quien provee el lugar para la instalación de la planta piloto, destinada a la continuación de estos estudios y a la formación de recursos humanos en el área específica.

El **Laboratorio de Materiales Avanzados** (LMA) Ubicado en la Universidad Católica de Salta, donde se complementan las actividades del LSA, en lo que respecta principalmente a la caracterización magnética de las chapas para transformadores, respuesta en frecuencia y estudio de las pérdidas magnéticas.

**Electropart Cordoba S.A.** que participa en el diseño y desarrollo de los equipos donde se testearán los productos que se vayan desarrollando y que tendrá a su cargo la comercialización de estos productos. Esta empresa fue creada en 1999 y está dedicada a la fabricación de núcleos magnéticos de acero silicio de grano orientado y no orientado. Los clientes de Electropart en Argentina son las principales fábricas de transformadores y, a escala del Mercosur y la costa Latinoamericana del Pacífico, importantes productores de transformadores eléctricos que van desde 5 KVA monofásicos y 25 KVA trifásicos hasta 500 MVA. Posee su planta de Córdoba-Argentina y cuenta con una capacidad de 500 Ton/mes de núcleos para dichos transformadores. Está certificada por el INTI bajo la norma ISO 9001-2000, al igual que sus productos.

La integración en un Consorcio Asociativo Público Privado (CAPP) de laboratorios localizados en Buenos Aires y Salta con empresas de Córdoba permite articulaciones variadas tanto desde el punto de vista de la actividad de investigación, como de la actividad productiva. En particular, cabe destacar que la fabricación de las aplicaciones industriales de este proyecto tendría, al menos inicialmente, centro en Córdoba, desde donde se comercializaran los equipos obtenidos.

## DESARROLLO

### Escala de Laboratorio

Desde la década de 1980, la producción de materiales magnéticos se ha llevado a cabo principalmente a través del proceso de Melt Spinning (solidificación ultra-rápida desde el estado líquido). Estos materiales, obtenidos en forma de cintas de muy bajo espesor, tienen mayor capacidad magnética que los laminados tradicionales. La utilización de aleaciones con capacidad de amorfización y nanocrystalinas como las de  $Fe_{78}B_{13}Si_9$  (% at) para núcleos de transformadores eléctricos son las más utilizadas, porque logran reducir las pérdidas de vacío hasta un 80% en comparación con las de los núcleos construidos con láminas de  $FeSi$  de grano orientado, normalmente utilizadas en estos dispositivos. El proceso Melt Spinning (Figura 1) consiste en formar una fina película metálica a partir de la aleación fundida, enfriándola sobre una superficie plana giratoria que permanece a temperatura constante. En este proceso, un jet de metal fundido es expulsado a través de una boquilla con un orificio mediante una sobrepresión de un gas inerte que hace que impacte en una superficie de una rueda de cobre giratoria. De esta manera, se forma una capa delgada de material fundido que se solidifica rápidamente como una cinta continua que luego se recoge y se enrolla para obtener las bobinas magnéticas como producto final.

De acuerdo sea la distancia entre la boquilla y la rueda giratoria (G), se determinan los siguientes procesos: Chill Block Melt Spinning (CBMS) y Planar Flow Casting (PFC). En el CBMS, el jet de metal fundido se expulsa a través de una boquilla con un  $G > 1$  mm. En el PFC, sin embargo, el gap es inferior a 1 mm. Esto determina distintas velocidades de rotación de la rueda de cobre, espesores de cintas y características estructurales de las cintas obtenidas.

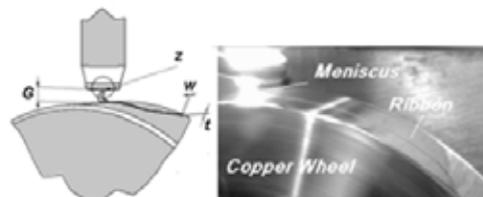


Figura 1: Proceso de Melt Spinning (G: Gap; W: ancho de cinta; t: espesor; Z: diámetro de orificio) [1].

La tasa de enfriamiento puede estimarse alrededor de unos  $-2.73 \times 10^6$  K/s con una velocidad de rueda ( $V_x$ ) variable entre 5 y 40 m/s y una relación  $x/z = 3.8395$ . Siendo  $Z = 0.0006$  m el diámetro del orificio en la boquilla se ha estimado un tiempo de solidificación de  $9.4 \times 10^{-7}$  s [2].

Entre 35 y 40 m/s en la curva de  $G = 2$  mm (Figura 2) se obtienen microesferas sin formación de cinta, debido a que con velocidades superiores a 30 m/s aparecen vórtices locales en la atmósfera circundante que aumentan el flujo convectivo a lo largo de la superficie de la rueda. Estos valores definen la vorticidad en la zona de contacto, mostrando la influencia del coeficiente de transferencia de calor convectivo y el Número Biot (Bi) como se muestra en la Figura 3.

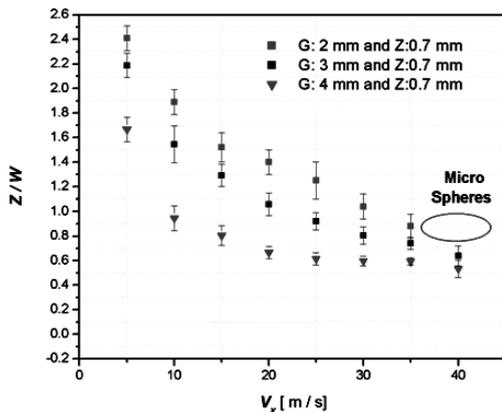


Figura 2: Disminución comparativa de la relación  $Z/W$  con la velocidad tangencial  $V_x$  de la rueda [1].

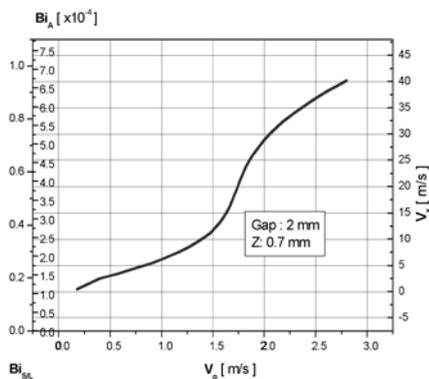


Figura 3: Curva de triple entrada para valores de velocidad en la boquilla ( $V_0$ ) que determina el número de Biot según la velocidad de la rueda  $V_x$ . Determinados para  $G = 2$  y  $Z = 0,7$  mm [1].

Este efecto es indicativo del enfriamiento newtoniano en el proceso de solidificación típico de las cintas. Las características ya se informaron en Pagnola et al. [1]-[3]. Para velocidades de rueda entre 5 y 40 m/s, los valores de espesor ( $t$ ) se comparan con los obtenidos por Tkatch et al. (2002) [4] y se trazan en la Figura 4.

La turbulencia involucrada en los tiempos de solidificación informados dura unos pocos milisegundos, tiempo suficiente para estudiar el proceso con cámaras de alta velocidad y recrear con simulaciones numéricas en 3D, los defectos que aparecen en la conformación de la cinta durante este proceso [5], a saber:

**Defectos en la solidificación:** al comienzo de la eyección, la formación de un menisco de material genera un perfil irregular, con cambios en el grosor de la cinta, que todavía está en estado líquido. El contacto de este perfil irregular en el espesor hace que el proceso de solidificación comience en la parte más delgada de la película, porque es la que cambia su temperatura más rápidamente y, por lo tanto, su viscosidad. Este mecanismo hace que se genere un contorno sólido continuo similar al de un agujero, que se propaga en la película en todo ese espesor (Punto 1-Figura 5).

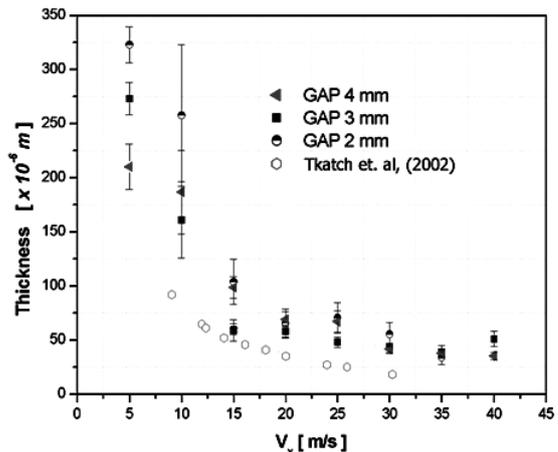


Figura 4: Disminución comparativa del espesor de la cinta ( $t$ ) con  $V_x$ .

**Zona de transición:** aparece con la formación de un menisco más estable y, consecuentemente con irregularidades más peque-

ñas. Se puede observar un contorno constante de cinta con defectos casi imperceptibles del orden de  $5 \mu\text{m}$  (Punto 2 - Figura 5).

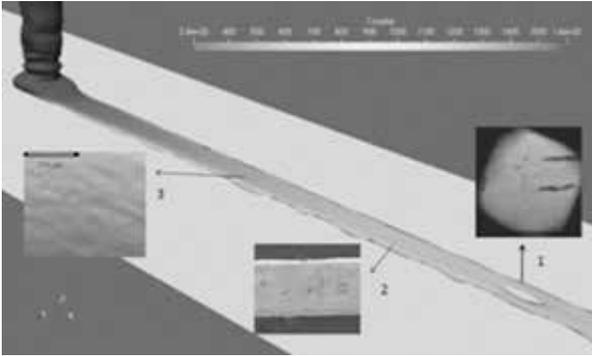


Figura 5: Zonas características del proceso de producción [5].

**Zona de espesor homogéneo:** una vez terminada la turbulencia en el menisco, y después de lo cual el proceso se estabiliza, los defectos desaparecen y dan lugar a una cinta continua con sus propiedades listas para uso específico en dispositivos electrónicos, y con cualidades que exceden los materiales estándar, tales como su respuesta de frecuencia a campos magnéticos variables. (Punto 3 - Figura 5).

La microdureza Vickers fue determinada en un promedio de un total de 10 mediciones (Figura 6), obteniendo una dureza de 1070 HV0.05, equivalente a aproximadamente 70 HRC, escala Rockwell C para las cintas obtenidas.

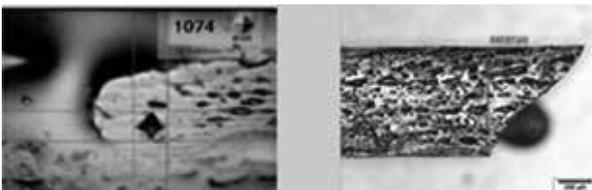


Figura 6: Cinta magnética de  $\text{Fe}_{78}\text{B}_{13}\text{Si}_9$  (% at) obtenida [6].

### Escala Piloto

Esta etapa requiere el desarrollo y construcción de un equipo de solidificación rápida para la producción de cintas anchas (entre 15 y 25 cm). Con este objetivo, se desarrolló un sistema que incrementa las capacidades de producción e introduce algunas mejoras de la técnica de procesamiento, y de la calidad de los productos terminados. En particular, se destaca la disminución del efecto denomina-

do “escama de pescado”, en la solidificación de las cintas [7], principal problema que durante el apilamiento de cintas, en la formación de los núcleos, introduce burbujas de aire, que disminuyen el flujo magnético en régimen nominal del equipo. Por esa razón los defectos superficiales durante la solidificación deben ser minimizados. En tal sentido, la opción elegida para este desarrollo prevé una solución que está en vías de patentamiento [8] y nuestro equipo terminado puede verse en la Figura 7.

Tabla 1: Resultados promedio en cintas  $\text{Fe}_{78}\text{B}_{13}\text{Si}_9$ .

Ensayo	Valor / Unidad
Carga promedio de rotura	11.95 [N]
Sección promedio	0.063 [mm <sup>2</sup> ]
Resistencia promedio a la tracción	190 [MPa]

Sobre las cintas de producción semi-industrial se realizaron distintas pruebas, como las de: tracción; plegado, microdureza, rugosidad superficial, etc. Algunos valores son reportados en la Tabla 1 y otros ensayos realizados en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, son mostrados en su implementación como el de plegado en la Figura 8.

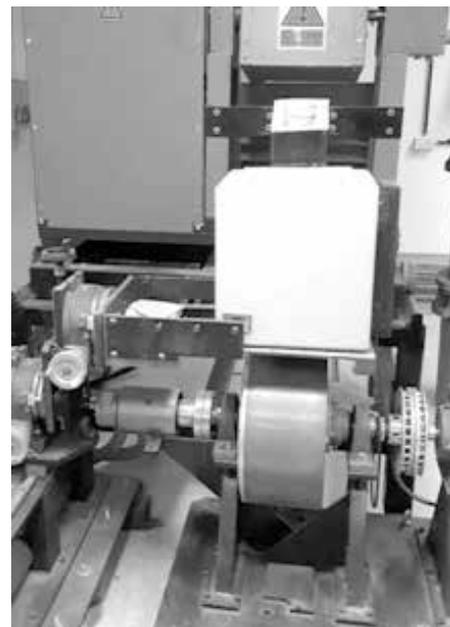
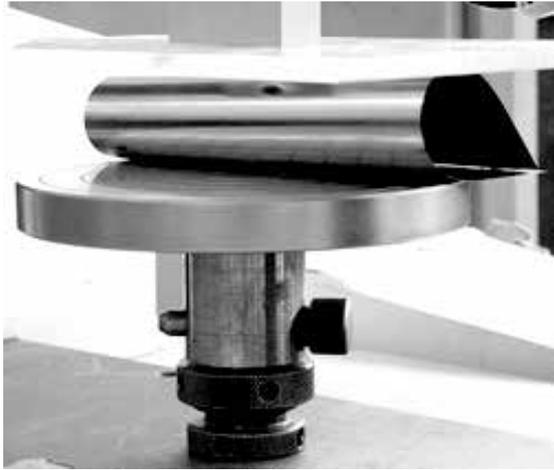


Figura 7: Equipo de Melt Spinning para producción a escala piloto.



**Figura 8: Ensayo de plegado sobre cinta obtenida por melt spinning.**

## CONCLUSIONES

Las destacadas propiedades de los materiales bajo estudio y las posibilidades de significativos ahorros de energía a través de su empleo, es lo que ha impulsado el inicio de su producción a escala industrial, en diversos países desarrollados. Desde el LSA se inició una etapa de acercamiento al medio productivo que se ha ido concretando con una estimación real de la aplicabilidad de estos productos, estableciendo relaciones con empresas del ramo. En este último aspecto, se ha interactuado durante varios años con la empresa Renacity (ex Virasson) y desde el 2008 con Electropart, generándose con esta última, la base de la presente propuesta que ha sido llevada adelante mediante el proyecto FONAR-SEC FS Nano 03/10. Es de destacar también que este proyecto permitió la continuidad de otros, como el PPTS PI03 y el PPTS 0362, que pudieron ser desarrollados con distintas asociaciones con empresas para la creación de la Planta Piloto de Materiales Magnéticos, instaladas en dependencias del Instituto de Tecnología y Ciencias de la Ingeniería "Ing. Hilario Fernández Long" (INTECIN).

## AGRADECIMIENTOS

Los Autores del presente trabajo agradecen a las siguientes instituciones por el financiamiento de las investigaciones: CONICET; Universidad de Buenos Aires; ANPCyT y CIN.

## REFERENCIAS

- [1] Pagnola, M.; Malmoria, M.; Barone, M. (2016). *Biot number behaviour in the Chill Block Melt Spinning (CBMS) process. Applied Thermal Engineering*, 103, 807–811.
- [2] Pagnola M.; Malmoria M.; Barone M. and Sirkin, H. (2014). Analysis of Fe78Si9B13 (%at.) ribbons of noncommercial scrap materials produced by melt spinning equipment. *Multidiscipline Modeling in Materials and Structures*, 10(4), 511-524.
- [3] Pagnola, M.; Barone, M.; Malmoria M. and Sirkin H. (2015). Influence of z/w relation in Chill Block Melt Spinning (CBMS) process and analysis of thickness in ribbons. *Multidiscipline Modeling in Materials and Structures* 11(1), 23-31.
- [4] Tkatch, V.I.; Limanovskii, A.I.; Denisenko, S.N. and Rassolov, S.G. (2002). The effect of the melt spinning processing parameters on the rate of cooling. *Materials Science and Engineering A323* (1-2), 91-96.
- [5] Pagnola, M.; Proceso de Melt Spinning para obtención de cintas magnéticas de FeSiB (2018). *Revista .ING de la Facultad de Ingeniería de la UBA* 3, 24-25.
- [6] Pagnola, M; Useche Vivero, J; Marrugo, A. (2018). *New Uses of Micro and Nanomaterials. InTech*. Reino Unido, 1- 120.
- [7] Huang, S-C.; Fielder, H.C (1981). Effects of wheel surface conditions on the casting of amorphous metal ribbons. *Metallurgical Transactions A* 12A (6), 1107-1112.
- [8] Pagnola, M.; Barone, M.; Muñoz M. (2014). *Rueda Refrigerada y Acople Magnético para ser empleado en proceso de Melt Spinning*. Patente de Invención INPI Expte. 20140104880.

# Desarrollo de un sistema inalámbrico para adquisición de señales EEG

Gabriel E. Cañadas Fragapane<sup>1</sup>

Carlos R. Dell'Aquila<sup>2</sup>

Eric Laciari Leber<sup>3</sup>

Universidad Nacional de San Juan. CONICET

E-mail: gcanadas@unsj.edu.ar<sup>1</sup>

E-mail: carlos.dellaquila@unsj.edu.ar<sup>2</sup>

E-mail: laciari@gateme.unsj.edu.ar<sup>3</sup>

## RESUMEN

Este artículo se presenta los resultados obtenidos en el marco de un Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs), llevado a cabo en forma conjunta entre la clínica NEUROMED S.A., especializada en neurología y el grupo de procesamiento de señales biomédicas de la Univ. Nacional de San Juan (UNSJ). En dicho proyecto se desarrolló un dispositivo portátil, inalámbrico y alimentado por baterías para la adquisición de señales electroencefalográficas (EEG). A diferencia de equipos convencionales, por sus características permite adquirir de forma confortable registros EEG de larga duración. Esto último es un requisito esencial para el diagnóstico de neuropatías, tal como, la epilepsia o trastornos del sueño. Para evaluar el desempeño del dispositivo se comparó la calidad de sus registros con otro equipo comercial convencional ampliamente utilizado en estudios clínicos con resultados muy favorables. Además, se realizaron pruebas con electrodos secos que presentan ventajas en registros de larga duración.

## ABSTRACT

This article presents the results obtained from the Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs), carried out jointly by the NEUROMED SA clinic, specialized in neurology and the biomedical signal processing group of the National Univ. of San Juan (UNSJ). In this project, a portable, wireless device was developed and powered by batteries for the acquisition of electroencephalographic (EEG) signals. Unlike conventional equipment, due to its characteristics, it allows comfortable acquisition of long-lasting EEG records. The latter is an essential requirement for the diagnosis of neuropathies, such as epilepsy or sleep disorders. To evaluate the performance of the device, the quality of its records was compared with other conventional commercial equipment widely used in clinical studies with very favorable results. In addition, tests were performed with dry electrodes that have advantages in long-term records.

**PALABRAS CLAVE:** electroencefalografía, comunicación inalámbrica, sistemas embebidos.

## INTRODUCCIÓN

El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica proveniente de diferentes regiones del cerebro. Habitualmente, es un procedimiento no invasivo que puede ser realizado repetidas veces a los pacientes (adultos y niños) sin ningún tipo de riesgo o limitación.

Cuando las células cerebrales (neuronas) son activadas, se produce una circulación de corriente eléctrica. El EEG mide principalmente las corrientes que fluyen durante las excitaciones sinápticas de las dendritas de muchas neuronas piramidales en la corteza cerebral. Las diferencias de potenciales eléctricos son causadas por la suma de los potenciales graduados postsinápticos de las células piramidales que crean dipolos eléctricos entre el soma (cuerpo de la neurona) y las dendritas apicales (ramas neuronales) [1].

La amplitud de la señal EEG puede variar desde 10 hasta 100  $\mu\text{V}$  con un rango frecuencial de 1-100 Hz [2]. Este puede ser descompuesto en diferentes bandas frecuenciales (delta: 1-4 Hz, theta: 4-8 Hz, alfa: 8-12 Hz, beta: 12-30 Hz, gamma: 30-70 Hz) [3] [4]. Estas características hacen que el EEG sea muy susceptible a distintas fuentes de ruido. Las más comunes son: (1) potenciales del cerebro (ruido cefálico), (2) potenciales de los músculos de la cabeza y la piel, ojos y lengua (ruido craneal extracefálico), (3) potenciales de otras partes del cuerpo, como el corazón (artefacto fisiológico extracraneal), (4) fluctuaciones microscópicas aleatorias en los electrodos (ruido térmico), (5) ruido por el movimiento de la persona (artefacto de movimiento), (6) variaciones introducidas por componentes electrónicos (ruido electrónico), (7) contaminación radiada de otros equipos eléctricos (ruido ambiental), e incluso (8) fluctuaciones debidas a la imprecisión en la digitalización de la tensión en el electrodo (ruido de cuantificación) [5].

Esta señal fisiológica es muy utilizada en el campo clínico en estudios del sueño y para diagnosticar diferentes neuropatías y lesiones cerebrales. Por otro lado, en investigación

se aplica en interfaces cerebro computadora (BCI), detección de somnolencia y fatiga, neurobótica, etc.

El registro de señales EEG se realiza colocando electrodos en el cuero cabelludo del sujeto. Los registros pueden ser unipolares (referencial) o bipolares. En la adquisición unipolar, el potencial del electrodo activo se mide con respecto a algún punto de referencia, como puede ser, el lóbulo de la oreja, la nariz, el cuello, etc. En cambio, el registro bipolar es simplemente una diferencia de voltaje entre dos electrodos activos. La adquisición unipolar es el método más popular y ampliamente usado [4][2].

Podemos clasificar los electrodos de EEG en húmedos y secos. Los primeros son considerados el "Gold Standard", estos están impregnados con un gel electrolítico que facilita la transducción de las corrientes iónicas, que se mueven libremente a través de los tejidos cerebrales y el fluido cerebroespinal, en corrientes eléctricas (disminuye la impedancia de la piel) [6]. Un valor aceptable de impedancia de contacto normalmente está en el rango de 5-20 K $\Omega$  [7]. Los electrodos húmedos no son adecuados para grabaciones de larga duración debido a la desecación del gel conductor que a su vez disminuye la relación señal/ruido y aumenta la impedancia de contacto junto con el sudor, y la fuga de gel que pueden causar cortocircuitos eléctricos entre sitios adyacentes [8].

Por otro lado, los electrodos secos no requieren gel conductor entre la piel y la superficie del electrodo para adquirir una señal. Su principal desventaja es que tienen una mayor impedancia de contacto que los electrodos húmedos, lo que hace que sea necesario tener sistemas de adquisición con una alta impedancia de entrada y un blindaje adecuado para obtener señales de EEG de buena calidad.

Por su parte, los sistemas de adquisición de EEG se clasifican en cableados e inalámbricos. Los sistemas cableados son los más difundidos en el mercado existiendo en la actualidad varios de fabricación nacional, princi-

palmente de las marcas Akonic y Neutronic. Estos equipos transmiten las señales adquiridas por medio de cables a un cabezal de conexiones y de este último a una computadora personal para su posterior procesamiento y análisis. La gran desventaja de estos equipos es que limitan su uso a consultorios o centros de investigación, debido a que no son portátiles y son incómodos para los pacientes.

El estudio de algunas neuropatías, tal como epilepsia y trastornos del sueño, requieren registros de EEG de larga duración para poder ser diagnosticadas [9][10][11]. En estos casos es recomendable utilizar equipos ambulatorios, los cuales permiten que el estudio se pueda llevar a cabo en el domicilio de paciente [12][13]. Esto le permite realizar actividades básicas en su domicilio (por ejemplo, cambiar de habitación fácilmente o ir al baño), lo que se traduce en un mayor confort para el mismo, mejorando así la capacidad diagnóstica del estudio.

Actualmente existen empresas en el mundo que ofrecen dispositivos para registro de EEG ambulatorio, alimentado por baterías y que cuentan además con transmisión inalámbrica. Entre los más populares se encuentran EMO-TIV y ENOBIO [14][15]. Se utilizan tanto en aplicaciones clínicas como de investigación. Una de sus principales desventajas es su elevado precio y más aun considerando que el dispositivo y el software de visualización se venden por separado. No obstante, algunas cuestiones técnicas dificultan su adopción. Un ejemplo de ello son los electrodos que utilizan, dado que en ambos casos son específicos para dichos dispositivos y sufren un deterioro propio del uso. Para su reemplazo deben ser adquiridos al mismo fabricante, lo cual tiene un costo muy elevado.

En Argentina, no se han encontrado fabricantes de equipos ambulatorios para el registro de señales EEG. Por tal motivo la clínica NEUROMED S.A, que se especializa en enfermedades neurológicas, junto con el grupo de investigadores del Gabinete de Tecnología Médica (GATEME) la Univ. Nacional de San Juan (UNSJ) que cuentan con experiencia en

procesamiento digital de señales biomédicas y diseño de sistema embebidos con aplicación en medicina, propusieron el desarrollo de un dispositivo portátil e inalámbrico, alimentado por una batería, para el registro de EEG ambulatorio. El mismo se llevó a cabo durante el bienio 2016-2017, en el marco de un Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) y ha sido financiado en forma conjunta entre la UNSJ y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECITI) del Gobierno de la Provincia de San Juan. Además es importante mencionar que el proyecto se encuentra acreditado en el Banco Nacional de Proyectos PDTs del MINCYT [16].

En este artículo se presentan los principales aspectos que fueron tenidos en cuenta durante el desarrollo del dispositivo, como así también las pruebas realizadas para la validación de su funcionamiento.

## DESARROLLO

El sistema desarrollado permite adquirir 8 canales EEG simultáneos, con una frecuencia de muestreo ( $F_s$ ) de 250 Hz. Para ello, cuenta con diferentes subsistemas que interactúan para acondicionar, digitalizar, procesar, almacenar y transmitir los datos adquiridos. La Figura 1 muestra el diagrama de bloques general del sistema y en las siguientes subsecciones se presenta detalles de cada bloque.



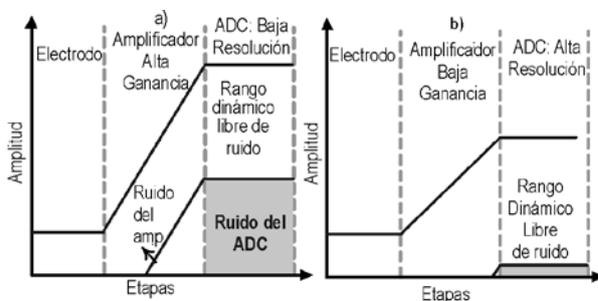
Figura 1: Diagrama de bloques del sistema desarrollado

### Acondicionamiento y digitalización de las señales EEG

Esta etapa se encarga de filtrar, amplificar y digitalizar las señales EEG. El filtro de entrada es de tipo pasa-alto pasivo de primer orden con una frecuencia de corte  $f_c=0.05$

Hz. Cumple la función de eliminar la deriva de línea de base de la señal y evitar que el potencial de media celda de los electrodos sature la salida de la etapa de amplificación [17].

Luego de dicho filtro, las señales son amplificadas utilizando amplificadores de elevada impedancia de entrada y relación de rechazo de modo común. Respecto al valor de la ganancia diferencial ( $G_d$ ) de los mismos, se pueden distinguir dos enfoques. El primero de ellos, denominado tradicional (Figura 2a), en el cual  $G_d$  tiene un valor aproximado de 10000 veces y se utiliza junto con un convertidor analógico digital (ADC) con resolución de 8 a 12 bits [18].



**Figura 2:** a) Alta ganancia y baja resolución (tradicional). b) Baja ganancia y alta resolución.

Dado los avances de la microelectrónica, actualmente hay disponibles ADCs de mayor resolución, tal como, los de 24 bits. Este incremento permite disminuir  $G_d$  a solamente 24 veces. Este enfoque presenta ventajas respecto al ruido que introducen los propios amplificadores y al consumo de energía del sistema (Figura 2b) [19]. En el presente desarrollo se optó por utilizar esta alternativa.

Para su implementación se utilizó un circuito integrado (CI) denominado “Analog Front-End” (AFE). El mismo posee embebido todos los amplificadores de ganancia programable (de 2 a 24 veces) y por cada uno un convertidor del tipo delta sigma de 24 bits. De esta forma, la amplificación y digitalización de las señales EEG están embebidas en un solo CI, reduciendo así el espacio y las posibles fuentes de ruido.

### Procesamiento

El subsistema de procesamiento se im-

plementa por medio de un microcontrolador (MCU) de 32 bits y arquitectura ARM Cortex-M4, de última generación. El mismo ejecuta diversas tareas, entre las que se destacan las siguientes:

- Leer los datos que envía el SoC.
- Aplicar filtros digitales a las señales.
- Almacenar los datos adquiridos.
- Control del sistema de transmisión inalámbrica.

Además, con menor prioridad que las anteriores, realiza la monitorización del consumo y estado de la batería.

Para coordinar la ejecución de cada una de las tareas y que se lleven a cabo en el instante de tiempo correcto se implementó el uso de un sistema operativo en tiempo real (RTOS). Actualmente existen varias opciones, entre las que requieren la compra de una licencia y los que son de libre uso. En este desarrollo se optó por utilizar el denominado FreeRTOS, que es libre, se encuentra ampliamente difundido y del cual existen versiones para gran cantidad de arquitecturas de procesadores [20].

### Transmisión inalámbrica Bluetooth

Uno de los principales requerimientos del sistema de transmisión inalámbrica para esta aplicación es el bajo consumo de energía. En tal sentido, desde el surgimiento de dispositivos vestibles (más conocidos como wearables), se han desarrollado gran cantidad de protocolos de radio. Entre los más conocidos se puede mencionar Bluetooth (BT), Zigbee, ANT y WiFi [21], también existen algunos denominados propietarios [22].

El BT está presente en los teléfonos celulares inteligentes, tablets y computadoras personales. Dada la popularidad de estos dispositivos, dicho protocolo se ha convertido en un estándar para diversas aplicaciones, incluido los dispositivos médicos.

El principal objetivo del BT es reemplazar cables de conexión y con bajo consumo dado que los dispositivos que lo implementan son alimentados con baterías en su gran mayoría. Existen diferentes versiones de BT, entre las más difundidas se encuentra la denominada

Classic o v2.1, la cual fue lanzada en el año 2004. Por otro lado, en el año 2010 se presentó la versión Bluetooth Low Energy (BTLE) o v4.0. Ambas versiones presentan diferencias significativas en aspectos como tasa de transmisión de datos, consumo de energía y el sistema para vincular dos dispositivos.

La versión BTLE es la que menor consumo de energía posee, no obstante, presenta una baja tasa de transmisión de datos. Esto se debe a que su principal objetivo es enviar datos con una dinámica muy lenta, tal como valores de temperatura, señales de alarma, control SI/NO, etc. Existen trabajos que evaluaron su utilización para la transmisión de señales muestreadas. Esto implica obtener la máxima tasa de transmisión de datos (TTD).

Giovanelli et al. [23] ha evaluado dicha tasa para la transmisión de señales biomédicas, utilizando radios de transmisión de los fabricantes más difundidos y recibiendo la información en un teléfono celular. Concluye que es posible alcanzar una tasa de transmisión máxima de 64 Kbit/seg, no obstante estima que la misma se verá disminuida mientras más dispositivos se encuentren conectados en forma simultánea y también al radio BT que posee el dispositivo al que se conecta. Para este trabajo la tasa requerida es:

$$\frac{TTD}{\text{canal}} = 24 \frac{\text{bits}}{\text{muestra}} \cdot \frac{250 \text{ muestra}}{\text{seg}} = 6 \text{ kbits/seg.} \quad (1)$$

$$TTD = \frac{TTD}{\text{canal}} \cdot 8 \text{ canales} = 48 \text{ kbits/seg.} \quad (2)$$

La TTD requerida para el dispositivo está por debajo del límite obtenido experimentalmente por otros autores, de acuerdo a los factores ya mencionados.

Por otro lado la versión Classic, posee un mayor consumo de energía que la anterior pero como ventaja permite una mayor tasa de transmisión de datos de 2.1 Mbits/seg. Por tal motivo en este trabajo se optó por transmitir los datos por medio de esta versión.

No obstante, para el radio BT se seleccionó uno del tipo Dual Mode, dado que permite implementar BT Classic + BTLE. La combinación de las principales características de

ambas tecnologías permite una reducción en el consumo de energía.

### Almacenamiento de datos

Para el sistema de almacenamiento se utilizó una tarjeta memoria del tipo microSD, que está compuesta por memorias de tecnología NAND Flash. Además, brinda la posibilidad de comunicarse con el MCU por medio de una interface SPI. Para facilitar el control de la memoria y el almacenamiento de los datos que son adquiridos, el MCU implementa un sistema de archivos (FS) (en inglés, File System). En este trabajo se eligió el sistema FAT32, lo cual permite que los datos puedan ser leídos luego por cualquier otro dispositivo (teléfono, PC, etc.). Para implementar el FS se utilizó una librería genérica de uso libre que es adecuada para integrarse con el RTOs y puede configurarse para trabajar con otros tipos de memorias [24].

### Monitorización de batería

Realiza la monitorización de la batería y el control de la carga de la misma. La batería seleccionada para este trabajo es de Li-On de una sola celda, con una tensión de 3.7volt y capacidad de 1700mAh. Este tipo de baterías están presentes en la mayoría de los dispositivos personales móviles [25]. Presenta ciertas ventajas respecto a la densidad de energía, ciclos de carga/descarga y seguridad [26].

En el mercado de los semiconductores hay disponibles CIs para realizar el control de la carga de este tipo de baterías.

Por otra parte, respecto a la monitorización del consumo de energía, existen CIs que lo estiman, a partir de la medición de la corriente y un algoritmo propietario pueden estimar la energía almacenada en la batería.

Ambos tipos de circuitos integrados, disponen de comunicación I2C con la finalidad de comunicar toda la información al MCU del sistema.

### Fabricación del prototipo

La Figura 3 muestra una fotografía del prototipo construido en este proyecto. Una vez definido el circuito electrónico, se diseñó el

circuito impreso (PCB). El mismo permite la interconexión de todos los componentes electrónicos. Una de sus principales características es que cuenta con 4 capas de las cuales dos son de alimentación. Esto permite disminuir el tamaño del PCB y el ruido presente en las trazas de alimentación.



**Figura 3: Prototipo del dispositivo diseñado.**

La Figura 4 muestra la vincha para sujeción de los electrodos, la misma permite utilizar electrodos húmedos y secos. En el caso de estos últimos son más adecuados para registros de larga duración dado que en el caso de los primeros el gel conductor pierde sus cualidades con el tiempo.



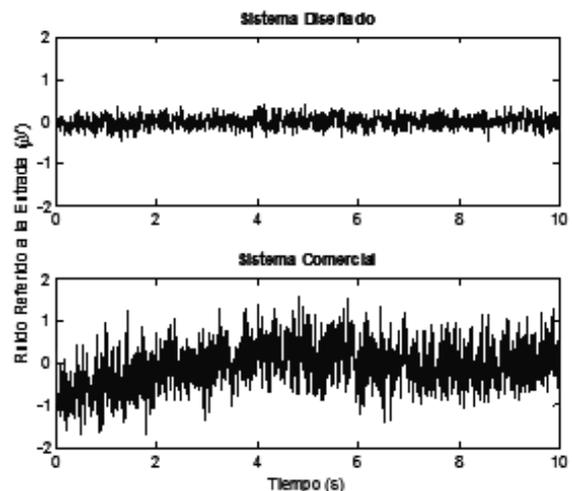
**Figura 4: Vincha para sujeción de electrodos.**

**PRUEBAS DE VALIDACIÓN**  
**Análisis de ruido referido a la entrada**

El ruido y la deriva del circuito interno, son señales no deseadas que contaminan la señal biomédica bajo medición. Ambos se generan dentro del circuito del amplificador. El primero generalmente se refiere a señales indeseables con componentes espectrales superiores a 0.1 Hz, mientras que el segundo hace mención a cambios lentos en la línea base a frecuencias por debajo de 0.1 Hz. El ruido producido dentro del circuito del amplificador se mide generalmente en microvoltios pico

a pico ( $\mu\text{Vp-p}$ ) o valor eficaz en microvoltios ( $\mu\text{VRMS}$ ), y se aplica como si fuera un voltaje de entrada diferencial [27].

Debido a que el rango de frecuencia de interés del EEG es superior a 0.1 Hz, la deriva en nuestro sistema puede eliminarse rápidamente usando un filtro digital pasa-alto. Sin embargo, el ruido generado por el sistema necesita ser medido y cuantificado, porque sus componentes de frecuencia se superponen con los del EEG. Para medir el ruido referido a la entrada de nuestro equipo, los canales de entrada y de referencia se conectaron a masa. Luego, se adquirieron registros de 60 segundos con una frecuencia de muestreo de 250 Hz. Posteriormente utilizando el software Matlab, se extrajo una fracción de 10 segundos y se le aplicó un filtro pasabanda tipo Butterworth de orden 10 con frecuencias de corte en 0.1 y 65Hz. Este rango de frecuencia se estableció para permitir comparar los resultados con los brindados por la hoja de datos del AFE. El ruido referido a la entrada también se obtuvo de un equipo comercial de EEG para poder comparar ambos resultados. En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos para los dos equipos. Como se observa, el ruido referido a la entrada del sistema diseñado es mucho menor que el del sistema comercial.



**Figura 5. Ruido Referido a la Entrada. a) Sistema Diseñado. b) Sistema Comercial**

La Tabla 1 muestra los valores de ruido pico a pico y RMS de ambos equipos en el rango



de frecuencia de 0.1 a 65 Hz y de 0.5 a 100 Hz. En la hoja de datos del AFE, se establece que, para una frecuencia de muestreo de 250 Hz, el valor de ruido es 0.14  $\mu$ VRMS y 0.98  $\mu$ Vp-p, prácticamente igual a los valores obtenidos. Por lo tanto, se llega a la conclusión de que el sistema funciona correctamente y que el ruido depende únicamente de la interfaz analógica del mismo. Por otro lado, de acuerdo con la Sociedad Americana de Neurofisiología Clínica, el ruido aceptable en el registro de un equipo comercial debe ser inferior a 1  $\mu$ Vp-p en el rango de frecuencias de 0.5-100 Hz [28]. Según los datos obtenidos, nuestro sistema cumple con este requisito estrictamente. Por lo tanto, podemos concluir que el nivel de ruido es aceptable para adquisiciones clínicas de EEG.

**TABLA 1: RESULTADOS FINALES DE LOS ERRORES DE RECONOCIMIENTO.**

Sistema	Filtro Pasabanda [0.1 – 65Hz]		Filtro Pasabanda [0.5 – 100Hz]	
	$\mu$ VRMS	$\mu$ Vp-p	$\mu$ VRMS	$\mu$ Vp-p
Diseñado	0.147	0.984	0.157	1.001
Comercial	0.516	3.273	6,67	3.799

La comparación de los datos en la Tabla 1 confirma que el nivel de ruido de nuestro sistema es mucho más bajo que el del sistema comercial.

### Adquisición con electrodos húmedos y secos

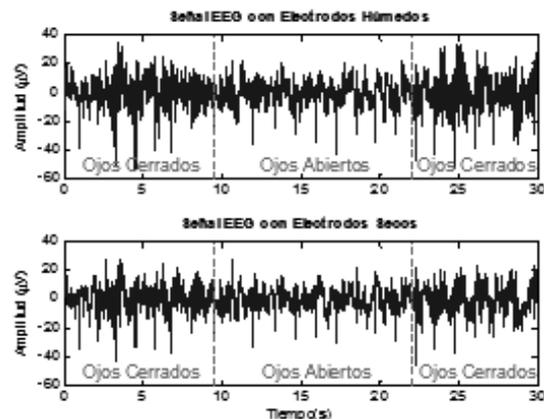
Como se demostró que el equipo diseñado no introduce un ruido significativo a la señal EEG, ahora procedemos a adquirir señales utilizando electrodos húmedos y secos para comparar la calidad de las señales obtenidas con este sistema.

Para realizar las adquisiciones, se usaron electrodos Ag/AgCl con gel conductor Ten20 y electrodos secos TDE-200, ambos de la firma Florida Research Instruments (Figura 6).



**Figura 6: Electrodo seco utilizado por el dispositivo.**

Se adquirieron dos canales EEG, en uno se colocó un electrodo seco en la posición O2 y en el otro un electrodo húmedo en Oz, de acuerdo con el sistema de posicionamiento 10-20. Los registros se adquirieron durante 4 minutos en 4 sujetos sanos de  $35 \pm 5$  años. En el procesamiento de las señales se utilizó un filtro de línea para eliminar ruido de 50Hz y un filtro pasabanda Butterworth de orden 10 con frecuencias de corte en 0.5 y 30Hz. Se seleccionó este rango frecuencial porque contiene los componentes de mayor energía de la señal EEG. En la Figura 7 se muestra una fracción de 30 segundos de una de las adquisiciones. A pesar de usar un filtro de línea, se observa que ambas señales son ruidosas debido principalmente a la interferencia de línea de 50Hz, pero aun así, ambas señales se pueden observar correctamente. En el gráfico, se puede ver que la calidad de las señales adquiridas con ambos electrodos es muy similar.



**Figura 7. Datos Adquiridos en Sujetos. a) Con Electrodo Húmedo. b) Con Electrodo Seco.**

En las adquisiciones, las pruebas se realizaron tanto con los ojos abiertos como cerrados.

Con ambos electrodos se puede apreciar un cambio de frecuencia en la señal debido a la aparición del ritmo alfa que indica la apertura y cierre de los ojos, como se muestra en la Figura 7. De esta forma se pudo demostrar que, usando electrodos secos en nuestro sistema, se obtiene una señal de EEG de una calidad similar a la de los electrodos húmedos, lo que nos permitiría usar el sistema en una mayor cantidad de aplicaciones brindando más comodidad a los usuarios.

## CONCLUSIONES

En este trabajo, se llevó a cabo el desarrollo y la validación de un sistema de adquisición de señales EEG. Las características más destacadas del sistema son su portabilidad y capacidad de transmisión inalámbrica de datos.

En la etapa de prueba y validación se obtuvieron bajos niveles de ruido referidos a la entrada (ver Tabla 1) los cuales cumplen con los requisitos de la Sociedad Americana de Neurofisiología Clínica [28]. También se compararon las señales adquiridas con las de un equipo de EEG comercial, y a partir de esta comparación se concluye que el sistema funciona correctamente sin introducir un nivel de ruido significativo en los registros.

Por otro lado, a partir de los registros adquiridos en cuatro sujetos, podemos concluir que la calidad de la señal obtenida con los electrodos secos es tan buena como la de los electrodos húmedos, con las ventajas de que son más estables para registros de larga duración y más cómodos para los pacientes. También se debe tener en cuenta que, a pesar del elevado nivel de ruido en los registros, debido principalmente a la interferencia de línea (50 Hz) que se introduce por los cables de EEG, la señal posee una calidad lo suficientemente buena como para permitir detectar cambios en la señal EEG, como las que se producen al abrir y cerrar los ojos. Por todo lo anteriormente expuesto, concluimos que el sistema desarrollado cumple con el funcionamiento esperado y puede ser utilizado en tareas de investigación y en estudios clínicos portátiles.

En tal sentido se cumplieron todos los objetivos propuestos en el PDTS.

La clínica NEUROMED S.A., puede disponer de esta tecnología a un costo significativamente menor que si tuviese que adquirir alguna de las soluciones disponibles a nivel mundial. El costo estimado del dispositivo desarrollado es de u\$s350, mientras que EMOTIV tiene un precio de u\$s1600 y ENOBIO un valor promedio de u\$s19000. Esto implica una mejora significativa en el tratamiento de pacientes epilépticos, la cual es una neuropatía crónica. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el mundo hay 50 millones de pacientes epilépticos. El 80% pertenece a países de bajos recursos y se estima que las tres cuartas partes de las personas no pueden recibir un tratamiento adecuado por no poder acceder a un diagnóstico y tratamiento adecuado [29].

Por otra parte, el sistema desarrollado también puede usarse para diagnosticar algunos trastornos del sueño. La medicina del sueño está estrictamente relacionada con la medicina laboral. En tareas de alto riesgo, la persona que trabaja, si bien puede no padecer algún tipo de trastorno, es necesario controlar periódicamente su "higiene de sueño". En tal sentido, para garantizar este control es necesario disponer de tecnología accesible [30].

En futuros trabajos, se realizarán pruebas con diferentes tipos de cables blindados para tratar de reducir al máximo las interferencias que se introducen en el EEG. Las pruebas también se llevarán a cabo en un mayor número de sujetos y realizando diferentes tipos de tareas.

La clínica NEUROMED cuenta con amplia experiencia en el tratamiento de pacientes epilépticos y adultos con trastornos del sueño. Por tal motivo, seleccionará un grupo de ellos y de los cuales conocen ciertos patrones de su registro EEG. A partir de esto se realizará la validación del equipo, con pacientes en condiciones reales. Dichas pruebas se realizarán bajo consentimiento informado.

Por otra parte, en un estudio PSG además de registros EEG, es necesario adquirir seña-

les cardíacas (ECG) y respiratorias (RESP). NEUROMED también realiza dichos estudios y es por ello que junto al grupo de investigación de la UNSJ se está trabajando en un nuevo proyecto PDTs. Este último consiste en el desarrollo de un dispositivo inalámbrico y portátil para adquirir y procesar señales ECG y RESP, el cual pueda interactuar con el dispositivo de EEG.

La principal característica de este nuevo dispositivo es que puede detectar eventos cardíacos y respiratorios severos y en ese caso enviar señales de alarma por medio de la red de telefonía celular para que el paciente pueda ser asistido.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), a la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECITI) del Gobierno de la Provincia de San Juan y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). Este proyecto PDTs ha sido desarrollado con fondos de los proyectos UNSJ-SECITI (PDTs 2016-2017) y CONICET (PIP 112201501).

### REFERENCIAS

[1] Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, 2, 2, 1-11.

[2] Kaur, J.; Kaur, A. (2015). A review on analysis of EEG signals. *2nd International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications, ICACEA 2015*, 957-960.

[3] David, O.; Friston, K.J. (2003). A neural mass model for MEG/EEG: Coupling and neuronal dynamics. *NeuroImage*, 20, 3, 1743-1755.

[4] Blinowska, K.; Durka, P. (2006). Electroencephalography (EEG). En M. Akay (Ed.), *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*. Hoboken, NJ, USA: Wiley Publishing.

[5] Bressler, S.L.; Ding, M. (2006). Event-Related Potentials. En M. Akay (Ed.), *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*. Hoboken, NJ, USA: Wiley Publishing.

[6] Lopez-Gordo, M.A.; Sanchez Morillo, D.;

Pelayo Valle, F. (2014). Dry EEG electrodes. *Sensors*, 14, 7, 12847-12870.

[7] Nunez, P.L.; Srinivasan, R. (2005). *Electric Fields of the Brain* (2ª ed.). Oxford University Press.

[8] Gargiulo, G.; Calvo, R.A.; Bifulco, P.; Cesarelli, M.; Jin, C.; Mohamed, A.; van Schaik, A. (2010). A new EEG recording system for passive dry electrodes. *Clinical Neurophysiology*, 121, 5, 686-693.

[9] Smith, S.J.M. (2005). EEG in the diagnosis, classification, and management of patients with epilepsy. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76 (suppl\_2), ii2-ii7.

[10] Berry, R.B.; Budhiraja, R.; Gottlieb, D.J.; Gozal, D.; Iber, C.; Kapur, V.K.; Tangredi, M. M. (2012). Rules for scoring respiratory events in sleep: Update of the 2007 AASM manual for the scoring of sleep and associated events. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 8, 5, 597-619.

[11] Orosco, L.; Correa, A.G.; Diez, P.; Laciari, E. (2016). Patient non-specific algorithm for seizures detection in scalp EEG. *Computers in Biology and Medicine*, 71, 128-134.

[12] Lawley, A.; Evans, S.; Manfredonia, F.; Cavanna, A.E. (2015). The role of outpatient ambulatory electroencephalography in the diagnosis and management of adults with epilepsy or nonepileptic attack disorder: A systematic literature review. *Epilepsy & Behavior*, 53, 26-30.

[13] Casson, A.J.; Smith, S.; Duncan, J.S.; Rodriguez-Villegas, E. (2008). Wearable EEG: what is it, why is it needed and what does it entail?. *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. IEEE. 5867-5870.

[14] EMOTIV. (2014). Emotiv Epoc User Manual. Recuperado de [https://emotiv.zendesk.com/hc/en-us/article\\_attachments/200343895/epocusermanual2014.pdf](https://emotiv.zendesk.com/hc/en-us/article_attachments/200343895/epocusermanual2014.pdf)

[15] Ratti, E.; Waninger, S.; Berka, C.; Ruffini, G.; Verma, A. (2017). Comparison of Medical and Consumer Wireless EEG Systems for Use in Clinical Trials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 398, 1-7.

[16] MinCyT. (2018). Banco Nacional de Pro-

yectos PDTS. Recuperado de <http://pdts.mincyt.gob.ar/proyectos/>

[17] Neuman, M.R. (2009). Biopotential Amplifiers. En Webster J.G. (Ed.), *Medical Instrumentation Application and Design*, (4.<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc., 241-293.

[18] Prutchi, D.; Norris, M. (2005). Signal Conditioning, Data Acquisition, and Spectral Analysis. En *Design and Development of Medical Electronic Instrumentation*. John Wiley & Sons, Inc., 205-247.

[19] Soundarapandian, K.; Berarducci, M. (2010). *Analog Front-End Design for ECG Systems Using Delta-Sigma ADCs*. Dallas, Texas.

[20] Barry, R. (2010). *Using the FreeRTOS Real Time Kernel: A Practical Guide*. Real Time Engineers Limited.

[21] Dementyev, A.; Hodges, S.; Taylor, S.; Smith, J. (2013). Power consumption analysis of Bluetooth Low Energy, Zig Bee and ANT sensor nodes in a cyclic sleep scenario. *2013 IEEE International Wireless Symposium (IWS) IEEE*, 1-4.

[22] Buratti, C.; D'Errico, R.; Maman, M.; Martelli, F.; Rosini, R.; Verdone, R. (2011). Design of a body area network for medical applications. *Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies - ISABEL '11*. New York, ACM Press, 1-5.

[23] Giovanelli, D.; Milosevic, B.; Farella, E. (2015). Bluetooth Low Energy for data streaming: Application-level analysis and recommendation. *2015 6th International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI)*. IEEE, 216-221.

[24] Chan, E. (2016). FATFS - Generic FAT file System Module. Recuperado de [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html)

[25] Deng, D.; Kim, M.G.; Lee, J.Y.; Cho, J. (2009). Green energy storage materials:

# Experiencia de integración vertical de conocimientos entre asignaturas de Ingeniería Química

M.C. Gely<sup>1</sup>

A. Pagano<sup>2</sup>

Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional del Centro de la  
Provincia de Buenos Aires

<sup>1</sup> E-mail: cgely@fio.unicen.edu.ar

<sup>2</sup> E-mail: anamariapagano@gmail.com

## RESÚMEN

Un aspecto importante del currículum universitario es la integración del conocimiento, proporcionando a los estudiantes hábitos, habilidades y actitudes para que este proceso comience basados en la convicción de que este logro no se puede dejar al azar, sino que se debe buscar de forma consciente.

68



A partir de la idea de interdependencia o interrelación de los diferentes elementos constitutivos de un todo en lo que se basa el concepto de integración, en el siguiente trabajo se presenta una experiencia realizada de forma coordinada entre cátedras pertenecientes al cuarto y quinto año respectivamente de la carrera de Ingeniería Química que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Las actividades integradas se enmarcan en el contexto de los trabajos de diseño llevados a cabo conjuntamente entre ambas cátedras. La experiencia se presenta como una metodología adecuada para favorecer la integración vertical de conocimientos entre asignaturas del ciclo superior de ingeniería química.

## ABSTRACT

An important aspect of the university curricula is the integration of knowledge, providing students with habits, skills and attitudes so that this process begins based on the conviction that this achievement cannot be left to chance, but must be sought in a conscious way .

Based on the idea of interdependence or interrelation of the different constituent elements of a whole on which the concept of integration is based, the following work presents an experience carried out in a coordinated manner between chairs belonging to the fourth and fifth year respectively of the Chemical Engineering career taught at the Engineering Faculty of the National University of the Center of the Province of Buenos Aires (UNICEN). The integrated activities are framed within the context of the design work carried out jointly between both chairs. The experience is presented as an adequate methodology to favor the vertical integration of knowledge between subjects of the higher cycle of chemical engineering.

**PALABRAS CLAVE:** Ingeniería Química, Proyectos de Diseño, Integración del Conocimiento, Experiencias de Enseñanza

## INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Un aspecto importante de la currícula universitaria es la integración del conocimiento dotando de esta manera a los estudiantes de los hábitos, destrezas y actitudes para que este proceso comience basándonos en la convicción de que este logro no puede dejarse al azar sino que tiene que ser buscado de forma conciente [1].

Según Rogiers [2] la integración se da cuando, el estudiante incorpora un nuevo saber a sus saberes anteriores, reestructurando su universo interior y aplicando los saberes integrados a nuevas situaciones concretas haciendo interdependientes y solidarios elementos que estaban disociados al inicio, propiciando el que puedan funcionar de manera articulada [2].

Partiendo de la idea de interdependencia ó interrelación de los diferentes elementos constituyentes de un todo en los que se basa el concepto de integración [3], en este trabajo se presenta una experiencia realizada de manera coordinada entre cátedras pertenecientes a cuarto y quinto año de la carrera Ingeniería Química que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). La actividad integrada se enmarca en el contexto de trabajos de diseño realizados en conjunto entre ambas asignaturas.

Con el objetivo de lograr que los estudiantes construyan su conocimiento, en ambas materias se pide la realización de trabajos de simulación. Estos trabajos que se realizan en forma coordinada deben ser presentados en forma de monografía y expuestos grupalmente como requisito para aprobar la cursada de ambas asignaturas. Estas actividades conjuntas permiten la integración de conocimientos en ambas asignaturas.

## ASIGNATURAS PARTICIPANTES DEL TRABAJO CONJUNTO INTERCÁTEDRA

Las Asignaturas que se articulan en forma vertical mediante la realización de estos trabajos de diseño son Procesos Químicos I y Procesos Químicos II.

Procesos Químicos I corresponde al cuarto

año de la carrera de Ingeniería Química, con objetivos docentes enfocados a la correcta selección y cálculo del tipo de reactor químico más adecuado para un proceso de reacción determinado. La materia contiene los elementos fundamentales para el estudio, diseño y optimización de los reactores químicos como equipos integrados en los procesos industriales, incorporando los elementos básicos de la ingeniería de las reacciones químicas, cinética química y el diseño de reactores tanto ideales como reales.

En tanto en Procesos Químicos II se introduce al alumno en áreas fundamentales para afrontar la tarea del diseño y modelado integral de los procesos químicos, a través de su simulación, evaluación económica y optimización.

En este trabajo se analiza la implementación de la simulación de procesos como metodología para favorecer la integración vertical de conocimientos entre asignaturas del ciclo superior de ingeniería química.

## METODOLOGÍA

En línea con el enfoque de enseñanza basado en competencias[4], desde las cátedras se ha planteado a los alumnos una modalidad de trabajo integrador que impulse al estudiante a hacer confluir los saberes previos para la resolución de las problemáticas apuntando al logro de capacidades genéricas y específicas para el desarrollo de las actividades reservadas definidas en la terminal [4] que le permitan al alumno desarrollar competencias transversales genéricas y específicas.

Posibilitar el desarrollo de profesionales con capacidad de integrar equipos [5] es un desafío que potencia la inserción del graduado en el medio. Con esta concepción las asignaturas incluyen la formulación de proyectos grupales intercátedras con el objetivo de estimular las características emprendedoras y la habilidad creadora e innovadora de los alumnos mediante la enseñanza de los procesos en la ingeniería química [6].

En ambas asignaturas se motivó a los alumnos a agruparse en grupos de no más de 4 alumnos. Cada grupo desarrolló el proyecto a lo largo del cuatrimestre en el que se desa-

rolla la asignatura con la orientación de los docentes de la Cátedra exponiendo cada una de las problemáticas y planteando diferentes estrategias de abordaje.

A modo de ejemplo se presenta un caso de estudio consistente en un conjunto de ejercicios desarrollados entre ambas asignaturas cuyo objetivo general es el estudio de la producción de Etileno vía Deshidrogenación Oxidativa de Etano. Los ejercicios 1 y 2 se desarrollan en la Asignatura Procesos Químicos I y, partiendo de la base del trabajo ya desarrollado, las problemáticas restantes se estudian en Procesos Químicos II.

En estos ejercicios se plantea de forma integrada entre ambas cátedras desarrollar en el futuro ingeniero competencias emprendedoras en la ingeniería de avanzada, reforzando su rol en el proceso enseñanza-aprendizaje formándolo no sólo en los conocimientos particulares del proceso químico bajo estudio, sino también en herramientas informáticas que se emplean en el mundo moderno, buscando además fomentar y potenciar el interés del futuro profesional por el diseño de procesos tecnológicos innovadores.

70



### Primero

En este ejercicio se pretende que, realizando trabajos grupales se efectúe una investigación bibliográfica con el objetivo de analizar el estado del arte de la producción de etileno; materia prima fundamental de la industria petroquímica mundial; recabando información sobre los niveles de producción actual de etileno en el país y el mundo así como analizar los diferentes procesos productivos.

- ¿Cuál es nivel actual de la producción nacional y mundial de etileno?
- ¿Dónde se produce?
- ¿Qué método/s de producción se emplea/n?
- ¿En qué consiste el proceso de la DHO del etano a etileno? ¿Cuáles son las principales ventajas/desventajas de esta nueva técnica?
- ¿Qué materias primas se utilizan en los diferentes procesos productivos?

### Segundo

Realizar el estudio de la cinética de reac-

ción y diseño de los equipos involucrados en las reacciones de DHO de etano a etileno (reactores catalíticos de lecho fijo de membrana) sobre la base de los aportes de las investigaciones recientes, empleando técnicas de simulación avanzadas. Recabar información sobre los reactores catalíticos a emplear en el proceso de producción de etileno:

- Recabar información sobre el modelo cinético del proceso DHO: ¿Cuál es el mecanismo de reacción? ¿Cuáles son las leyes de velocidad? ¿Qué condiciones de operación se deben emplear? ¿Qué tipos de reactores son los más adecuados? ¿Cuáles son los catalizadores más adecuados y cuáles sus propiedades?
- Analizar diferentes tipos de reactores catalíticos de lecho relleno y membrana.
- Plantear la formulación matemática; balances de masa, momento y energía; hipótesis y simplificaciones de los modelos.

### Tercero

Realizar la síntesis del proceso de producción DHO en función de la cinética seleccionada en el ejercicio anterior generando por grupos alternativas para el diagrama de flujo del proceso que logren la transformación deseada. Efectuar la simulación estacionaria del proceso DHO utilizando un software de simulación de procesos adecuado.

- En función de la información obtenida en los ejercicios anteriores preparar un diagrama de flujo del proceso DHO. Incluir un análisis detallado de los puntos a tenerse en cuenta en cada etapa así también como material de construcción de los equipos y necesidad de aislación de los mismos.
- Utilizando un software de simulación en estado estacionario realizar los balances de materia y calor para el proceso y efectuar el dimensionamiento de los equipos.

### Cuarto

Los altos costos energéticos motivan el desarrollo de procesos con un uso eficiente de la energía. El ahorro en servicios potencia la posibilidad de mejorar la economía de un

proceso. En todo proceso químico, existen corrientes que requieren servicios de calentamiento y otros de enfriamiento. Si bien una práctica común es satisfacer estos requisitos con el uso de servicios, se pretende en este ejercicio aprovechar las características de las corrientes involucradas en el proceso DHO, de tal manera que corrientes calientes y frías intercambien calor para ahorrar el consumo de servicios [7], [8]. Esto puede requerir un número adicional de intercambiadores de calor, sin embargo, el ahorro en el costo de requerimientos energéticos habitualmente compensa el costo adicional del equipo.

a) Trabajando por grupos, con las alternativas de producción seleccionadas, extraer la información correspondiente a necesidades de servicios de calentamiento y enfriamiento por parte de las corrientes del proceso.

b) Evaluar los costos correspondientes si se utilizan solamente servicios para satisfacer las necesidades térmicas de las corrientes

c) Utilizando metodologías tales como diagramas de contenido de calor [9] y método de punto de pliegue realizar [10] la síntesis de redes de intercambio de calor que permitan el máximo ahorro de energía en el proceso para la alternativa de producción seleccionada. d) Realizar la simulación estacionaria de la red de intercambio de calor seleccionada utilizando un software adecuado.

### Quinto

En este ejercicio se continuará con la realización en forma grupal de un estudio preliminar de factibilidad del proceso DHO para lo cual es necesario establecer la escala de producción.

a) En función de la demanda local de etileno, realizar una proyección del volumen necesario del producto para los siguientes 10 años en Argentina.

b) Analizar las disposiciones legales vigentes para la instalación de una planta de producción de etileno por vía DHO.

c) Analizar los costos de los equipos involucrados en el proceso [8].

d) Analizar la dependencia de las selectivida-

des de los diferentes productos de reacción con las variables operacionales. ¿Cuáles son las conversiones y la distribución de productos durante la DHO del etano en las dimensiones del reactor variando las condiciones de operación? ¿Cuál es la influencia de las principales variables operacionales en la performance del reactor de DHO de etano?

e) Analizar por grupos, y de acuerdo al diseño seleccionado (reactor/es, intercambiado/res), cuáles son las condiciones óptimas del proceso, tanto desde el punto de vista de maximizar la producción como desde la reducción de costos [8]. Analizar la sensibilidad de las principales variables del proceso sobre el costo del mismo

### Sexto

Analizar en forma grupal, continuando con los desarrollos anteriores aspectos ambientales y de seguridad de la alternativa seleccionada:

a) Analizar los efectos sobre el ambiente que traería aparejado este proyecto tales como ruido, alteración del paisaje, generador de residuos tóxicos, fugas por compuestos volátiles, etc. Desarrollar estrategias de mitigación de acuerdo a las normas legales vigentes en la localidad donde se desarrolla el proyecto.

b) Analizar formas de desecho de los residuos generados.

c) Analizar las medidas de seguridad que se han de considerar específicas para plantas generadoras de etileno vía DHO.

d) Analizar el equipamiento de seguridad necesario para los operarios.

e) Realizar un ejercicio grupal oral en el cual se presenten y discutan las alternativas de diseño seleccionadas por cada grupo y posteriormente se comparen los índices de rentabilidad obtenidos con cada opción. Utilizar la herramienta de análisis de los flujos diferenciales para comparar las diferentes alternativas de diseño del proceso DHO obtenidas. Realizar una discusión grupal a fin de seleccionar la alternativa óptima teniendo en cuenta tanto los factores ambientales como los económicos.

Mediante esta mecánica de trabajo en equi-

po se fomenta la colaboración con los pares en pos de un objetivo común estimulando al alumno a la identificación de oportunidades generadas a partir de la demanda actual de la industria petroquímica buscando desarrollar la creatividad e innovación en la producción de etileno mediante nuevas tecnologías. A partir de búsqueda apropiada de información para conocer el estado del arte del proceso DHO se desarrollan competencias para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas integrando el conocimiento desde una perspectiva interdisciplinaria.

Ambas asignaturas tienen en sus modalidades la defensa oral de los trabajos por parte de los alumnos permitiendo el desarrollo de habilidades cognitivas lingüísticas en la que el aprendizaje no consista en una acumulación de datos aislados, sino que implique necesariamente una síntesis interpretativa. Los proyectos se evalúan tanto desde el punto de vista de los desarrollos realizados como desde el actitudinal en las defensas orales y el manejo grupal.

72



## CONCLUSIONES

En el Área de Procesos de la carrera Ingeniería Química de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires, ante la necesidad de perfeccionamiento e innovación en las estrategias de enseñanza aprendizaje, se realizan Proyectos Integrados, mediante la introducción de metodologías de simulación y herramientas computacionales útiles para el análisis de resultados y transmisión de información.

De esta manera se articulan contenidos de asignaturas de los últimos años de la carrera, Procesos Químicos I (diseño de reactores químicos) y Procesos Químicos II (diseño y optimización de procesos) generándose una integración vertical. De esta manera se ha logrado mejorar la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje en materias fundamentales en la formación de un ingeniero químico y reforzar la preparación profesional favoreciendo la enseñanza orientada al desarrollo de competencias proporcionando al alumno habilidad para integrar los conocimientos de

diversa procedencia; enseñándole a planificar la simulación de un proceso y proporcionándole habilidad para usar recursos informáticos diversos para resolver problemas de diseño, simulación, optimización, análisis de resultados, facilitando además las vías de información y comunicación en el área.

## REFERENCIAS

- [1] Iglesias, J. (1997). La integración del conocimiento en la educación general. *Seminario sobre Educación General*. 12p.
- [2] Rorgiers, X. (2007). Pedagogía de la integración: competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza. *Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana*.
- [3] Cardona, W (2013). Integración de saberes y formación integral en los estudios generales del siglo XXI. *V Simposio Internacional de Estudios Generales. Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras. Red Internacional de Estudios Generales (RIDEG)*.
- [4] Libro Rojo de CONFEDI - Estándares de Segunda Generación para Ingeniería (2018). <https://confedi.org.ar/librorojo/>
- [5] Steiner M., Ramírez C., Hernández J.T., Plazas J. (2008). Aprendizaje en ingeniería basado en proyectos, algunos casos. En ACOFI, *Ciencia e Ingeniería en la formación de Ingenieros para el Siglo XXI* (129-147).
- [6] Mastache A. 2007. *Formar Personas Competentes*. Editorial Noveduc.
- [7] Gutiérrez J. (2003). *Diseño de Procesos en Ingeniería Química*. Editorial Reverte S.A.
- [8] Seider W.D., Seader J.D. y Lewin D.R. (2004). *Product & Process Design Principles*. Segunda Edición. Ed. WILEY.
- [9] Nishida N., Liu Y.A. y Lapidus L. (1977). Studies in Chemical Process Design and Synthesis: III. A Simple and Practical Approach to the Optimal Synthesis of Heat Exchanger Networks. *AIChE Journal*, 23(1), 77-93.
- [10] Aguirre P.A., Benz S.J., Chiotti O.J., Espinosa H.J., Ferrero M.B., Montagna J.M., Mussati M.C., Pérez G.A., Rodríguez J., Salomone H.E., Santa Cruz A., Tarifa E.E. y Vega J. (1999). *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos*. Universidad Tecnológica Nacional.

Ingeniería Sostenible. Energía,  
Gestión Ambiental y Cambio Climático

# Mejoras en el uso racional y eficiente de la energía en las universidades

Gustavo E. Kazlauskas<sup>1</sup>

Carlos J. Verucchi<sup>2</sup>

Fermín Acuña

Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de  
Buenos Aires. Argentina.

<sup>1</sup> E-mail: gkazlaus@fio.unicen.edu.ar

<sup>2</sup> cveruchi@fio.unicen.edu.ar

## RESUMEN

La metodología utilizada para realizar este estudio se basa en la recopilación de datos tales como el tipo de carga, las potencias y las horas de utilización con el fin de estimar las energías consumidas. Se realizaron mediciones energéticas durante algunas situaciones especiales con la tecnología actual para encontrar el factor de simultaneidad. Además, se estimaron, en función de las actividades regulares, las horas máximas y mínimas de uso considerando las estaciones del año. El reemplazo de las tecnologías antiguas se basa en un análisis técnico económico, por ejemplo, en el caso de las luminarias se consideró el flujo luminoso, la distribución de ésta sobre el plano de trabajo, el costo, la vida útil y las actividades de mantenimiento. Este estudio permitió establecer una baja en la sustancial en la potencia consumida y la energía total, ítems importantes en el cuadro tarifario T3BT. Finalmente, se unifican los datos parciales de cada una de las sedes de la Universidad y se muestran los resultados obtenidos en lo que respecta al impacto económico de los mismos.

## ABSTRACT

The methodology used to carry out this study is based on the collection of data such as the type of load, the powers and the hours of use in order to estimate the energy consumed. Energy measurements were made during some special situations with the current technology to find the simultaneity factor. In addition, the maximum and minimum hours of use were estimated, depending on the regular activities, considering the seasons of the year. The replacement of the old technologies is based on a technical economic analysis, for example in the case of the luminaires, the luminous flux was considered, the distribution of the luminaire over the work plane, the cost, the useful life and the maintenance activities. This study allowed to establish a decrease in the substantial in the power consumed and the total energy, important items in the T3BT rate chart. Finally, the partial data of each of the University's offices are unified and the results obtained are shown in terms of the economic impact of the same.

**PALABRAS CLAVE:** Uso racional de la energía, tarifas energéticas, rendimiento de equipos.

## INTRODUCCIÓN

Hace varios años que se ha instalado en la sociedad, el concepto de uso racional y eficiente de la energía. En la actualidad este concepto tiene diversas definiciones [1]. Entre tantos, el más adecuado para la energía eléctrica, es una baja en el consumo energético o el uso óptimo de la misma. Esta idea merece alguna reflexión: el uso óptimo de la energía se trata de usarla en la medida de las necesidades reales, con las actividades normales, sin alterar la calidad de vida del usuario y con la utilización de los mejores equipos eléctricos en cuanto a su rendimiento y efectividad. Con ello se logra una disminución en el consumo energético, y por ende de su facturación.

Además es necesario implementar una serie de medidas políticas referidas a un cambio de cultura para utilizar la energía en forma adecuada y sin excesos. Es decir, realizar las actividades normales evitando utilizar un consumo mayor y sin derrochar. Por consiguiente, el ahorro del consumo energético se puede lograr por tres caminos, uno es el tecnológico, otro es la calidad en la construcción de edificios y finalmente la conducta ciudadana. Y si convergen las acciones mencionadas los beneficios son múltiples.

Para las actividades del sector público, *“Es deseable un estado moderno y competente en el uso racional y eficiente de los recursos energéticos; esta idea es sinónimo de una buena administración”* [1].

Para realizar esta tarea técnica se debe contar con especialistas adecuados con el fin de planificar adecuadamente el consumo energético, utilizar el reemplazo adecuado, implementar energías renovables en edificios públicos, calcular envolventes térmicas, utilizar domótica, estudiar la circulación de aire en las instalaciones, realizar diagnósticos energéticos, entre las más importantes.

Los consumos energéticos generales apuntan al sector residencial [1] cuya participación es del 35% de la electricidad total que se consume en el país y se estima que el ahorro energético alcanzaría un 30%. La disminución del consumo, entre otros, se aborda con

el régimen de etiquetado de electrodomésticos. La cual los consumidores adquieren equipos más eficientes a lo largo de su vida útil. Para ello se cuenta con las normas [2], [3], [4] y una resolución de ex SICyM 319/99 la cual describe los equipos que pueden ser reemplazados con mayor éxito.

En lo que respecta al sector industrial, que representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico [1], tiene un potencial de ahorro que puede llegar al 20% [5]. En tal sentido, el principal equipo eléctrico utilizado para realizar las actividades de producción, es el motor eléctrico; el que puede representar el 70% de la energía utilizada en su proceso. Es sumamente importante reemplazar los motores eléctricos a clase IE3 y IE4 [6].

Finalmente, los edificios públicos bajo jurisdicción nacional y provincial, como también de los establecimientos educacionales [1]: desde la etapa inicial hasta la final representan el 3 y 4 % del total consumido de electricidad del total del país, con un potencial de ahorro energético que ronda entre el 10 y el 30%.

En la Argentina, la iluminación representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico residencial y aproximadamente el 25% de consumo eléctrico del país [7].

Los objetivos de este trabajo son: encontrar soluciones para el ahorro energético en organismos nacionales de la administración pública y de educación, potenciando el uso racional y eficiente de la energía, incorporar nuevas tecnologías con el fin de cumplir el punto anterior y obtener una disminución del costo energético.

El alcance de este estudio, por las características de sus cargas y a modo de ejemplo, se centra en un establecimiento universitario con sedes en Tandil, Azul y Olavarría.

## METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología propuesta para llevar adelante un programa de uso racional y eficiente de la energía es mostrado en la Figura 1.

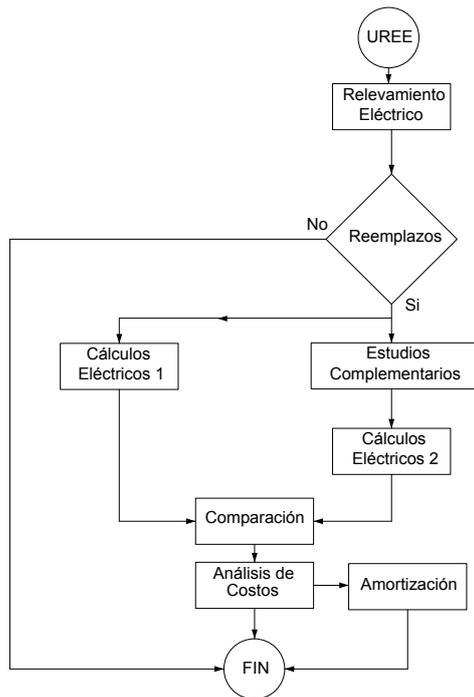


Figura 1: Propuesta de procedimiento de trabajo.

Como se puede observar en la Figura 1, es necesario realizar un relevamiento detallado de las instalaciones eléctricas del sistema a estudiar. Una vez finalizados, los primeros cálculos están orientados a determinar la potencia y la energía que consumen estos equipos con la tecnología tradicional (cálculos eléctricos 1). En este punto es primordial determinar el factor de simultaneidad entre consumos y las horas de funcionamiento según las aplicaciones en cada caso. Luego, hay que analizar los equipos pueden ser reemplazados por tecnologías más eficientes, y para ellos, deben hacerse acucioso estudios complementarios para justificar su reemplazo (estudios complementarios). Nuevamente debe calcularse la energía que consumen dichas tecnologías más eficientes (cálculos eléctricos 2) para luego comparar su ahorro en kWh y su mejora económica.

Finalmente, es necesario determinar los costos inversión y los periodos de amortización con el fin de concretar el proyecto de uso racional y eficiente de la energía.

### DETALLES ENERGÉTICOS

Se procesan las facturas de energía eléctrica de las distintas sedes de la UNICEN con

el fin de calcular la energía consumida en el último año. En el siguiente cuadro resumen, llamado Tabla 1, se muestran los consumos, diferenciados entre facultades y totales.

Tabla 1: Consumos energéticos totales por sede y anual.

Detalle	Quequén kWh	Azul kWh	Olavarría kWh	Tandil kWh
Consumo	3743	364206	348033	2423282
Total				3139264

Como puede observarse en la Tabla 1 el consumo de energía, crece con la cantidad de instalaciones en cada sede. El mayor consumo energético es Tandil (debido a que cuenta con 5 facultades), con el 77.2% del total; en segundo lugar, esta Azul con el 11.6% (dos facultades), luego Olavarría con el 11% (dos facultades) y por último Quequén.

Durante el relevamiento de datos se observó que, debido a la ineficiencia de las instalaciones edilicias, en algunos casos, el personal de la facultad debe recurrir a métodos alternativos de calefacción durante los meses más fríos. Aunque los grosores de las paredes son los adecuados, aberturas y los cerramientos presentan resistencias térmicas bajas, originan que los equipos de calefacción de las instalaciones no calefaccionen correctamente según se ha determinado por el equipo de trabajo de ingeniería civil.

Los métodos de calefacción alternativos, elegidos por el personal, varían desde colocar aires acondicionados Split o utilizar estufas de cuarzo.

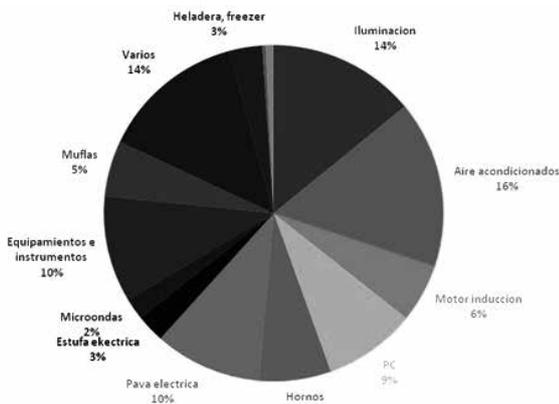
### Determinación del monómico

Para el análisis económico se realizan algunas estimaciones dado que el algoritmo de facturación es complejo según el cuadro tarifario; y hay algunos ítems tal como la Resolución 208 ICM y la MIYSP 419/17 que no se disponen los mecanismos de cálculos. Los mismos son entregados por CAMMESA a la

distribuidora local y trasladados al cliente, por lo que se propone utilizar el monómico mensual correspondiente al periodo de julio de 2016 a julio de 2017. El monómico es calculado en \$/kWh en vez de la unidad tradicional. Este indicador depende del consumo de energía de cada cliente y de la forma en que gasta este recurso energético, por tal motivo se calculan los mismos para las ciudades de Tandil, Olavarría y Azul. Los cálculos resultan en un monómico promedio de 2,11 \$/kWh con una carga impositiva del 25,2% para la ciudad de Tandil. Para el resto de las localidades los valores resultan 1,95 para Olavarría y 2,06 \$/kWh para Azul. La diferencia sustancial entre estas dos últimas sedes es la carga impositiva de 29,4 y 37,7 % respectivamente.

**Equipos conectados a la UNICEN**

Del relevamiento realizado en la sede de Tandil, Azul y Olavarría se obtuvieron fundamentalmente las características del equipamiento conectado. En la Figura 1 se muestran el conjunto de las cargas utilizadas en la UNICEN para todas las sedes. En ella se puede observar que los consumos con mayor posibilidad de reemplazo son la iluminación (14%) y los aires acondicionados o Split (16%).



**Figura 1: Distribución de cargas en la Universidad en su conjunto.**

Para el reemplazo de iluminación, se tuvieron en cuenta otros factores técnicos adicionales tales como: análisis del flujo luminoso de cada una de las luminarias, la distribución de la luz sobre el plano de trabajo y los valores de iluminancia mínimos establecidos en el

Decreto 351/79.

Los reemplazos deben hacerse por sedes por separado debido a la gran variedad de potencias y equipos utilizados en las luminarias. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 2 la situación del campus Universitario de Tandil con los posibles reemplazos en iluminación.



**Figura 2: Tipos de potencias y luminarias utilizadas en sede Tandil.**

Los valores de potencias para la Figura 2 se muestran en la Tabla 2 y los ahorros propuestos en la Tabla 3.

**Tabla 2: Potencias en iluminación con la tecnología tradicional en campus de Tandil.**

Luminaria	Cantidad	Potencia original [W]
Fluorescente 36W	4617	166,2
Lámpara 30W	1289	386,7
Lámpara 105 50W	16	1,68
Dicroica 50W	26	1,30
Reflector 150W	16	2,40
Reflector 500W	20	10,00
Lámpara mercurio 150W	16	2,40
Lámpara mercurio 400W	16	6,40
<b>Total</b>		<b>229,1</b>



**Tabla 3: Reemplazos propuestos para luminarias según la Tabla 2.**

Luminaria	Potencia reemplazos [W]	Ahorro [%]
Tubos LED 18W	83,11	50
Lámpara LED 10W	12,89	66,67
Lámpara LED 45W	0,72	54,14
Dicroica LED 7W	0,18	86
Reflector LED 50W	0,80	66,67
Reflector LED 200W	4,00	60
Reflector LED 50W	0,80	66,67
Reflector LED 200W	3,20	50
Total	<b>105,7</b>	<b>53,86</b>

De la Tabla 3 surge que el ahorro en potencia conectada en el campus de Tandil, asciende al 54% aproximadamente en el ítem iluminación.

**Tabla 4: Tipos de aires acondicionados utilizados en campus de Tandil y sus reemplazos.**

Equipo	Cant.	Potencia original [kW]	Potencia nueva [kW]
Aire acondicionado 2,5 kW	38	95	66,5
Aire acondicionado 1,5 kW	29	43,5	30,5
Aire acondicionado 2 kW	32	64	44,8
Aire acondicionado 4 kW	8	32	22,4
Aire acondicionado 6 kW	6	36	25,2
Total		<b>270,5</b>	<b>189,4</b>

Del mismo modo, para las cargas en aires acondicionados para la tecnología tradicional y con recambio a Split tipo inverter son mostrados en la Tabla 4. En ella se puede observar que, producto del reemplazo de los aires acondicionados, se logra una reducción de la potencia consumida del 30% aproximadamente. Del mismo modo, se reduce el consumo energético de estos equipos en forma

sustancial y éste indicador será calculado más adelante.

### Estimación de horas de funcionamiento

Para el análisis de la energía es necesario estimar las horas de uso de cada luminaria, de las que pueden realizarse los siguientes comentarios: los meses invernales las horas diurnas son menos y se ha observado que las luces permanecen encendidas gran parte del día, incluso en horarios cercanos al mediodía. Esta situación podría revertirse si se buscaran alternativas para el mejor aprovechamiento de la luz natural y la adecuada capacitación del personal de la UNICEN. Medidas complementarias deberían ser tenidas en cuenta para futuras edificaciones, ya que implicarían otro tipo de filosofía en cuanto a lo edilicio. Por ejemplo, la orientación de los edificios juega un rol fundamental, la proyección de sombras de otros edificios aledaños y utilizar mayores aberturas que permitan el ingreso de la luz natural.

La situación actual de las horas de uso es estimada mediante hipótesis de cálculo, y en base a estas, se establecieron los márgenes de incertidumbre que se muestran en Tabla 5.

**Tabla 5: Resumen de horas de funcionamiento de las luminarias por día tipo.**

Mes	Sol		Horas de actividad con luz natural	Horas de actividad sin luz natural
	Salida	Puesta		
Enero	5,75	20	12	1
Febrero	6	20	12	1
Marzo	6,75	19,5	11,5	1,5
Abril	7	18,75	10,75	2,25
Mayo	7,5	18	10	3
Junio	8	18	10	3
Julio	8	18	10	3
Agosto	7,75	18	10	3
Sept.	7	18,5	10,5	2,5
Octubre	6,5	19	11	2
Nov.	6	19,5	11,5	1,5
Dic.	5,5	20	12	1

Dentro de estos márgenes se encuentra la situación real. Primero se hizo una estimación de la cantidad de horas por día que las luminarias podrían estar encendidas según la actividad de la universidad, las horas de luz solar y para los distintos meses.

Para el caso de la estimación de horas de funcionamiento de los aires acondicionados, en la Figura 3 se muestra las estimaciones realizadas durante el año 2017 en función de la temperaturas promedio.

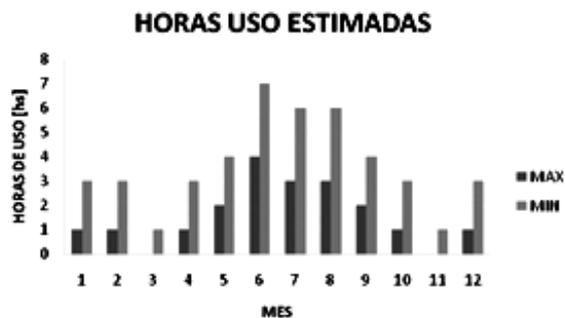


Figura 3: Estimación de horas de funcionamientos de equipos frío/calor respecto de los meses del año.

### Estimación del factor de simultaneidad

Se entiende que las luminarias no están encendidas todas juntas a la vez, si no que algunas estarán encendidas en determinados momentos, y otras no, por tal motivo serán considerados en el factor de simultaneidad. Este último, se obtuvo mediante mediciones realizadas en los tableros generales de edificios y comparó con la curva de demanda anual.

Por otro lado, se dispone de la potencia nominal y cantidad en iluminación de cada edificio la cual se contrastó con los valores registrados por el instrumento, resultando valores muy bajos y del orden del 40% de promedio. Los mismos son mostrados en la Tabla 6 en forma mensual y se pueden observar los factores de simultaneidad en porcentajes en base a lo mencionado anteriormente.

Este procedimiento fue realizado para dos casos distintos que son: con luz natural y sin luz natural, por consiguiente, se obtienen valores máximos y mínimos de acuerdo con lo mostrado en esa tabla.

Para el caso de los aires acondicionados,

los factores de simultaneidad utilizados son los más desfavorables teniendo en cuenta que los docentes con dedicación exclusiva trabajan 8 horas corridos y que todos ellos coinciden en espacio de ocupación de sus oficinas, por lo tanto, el factor de simultaneidad es unitario.

Tabla 6: Valores de simultaneidad máximos y mínimos calculados sobre la base de las mediciones en terreno.

Mes	Factor de simultaneidad con luz natural		Factor de simultaneidad sin luz natural	
	Máx.	Máx.	Mín.	Mín.
Julio	13%	22%	19%	33%
Agosto	20%	34%	30%	51%
Septiembre	24%	42%	37%	62%
Octubre	23%	40%	35%	60%
Noviembre	27%	47%	41%	70%
Diciembre	29%	49%	43%	73%
Enero	22%	38%	34%	57%
Febrero	28%	48%	42%	72%
Marzo	27%	45%	40%	68%
Abril	27%	45%	40%	68%
Mayo	25%	42%	37%	63%
Junio	23%	38%	34%	58%

### Ahorro energético y análisis de costos

Finalmente se presentan los resultados globales de unir las mejoras máximas y mínimas en el recambio de las luminarias y aires acondicionados en todas las sedes, presentados en kWh/mes, pesos y porcentajes. Se debe recordar que los cálculos son conservadores, con lo que puede esperarse ahorros aún mayores.

En la Tabla 7 se puede observar que el ahorro energético para el recambio de iluminación por LED proporciona una mejora entre el 5,3 a 9,4% sobre el total. Es decir que se espera una máxima mejora del orden del 10% solo con el recambio en luminarias.

En la Tabla 8 se muestra la mejora esperada por el recambio de la tecnología en aires acondicionados de la UNICEN, encontrándose entre un 2,2 a 5,2%. Este porcentaje máximo es la mitad que en caso anterior, tec-

**Tabla 7: Ahorro energético general para el recambio por LED para la UNICEN.**

	Energía [kWh/mes]	Ahorro de energía utilizando LED [kWh/mes]	
		Mínimo	Máximo
Julio	233692	11610	23220
Agosto	279156	15480	27090
Septiembre	260669	15480	23220
Octubre	258610	15480	23220
Noviembre	241228	11610	23220
Diciembre	229142	11610	19350
Enero	140894	7740	11610
Febrero	202459	11610	19350
Marzo	251538	11610	23220
Abril	237038	11610	23220
Mayo	275522	15480	27090
Junio	291875	15480	27090
Julio	235504	11610	23220
<b>TOTAL</b>	<b>3137327</b>	<b>166410</b>	<b>294120</b>

**Tabla 9: Ahorro energético general para el recambio de luminarias LED y tecnología invertir para la UNICEN.**

	Energía [kWh/mes]	Ahorro de energía utilizando invertir + LED [kWh/mes]	
		Mínimo	Máximo
Julio	233692	15083	33629
Agosto	279156	18953	37499
Septiembre	260669	15480	26690
Octubre	258610	18953	33629
Noviembre	241228	18556	37099
Diciembre	229142	25501	43638
Enero	140894	18158	32429
Febrero	202459	22028	40169
Marzo	251538	18556	37099
Abril	237038	15083	33629
Mayo	275522	15480	30560
Junio	291875	18953	37499
Julio	235504	15083	33629
<b>TOTAL</b>	<b>3137327</b>	<b>235865</b>	<b>457199</b>

**Tabla 8: Ahorro energético general para el recambio por tecnología invertir para la UNICEN.**

	Energía [kWh/mes]	Ahorro de energía utilizando invertir [kWh/mes]	
		Mínimo	Máximo
Julio	233692	3473	10409
Agosto	279156	3473	10409
Septiembre	260669	0	3470
Octubre	258610	3473	10409
Noviembre	241228	6946	13879
Diciembre	229142	13891	24288
Enero	140894	10418	20819
Febrero	202459	10418	20819
Marzo	251538	6946	20819
Abril	237038	3473	13879
Mayo	275522	0	3470
Junio	291875	3473	10409
Julio	235504	3473	10409
<b>TOTAL</b>	<b>3137327</b>	<b>69455</b>	<b>163079</b>

**Tabla 10: Ahorro de costos del recambio de luminarias LED y tecnologías invertir en la UNICEN.**

	Costo total [\$/mes]	Ahorro económico para invertir + LED [\$/mes]	
		Mínimo	Máximo
Julio	266408,88	17215,23	38383,95
Agosto	270781,32	18327,95	36263,07
Setiembre	575471,80	33963,21	58557,52
Octubre	568942,00	41712,52	74013,63
Noviembre	525877,04	40449,05	80871,94
Diciembre	517860,92	57601,86	98570,43
Enero	401547,90	51728,53	92381,11
Febrero	485901,60	52961,75	96575,75
Marzo	560929,74	41450,28	82873,75
Abril	528594,74	33709,48	75160,36
Mayo	592372,30	33286,45	65712,29
Junio	618775,00	40147,57	79434,63
Julio	572274,72	36703,26	81835,45
<b>TOTAL</b>	<b>6483737,96</b>	<b>499257,14</b>	<b>960633,87</b>

nología LED, por lo que debe realizarse un análisis entre los costos de inversión y operación de los mismos para justificar los reemplazos.

En la Tabla 9 se muestra el ahorro general en energía de la propuesta de este trabajo que finalmente se obtiene una baja en los kWh que oscila entre el 7,5 a 14,6%. Además, hay que considerar una reducción sustancial en la potencia consumida, ítem importante en el cuadro tarifario T3BT en su costo por potencia, principalmente en horario pico (18 a 23 hs).

En la Tabla 10 se puede observar la mejora en pesos registrada con la propuesta que alcanzaría un mínimo y máximo de 7,8 a 14,82% respectivamente.

Finalmente, en la Tabla 11 se muestran los porcentajes de mejoras por mes y totales. Según los meses del año se puede ver que la incidencia del ahorro es mayor o menor, resultando una mejora máxima los meses que solo se utiliza la iluminación, principalmente nocturna con una mejora del 23%.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo revelan que, con algunos cambios en lo que respecta a la situación actual de la UNICEN, se puede lograr un ahorro energético apreciable en el plazo de un año. Este ahorro, estimando conservativamente, representa entre el 8 y el 15% de la energía total consumida por la universidad, y es equivalente al consumo del campus de Azul o de Olavarría en un año. Esto implica que, al realizar la inversión para su reemplazo en el corto tiempo son amortizados y luego es ganancia neta. No hay que olvidar también, que debe hacerse una campaña de concientización a todo el personal involucrado en las actividades de la UNICEN para lograr utilizar el recurso energético solo cuando es necesario.

## REFERENCIAS

[1] Alvarez, M., Baragatti, A., (2016). Hacia el uso racional y eficiente de la energía en la administración pública nacional, *Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable*. [2] IRAM 2141-3 (2017): *Lavarropas eléctricos. Etiquetado de eficiencia energética*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Arg.

**Tabla 11: Porcentajes finales del recambio de luminarias LED y de tecnologías invertir en la UNICEN.**

	Ahorro económico para invertir + LED [%/mes]	
	Mínimo	Máximo
Julio	6	14
Agosto	7	13
Septiembre	6	10
Octubre	7	13
Noviembre	8	15
Diciembre	11	19
Enero	13	23
Febrero	11	20
Marzo	7	15
Abril	6	14
Mayo	6	11
Junio	6	13
Julio	6	14
TOTAL	8	15

*tado de eficiencia energética*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Arg.

[3] IRAM 2294-3 (2016). *Lavavajillas electrodomésticos. Etiquetado de eficiencia energética*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina.

[4] IRAM 2404-3 (2015). *Etiquetado de eficiencia energética para aparatos de refrigeración de uso doméstico. Etiqueta*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

[5] Carlos J. Verucchi, Cristian Ruschetti y Gustavo Kazlauskas (2013). Motores Eléctricos de Alta Eficiencia: Ventajas en Términos Económicos y Energéticos. *Revista IEEE América Latina*, Región 9, Dec. 2013, 11, 6.

[6] Norma IRAM 62405 (2012). *Etiquetado de eficiencia energética para motores de inducción trifásicos*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina.

[7] Informes de Cammesa, *Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico*, <http://portalweb.cammesa.com>, Argentina

# Efectos dinámicos de la corrosión de armaduras en vigas de hormigón reciclado

Juan M. Moro<sup>1-2</sup>

Romina Menese<sup>1-2</sup>

Néstor F. Ortega<sup>1-3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur-CIC.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.  
E-mail: nfortega@criba.edu.ar

## RESUMEN

La utilización de hormigones reciclados es una opción sustentable en la construcción. Sin embargo, este tipo de hormigones, presentan diferente comportamiento durable y mecánico que los elaborados en forma tradicional. En este trabajo se presenta un análisis dinámico de vigas de hormigón armado, expuestas a un proceso de corrosión acelerada de sus armaduras. Se efectuó la medición de las frecuencias naturales de vibración de las vigas, a medida que la corrosión avanzaba. Paralelamente, se efectuó un seguimiento del proceso de fisuración del recubrimiento. Se emplearon distintos tipos de hormigones, reemplazando el 50 % del agregado natural, por agregado reciclado con y sin tratamientos previos. Además, se varió la relación recubrimiento de hormigón/diámetro de las barras con el objeto de estudiar la influencia de distintos recubrimientos de las armaduras. Se observó un descenso en las frecuencias naturales en las vigas afectadas, apreciándose diferencias en la mayoría de los casos estudiados.

## ABSTRACT

The use of recycled concrete is a sustainable option in construction. However, this type of concrete present different durable and mechanical behavior than conventional concrete. In this paper, was present a dynamic analysis of reinforced concrete beams exposed to an accelerated corrosion process of their reinforcements. The dynamic study consisted in measuring of natural frequencies vibration of the beams, as corrosion progressed. At the same time, were monitored the cracking process of the cover. Were used different types of concrete, replacing 50% of the natural coarse aggregate with previously treated and untreated recycled aggregate. Besides was varied the relationship of concrete cover / bar diameter in order to study the influence of different covers. Were found a decrease in natural frequencies of the affected beams, obtaining differences between most of the studied cases.

**PALABRAS CLAVE:** Hormigón reciclado, durabilidad, corrosión, análisis dinámico

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre la utilización del hormigón reciclado, ya sea como agregado fino o grueso, para la elaboración de un nuevo hormigón [1-3], con el fin de ser utilizado en estructuras resistentes.

Sin embargo, los hormigones elaborados utilizando agregados reciclados, presentan mayor porosidad y una interface más débil entre agregado y pasta de cemento, que los hormigones elaborados en forma tradicional. Estos aspectos hacen que este tipo de hormigones, presenten algunos inconvenientes en lo que respecta a su durabilidad, pues lo hacen más susceptible al ataque de agentes externos. Por este motivo, algunas investigaciones están destinadas al mejoramiento de esos puntos débiles del material [3-4].

La durabilidad de las estructuras de hormigón armado, muchas veces es afectada por procesos de corrosión sobre sus armaduras, produciendo fisuras en el recubrimiento como consecuencia de la acción expansiva de los productos de corrosión, esto reduce la sección útil del hormigón [5-6], y de la sección transversal de las armaduras, disminuyendo así, el momento resistente del elemento estructural. Además genera la pérdida de adherencia entre el hormigón y el acero y la fragilización de este último [6-8], teniendo consecuencias negativas en la capacidad portante de la estructura afectada [9-10].

Las estructuras sometidas a procesos de corrosión, sufren daños que afectan fundamentalmente, a la rigidez de las mismas. Esto se puede observar en el comportamiento dinámico de la estructura, produciéndose una disminución de sus Frecuencias Naturales de Vibración. Por lo tanto, la medición de las mismas sería representativa del grado de daño que posee la estructura. La ventaja de este tipo de análisis experimental, es que se trata de ensayos no destructivos, que pueden ser realizados en la estructura en servicio [11-12].

Investigaciones realizadas sobre este tema [13], muestran la variación de las Frecuencias Naturales de vigas de hormigón armado

elaboradas con la variación de algunos parámetros relacionado con las características del hormigón, como lo son: el tipo de curado y el origen y la forma de los agregados. Se demostró que en todos los casos, la disminución de la rigidez de las vigas, provocada por el proceso de corrosión, ocasionó el descenso de sus Frecuencias Naturales.

En este trabajo se presentan resultados, que tienen como objetivo evaluar la variación de las Frecuencias Naturales de Vibración de vigas atacadas por corrosión de sus armaduras, elaboradas con diferentes tipos de hormigones, ya sea sin reemplazo de agregados naturales por agregados reciclados o con ellos, y estos últimos, sometidos o no a tratamientos previos a su utilización. También se analizó dicho fenómeno para vigas elaboradas con diferentes relaciones recubrimiento/diámetro de las armaduras. Estos ensayos no destructivos, permiten evaluar la magnitud del daño de elementos afectados, pudiendo ser un elemento estructural en uso, por ejemplo, un puente.

## TRABAJO EXPERIMENTAL

Se fabricaron vigas de hormigón armado, y se moldearon probetas cilíndricas, con el objeto de caracterizar su comportamiento mecánico (compresión y tracción indirecta) y determinar su porosidad (ensayo de absorción capilar).

Se emplearon distintos tipos de hormigones, reemplazando el 50 % del agregado natural, por agregado reciclado sin tratamiento previo, o sometido a diferentes tratamientos previos a su utilización, con el fin de disminuir su porosidad. Además se elaboró una viga con un hormigón patrón, sin el uso de agregados reciclados. En el caso del hormigón realizado con agregados reciclados sin tratamiento previo, se varió la relación recubrimiento de hormigón/diámetro de las barras ( $r/\phi$ ) entre 2,40 y 6,00 con el objeto de estudiar la influencia del espesor del recubrimientos de las armaduras.

El hormigón fue elaborado manteniendo constante la relación agua/cemento ( $a/c$ ) en

0,50, valor adoptado por la normativa argentina [14], para estructuras resistentes que se encuentren a más de 1 Km de la costa, en zona influenciada por vientos con sales marinas.

### Materiales y mezclas

Los materiales utilizados en las mezclas fueron los siguientes:

Agua: se empleó agua corriente de red.

Cemento: Se empleó Cemento Portland Normal proveniente de una fábrica ubicada en la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Agregado Fino: constituido por arena natural silíceas, procedente de un yacimiento ubicado al sur de la Provincia de Buenos Aires, que cumple con las especificaciones de calidad dadas por la norma IRAM 1627 [15].

Agregados gruesos, se emplearon tres tipos:

a) Agregado Natural: constituido por canto rodado, cuyo Tamaño Máximo Nominal era 25 mm. Este agregado cumple con los límites granulométricos indicados en la Norma IRAM 1627 [15].

b) Agregado Reciclado: se obtuvo de la rotura de probetas de hormigón elaborado con canto rodado proveniente de obras realizadas en la zona. Se molió el material a reciclar con el empleo de una trituradora de mandíbulas.

c) Agregado Reciclado con Tratamiento Previo: parte del material reciclado, como indica el inciso b), que fue sometido a tres tratamientos diferentes: una lechada de cemento y dos soluciones con la incorporación de aditivos químicos, de marcas reconocidas en el mercado de la construcción.

### Muestras

Se fabricaron 8 vigas de hormigón armado, las cuales se detallan a continuación, de acuerdo al hormigón y características con las que fueron elaboradas:

1 - Patrón (P): en su elaboración no hubo reemplazo del agregado natural, por agregado reciclado.

2 - Reciclado sin tratamiento previo (R): en su elaboración se reemplazó un 50 % del agregado grueso natural por agregado reciclado,

proveniente de la trituración de hormigones. De esta forma, se fabricaron 4 vigas con un recubrimiento de 10 mm, 15 mm, 20 mm y 25 mm, respectivamente.

3 - Reciclado con Tratamiento Previo: en su elaboración se reemplazó un 50% del agregado grueso natural por agregado reciclado, sometido a distintos tratamientos:

a - Lechada de Cemento (L);

b - Solución con Aditivo A (impermeabilizante por cristalización); y

c - Solución con Aditivo B (mortero cementíceo modificado con polímeros).

### Características de las muestras

Las vigas de hormigón, tenían unas dimensiones de: 8 x 16 x 110 cm, armadas con barras de acero de dureza natural ADN 420 [16], de diámetro nominal 4,2 mm y estribos de acero liso, de diámetro 2,1 mm, con un recubrimiento de 20 mm (excepto en las vigas de hormigón reciclado sin tratamientos previos, donde el mismo varió entre 10 y 25 mm).

El llenado de los moldes se hizo en dos capas, compactándose mediante el uso de un vibrador y el curado se realizó en ambiente húmedo, durante 28 días en laboratorio, con las siguientes condiciones ambientales:  $20 \pm 2$  °C y HR  $\approx$  50%.

Las probetas cilíndricas de hormigón (15 x 30 cm), fueron empleadas en los ensayos de capacidad y velocidad de succión capilar [17] y mecánicos: resistencia a compresión [17] y a tracción indirecta [19]. Se moldearon y curaron de acuerdo con la normativa vigente en nuestro país [20].

Con el objetivo de comparar el comportamiento de las vigas, de acuerdo al tipo de hormigón y recubrimiento con el que fueron elaboradas, se empleó la nomenclatura que se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1: Características de las vigas.**

Elem.	Denom.	Características
Viga 1	R10	50% agregado grueso reciclado sin tratamiento previo. Recubrimiento = 10 cm
Viga 2	R15	50% agregado grueso reciclado sin tratamiento previo. Recubrimiento = 15 cm
Viga 3	R20	50% agregado grueso reciclado sin tratamiento previo. Recubrimiento = 20cm
Viga 4	R25	50% agregado grueso reciclado sin tratamiento previo. Recubrimiento = 25 cm
Viga 5	P	100% agregado grueso natural
Viga 6	L	50% agregado grueso reciclado con tratamiento previo: lechada de cemento
Viga 7	A	50% agregado grueso reciclado con tratamiento previo: Aditivo A
Viga 8	B	50% agregado grueso reciclado con tratamiento previo: Aditivo B

0,032: factor de conversión de unidades;

$i_{corr}$ : valor medio de la densidad de corriente ( $\mu A/cm^2$ );

$t$ : tiempo del ensayo (días).

La zona afectada por la corrosión fue definida por un contraelectrodo, realizado con una malla de acero inoxidable y colocado en la parte superior de la viga, cubriendo los 50 cm centrales. El contacto de estos contraelectrodos con el hormigón, se efectuó mediante una esponja mojada con una solución con cloruro de sodio (3 gr/litro de solución). El objeto de emplear esta solución fue aumentar la conductividad del medio. No se usó una concentración mayor, a los efectos de reducir el ataque localizado de los cloruros, sobre las barras.

Es conocido que los óxidos poseen un volumen mayor que el acero original, difundándose dentro del hormigón, por su estructura de poros, hasta que los llenan, originando presiones internas, que terminan por fisurar al recubrimiento de hormigón.

### Método acelerado de corrosión

Con el fin de acelerar el proceso de corrosión de las armaduras de las vigas, se aplicó externamente una corriente constante a través de las mismas, para hacerlas actuar como ánodo, mediante un galvanostato. La densidad de corriente empleada fue  $i_{corr} = 100 \mu A/cm^2$ , valor correspondiente a unas diez veces el valor máximo de la densidad de corrosión, medido en estructuras de hormigón altamente corroídas y contaminadas con cloruros [21]. Se empleó esta corriente con el objeto de obtener, en un período de aproximadamente 90 días, con una penetración media teórica de la corrosión en las armaduras, del orden de 0,30 mm.

La profundidad del ataque sobre las barras metálicas se determinó, en forma aproximada, a partir de la Ley de Faraday [21]:

$$P = 0,032.i_{corr}.t \quad (1)$$

donde:

$P$ : pérdida de radio o profundidad del ataque (mm);

### Medición de Fisuración

La evolución de las fisuras se efectuó mediante inspecciones visuales, realizadas diariamente en la primera etapa, determinándose el inicio de la fisuración. Luego, cada 7 días aproximadamente, se midió su crecimiento con escalas graduadas (en el largo, con precisión de 1mm y en el ancho, con precisión de 0,05 mm). Posteriormente, se registró gráficamente la evolución de las Áreas de Fisuración, obtenidas como el producto del largo por ancho de las fisuras.

### Medición de Fisuración

A los efectos de poder determinar las Frecuencias Naturales de Vibración en las distintas vigas, se procedió a utilizar el método de excitación forzada. Para ello, fue necesario someter a las vigas estudiadas en este trabajo, a un impulso de corta duración de magnitud ( $F_0$ ), el cual fue aplicado en este caso en el centro de la viga según muestra la Figura 1.

Para analizar el comportamiento dinámico

de las vigas, en los momentos de aplicación de la excitación externa, fue utilizado como elemento transductor de vibraciones, un acelerómetro piezoeléctrico marca Vernier, modelo LGA-BTA. Es de destacar que el mismo es del orden de los 45 gramos de peso, de tal manera que su influencia sobre las Frecuencias Naturales de la viga es despreciable, se colocó en la zona central de la viga.

La señal obtenida del acelerómetro fue enviada a un analizador espectral (FFT) Lab-Quest, donde se obtuvieron las distintas frecuencias y amplitudes de los modos de excitación de las vigas. El ensayo consistió en hallar las frecuencias naturales de primer modo flexional normal de vibración de las vigas, mediante el método de excitación forzada, procediéndose tal como se indica ante

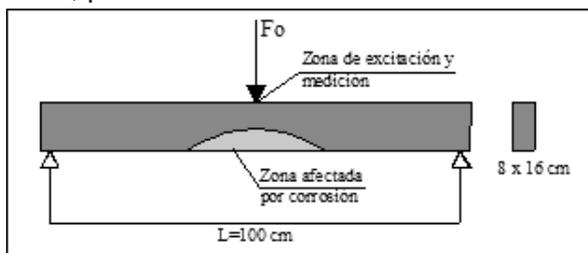


Figura 1: Detalle de la viga y ubicación de la zona afectada por la corrosión.

## RESULTADOS

### Caracterización del Hormigón

En la Tabla 2 se puede apreciar un detalle de los resultados obtenidos en los ensayos sobre la caracterización de las propiedades mecánicas de todos los hormigones elaborados y se muestra una comparación porcentual de los valores que se desprenden del ensayo de absorción capilar tomando como referencia, los valores obtenidos para el hormigón reciclado sin tratamiento previo.

### Proceso de Corrosión

En la Figura 2 se muestra una vista general de dos de las vigas ensayadas, donde se pueden observar las fisuras generadas en el recubrimiento de hormigón, como consecuencia del proceso de corrosión al que estaban sometidas las armaduras.

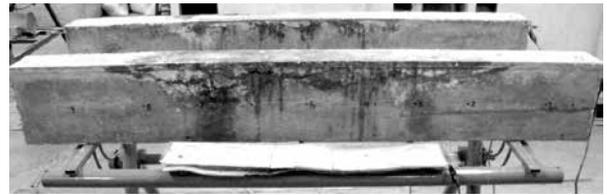


Figura 2: Vigas al final del ensayo.

Por su parte, en la Figura 3 se aprecia el avance del Área de Fisuración de las vigas elaboradas con hormigón reciclado sin tratamiento previo, con diferentes espesores de recubrimiento de sus armaduras, en función de la Profundidad Media del Ataque de las Armaduras. Se observa que el Área de Fisuración es menor en aquellas vigas que poseen una relación  $r/\phi$  superior, hasta llegar a una profundidad media de ataque de 0,4 mm aproximadamente, donde la diferencia entre el Área de Fisuración de todas las vigas comienza a ser muy reducida.

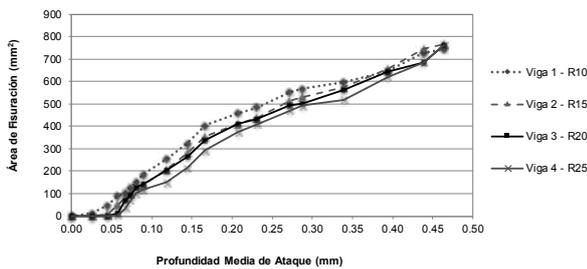
Además, como era previsible, el inicio de la fisuración se manifestó más tarde en las vigas con mayor recubrimiento.

En la Figura 4 se muestra la evolución del Área de Fisuración de las vigas, elaboradas con diferentes hormigones y con un espesor de recubrimiento de las armaduras de 20 mm, en función de la Profundidad Media del Ataque de las Armaduras.

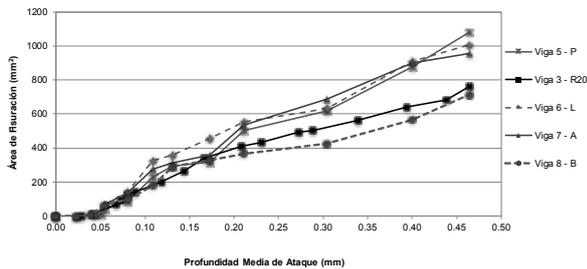
En esta serie de vigas ensayadas no se aprecian grandes diferencias en el momento de la aparición de las primeras fisuras visibles, que en general ocurre entre los 10 y 15 días, sin embargo se produjeron con anterioridad en las Vigas 3 y 8. También pudo registrarse que, tanto las Áreas de Fisuración como los Anchos Máximos de Fisura, resultaron claramente superiores en Vigas 1, 3 y 4. Estas vigas fueron elaboradas con hormigones que tienen una mayor resistencia mecánica y menor absorción capilar que las restantes. Esto se debe a que, a que tienen una estructura de poros más cerrada, el inicio del proceso de corrosión de las barras es más lento, pero una vez que se inicia, los productos generados por el mismo, cuentan con menor espacio para alojarse, generando mayores tensiones en el hormigón circundante, y por lo tanto, aparece una mayor fisuración.

**Tabla 2: Propiedades mecánicas de los hormigones utilizados en las vigas.**

Hormigón	Compresión [MPa]	Tracción Indirecta [MPa]	Módulo de Elasticidad [Kgr/cm <sup>2</sup> ]	Capacidad de Succión Capilar [%]	Velocidad de Succión Capilar [%]
R	32,6	2,8	208.000	100	100
P	36,4	3,6	215.000	57	53
L	36,0	3,5	212.000	60	49
A	34,5	3,4	210.000	67	53
B	25,5	2,7	201.000	86	88

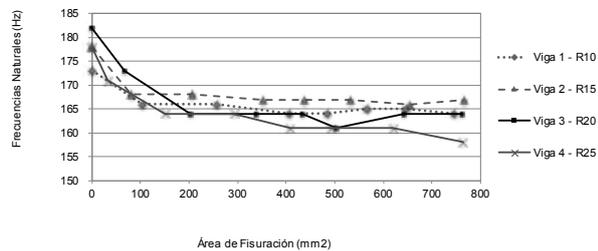


**Figura 3: Área de Fisuración de las Vigas 1 a 4, en función de la Profundidad Media del Ataque a las Armaduras.**

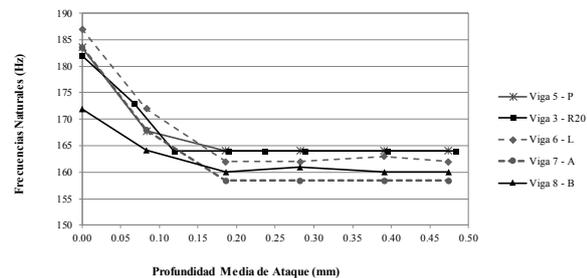


**Figura 4: Área de Fisuración de las Vigas con igual recubrimiento, en las distintas vigas.**

tradas en estas dos figuras.



**Figura 5: Variación de la Primera Frecuencia Natural de Vibración en función del Área de Fisuras para las Vigas 1 a 4.**



**Figura 6: Variación de la Primera Frecuencia Natural de Vibración en función de la Prof. Media del Ataque a las Armaduras, en vigas elaboradas con diferentes hormigones.**

**Ensayo Dinámico**

En las Figuras 5 y 6 se muestran los gráficos correspondientes a la variación de la primera frecuencia natural de las vigas, con el avance del nivel de corrosión. En el primer caso, se compara el comportamiento dinámico de las vigas elaboradas con hormigón reciclado sin tratamientos previos, con diferentes espesores de recubrimiento de hormigón, y en el segundo caso, se analiza el desarrollo en aquellas vigas elaboradas con distintos tipos de hormigones, con un espesor de recubrimiento de las armaduras de 20 mm. Cabe acotar que no se incluyen la evolución de las restantes vigas, por ser similares a las mos-

Como forma de control del orden de magnitud de los valores de las Frecuencias Naturales de Vibración obtenidas experimentalmente, medidas con el uso del acelerómetro, se determinó en forma teórica el valor de las mismas, para vigas simplemente apoyadas, mediante la siguiente ecuación:

$$f_i = \frac{\lambda^2}{2.\pi.L^2} \sqrt{\frac{E.I}{m}} \quad (2)$$

donde:

$\lambda$  :Parámetro de Frecuencia:  $l_2 = \pi$  (primer modo de vibración)

$L$  = Longitud de la viga (m)  
 $E$  = Módulo de Elasticidad ( $\text{Kg/m}^2$ )  
 $I$  = Momento de inercia de la sección de la viga ( $\text{m}^4$ )  
 $m$  = Masa por metro de longitud de la viga ( $\text{kg.s}^2$ )

Para las vigas analizadas en este trabajo, la primera Frecuencia Natural teórica es:  $f_1 = 176$  Hz, considerando un  $E = 20.590$  MPa.

En la Tabla 3 se resumen los principales resultados obtenidos en el análisis de las vigas ensayadas, donde se pone en evidencia el deterioro de la inercia de la viga afectadas por la corrosión de sus armaduras. Se puede apreciar que no existe una sensibilidad importante de las Primeras Frecuencias Naturales, ante las variaciones de las Áreas de Fisuración, esto se debe a que la profundidad de estas fisuras no suele ser mayor que el espesor del recubrimiento, al menos con las profundidades de corrosión de las barras que se trabajó en este ensayo. Esto sugiere que la merma de flexibilidad no está mayormente relacionada con la pérdida de la sección útil de las armaduras y sólo con las fisuras del recubrimiento que aparecen sobre las caras laterales de las vigas.

**Tabla 3: Comportamiento dinámico y fisuración de las vigas.**

Viga	Primera Frec. Natural de Vibración (Hz)		Área Fis. Final ( $\text{mm}^2$ )	Ancho Máx. de Fisuración Final (mm)
	Inicial	Reducción		
1 (R10)	173	9	744	0,8
2 (R15)	157	11	766	0,8
3 (R20)	179	18	762	1,0
4 (R25)	188	20	764	0,9
5 (P)	184	20	1080	1,2
6 (L)	187	25	1007	1,3
7 (A)	183	25	957	1,2
8 (B)	172	12	713	0,9

Analizando las Figuras 5 y 6, se puede ver que todas las vigas presentan una disminución de su primer Frecuencia Natural, y que la

misma está más acentuada al comienzo de la fisuración que al final del ensayo. Esto puede relacionarse con el crecimiento del Área de Fisuración, que a medida que avanza la profundidad media del ataque a las armaduras se desacelera. Esta forma de variación de las frecuencias no se corresponde con los resultados obtenidos en otros estudios realizados en esta Universidad [13], en donde la tasa de disminución de la primer Frecuencia Natural, fue menor que en este caso, para la misma profundidad media de ataque a las armaduras. Esto se debe a que las áreas de fisuración en el trabajo [13], fueron del orden de la mitad de las del presente trabajo, por lo que la validez de realizar una comparación es relativa.

La forma en que varían las Primeras Frecuencias Naturales, mostrando una fuerte caída en el primer mes de ensayo, para luego continuar esta disminución a una tasa muy baja, indican que en ese primer mes, se perdió una gran parte de la adherencia entre el hormigón y la armadura. Esta inferencia se ve corroborada por los anchos de fisura máximos medidos, que estuvieron en el orden de 0.30 mm al mes de ensayo, tal que, según [6] con este ancho de fisuras, se perdió aproximadamente un 80% de la tensión de adherencia entre armadura y hormigón.

La disminución de las Primeras Frecuencias Naturales para las vigas que presentan menor relación recubrimiento diámetro, es inferior que para las restantes. Esto se debe a que la pérdida de flexibilidad, como consecuencia de la disminución de la sección útil producida por las fisuras laterales, es menor en aquellas vigas con un recubrimiento más delgado.

También se observa que en la mayoría de los casos, la disminución de la Primeras Frecuencias Naturales, es mayor en aquellas vigas que presentan valores más elevados de su Área de Fisuración. Pero es válido aclarar que esta variación también depende del modo de fisuración, como es el caso de las Vigas 3 y 7, las cuales, presentan el mismo espesor de recubrimiento de sus armaduras y

un comportamiento mecánico y de fisuración similares, pero sin embargo, la disminución de las Primeras Frecuencia Natural es más significativo en la segunda viga. Esto se debe a que la Viga 7 presentaba un alto porcentaje de sus fisuras, respecto a la Viga 3, en la cara superior de la misma, lo cual implica que su pérdida de rigidez es inferior. Analizando sólo las fisuras en las caras laterales, se observó que la Viga 7 poseía, aproximadamente, un 30% menos de Área de Fisuración que la Viga 3.

### CONCLUSIONES

La disminución de la Primer Frecuencia Natural de las vigas sometidas a un proceso de corrosión, alcanzó magnitudes perfectamente detectables, con los instrumentos de medición utilizados, queda claro que la evaluación del daño por corrosión, mediante el análisis de la variación de las Frecuencias Naturales de Vibración del elemento estructural afectado, es una adecuada y útil alternativa de ensayo no destructivo, para evaluar el estado de integridad estructural de la misma.

La respuesta ante procesos de corrosión de elementos de hormigón elaborados con agregado grueso reciclado, está muy poco estudiada aún, por ello, este tipo de análisis es de gran importancia para comenzar a conocer el comportamiento de estos nuevos materiales, sobre todo, en lo relacionado a su durabilidad.

La realización de tratamientos previos al agregado grueso reciclado, tiene una clara influencia en la estructura de poros del hormigón obtenido, alterando el comportamiento de las vigas elaboradas con dicho hormigón, frente al proceso de corrosión, modificando su respuesta dinámica.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al técnico Juan P. Gorordo del Laboratorio de Modelos Estructurales y al personal del Laboratorio de Estudio y Ensayos de Materiales, de la Universidad Nacional del Sur, por la colaboración en la elaboración de este trabajo. Además, se agradece a las Secreta-

rias de Ciencia y Tecnología y al Dep. de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires, por su aporte económico e institucional necesarios para la materialización de estas investigaciones.

### REFERENCIAS

- [1] Ashish, D.K.; Saini, P. (2018). Successive recycled coarse aggregate effect on mechanical behavior and microstructural characteristics of concrete. *Computers and Concrete*, 21(1), 39-46.
- [2] Pepe, M., Grabois, T.M., Silva, M.A., Tavares, L.M.; Toledo Filho, R.D. (2018). Mechanical behaviour of coarse, lightweight, recycled and natural aggregates for concrete. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Construction Materials*, 1-9.
- [3] Moro J.M., Meneses R., Ortega N.F. (2017) Chapter 1: Variants in Recycled Concrete Elaboration to Improve their Durability, *Concrete and Concrete Structures. A Review and Directions for Research*; Editors: Dorian T. and Pascual V.; Nova Publishers, 1-42, New York.
- [4] Tam Vivian, W.Y.; Tam, C.M.; Le, K.N. (2007). Removal of cement mortar remains from recycled aggregate using pre-soaking approaches, *Resources, Conservation and Recycling*, 50, 82–101.
- [5] Alonso, M.C.; Andrade, M.C.; Rodríguez, J.; Casal J.; García A.M. (1994). Evaluación experimental de la fisuración del hormigón producida por la corrosión de las armaduras, *Hormigón y Acero*, 194, 29-42.
- [6] Al-Sulaimani, J.; Kaleemullah, M.; Basunbul, I.A.; Rasheeduzafar (1990). Influence on corrosion and cracking on bond behaviour and strength of reinforced concrete members, *ACI Structural Journal*, 220-231.
- [7] Ortega, N.F.; Alonso, M.C.; Andrade M.C., López C. (2001) Análisis de la fisuración ocasionada por la corrosión de las armaduras activas de elementos pretensados, *Coloquia 2001*, Madrid, 10 pp.
- [8] Sanz, B.; Planas, J.; Sancho, J.M. (2018). Study of the loss of bond in reinforced con-

crete specimens with accelerated corrosion by means of push-out tests. *Construction and Building Materials*, 160, 598-609.

[9] Melchers R. (2001). Assessment of existing structures, approaches and research needs; *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 406-411.

[10] Gheitasi, A.; Harris, D.K. (2015). Performance assessment of steel-concrete composite bridges with subsurface deck deterioration. *Structures*, 2, 8-20.

[11] Zhang, L.; Sun, L. (2017). Effect of concrete carbonation on natural frequency of reinforced concrete beams. *Advances in Structural Engineering*, 20(3), 316-330.

[12] Talaeia, S.; Beitollahib, A.; Moshirabadic, S.; Fallahiana, M. (2018). Vibration-based Structural Damage Detection Using Twin Gaussian Process (TGP). *Structures*, 16, 10-19.

[13] Ortega, N.F.; Cortínez, V.H.; La Malfa, S.; Schierloh, M.I. (2002). Análisis dinámico de vigas de hormigón armado, afectadas por la corrosión de sus armaduras. *XVII Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural*, Rosario.

[14] CIRSOC (2005). *Proyecto, Cálculo y Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado*, Reglamento 201, Buenos Aires.

[15] IRAM 1627 (1997). *Agregados. Granulometría de los agregados para hormigón*, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires.

[16] IRAM-IAS U500-528 (1989). *Barras de acero conformadas de dureza natural, para armadura en estructuras de hormigón*. Inst. Argentino de Racionalización de Materiales—Inst. Argentino de Siderurgia. Buenos Aires.

[17] IRAM 1871 (2005). Método de ensayo para determinar la capacidad y la velocidad de succión capilar de agua del hormigón endurecido, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires.

[18] IRAM 1546 (1992). *Hormigón de cemento portland. Método de ensayo de compresión*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires.

[19] IRAM 1658 (1995). *Hormigón. Método de ensayo de tracción simple por compresión*

*diametral*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires.

[20] IRAM 1534 (2004). *Hormigón. Preparación y curado de probetas en laboratorio para ensayos de compresión y tracción por compresión diametral*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.

[21] Alonso, M.C.; Andrade M.C.; Rodríguez, J.; García, M. (1996). Cover cracking and amount of rebar corrosion: Importance of the current applied in accelerated test. *IV° Congress on concrete in the service mankind*, Dundee, U.K.

# Estudio de la lentificación en estudiantes de ingeniería. Comparativo entre la UNMDP y la UFASTA

Artigas, María Velia S.<sup>1</sup>

Onaine, Adolfo<sup>1</sup>

Santille, Luciana<sup>1</sup>

Corleto, Bárbara<sup>2</sup>

1 Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Mar del Plata  
E-mail: mvertigas@hotmail.com

2 Facultad de Ingeniería  
Universidad FASTA. Mar del Plata. Argentina  
E-mail: barbaracorleto@fasta.edu.ar

90



## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue comparar la percepción de los estudiantes sobre la lentificación de sus carreras y cómo impactan los factores personales y académicos en sus trayectos formativos en carreras de ingeniería de las universidades Nacional de Mar del Plata y FASTA. La metodología se basó en una revisión documental y bibliográfica, en paralelo se aplicó un cuestionario semiestructurado. Para el análisis e interpretación de los datos se aplicaron los diagramas de Espina de Pescado y Pareto. Como resultado se encontró que no existiría un impacto negativo generalizado sobre la lentificación, a pesar de que parte de la muestra manifiesta preocupación al respecto.

## ABSTRACT

The objective of the work was to compare the perception of students about the slowness of their careers and how personal and academic factors impact in their training journeys in engineering careers at the National University of Mar del Plata and the FASTA University. The methodology was based on a documentary and bibliographic review, in parallel a semi-structured questionnaire was applied. For the analysis and interpretation of the data the diagrams were applied: Fishbone and Pareto. As a result, it was found that there would not be a generalized negative impact on the slowness although part of the sample shows concern about it.

**PALABRAS CLAVE:** Lentificación en estudiantes, Factores personales, Factores académicos, Ingeniería.

## INTRODUCCIÓN

Los cambios científico-tecnológicos y contextuales impactan en la sociedad del conocimiento. Las universidades están atravesadas por movimientos constantes que hacen que se fluctúe de un modelo de pensamiento a otro. En ocasiones, no es posible el acomodo deseado dado que se está obligado a comenzar a pensar en un nuevo paradigma.

Esto es análogo al camino que han transitado las tutorías universitarias. Surgieron hace aproximadamente 10 años sostenidas y financiadas por las políticas públicas nacionales en educación, algunas universidades las implementaron sin tener el éxito esperado, otras en cambio, las han legitimado convirtiéndolas en espacios académicos reconocidos institucionalmente. Actualmente, las tutorías han dejado de ser prioridad, en su reemplazo aparecen los proyectos formativos comunes, las familias de carreras y los modelos de planes de estudios basados en competencias. Entonces: ¿qué se hace con lo probado y consolidado de los modelos de tutorías en educación superior frente a este nuevo esquema educativo en ingeniería? o ¿cómo podría contribuir la acción tutorial?

El 1° de junio de 2018, la asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) aprueba la propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería de la República Argentina (denominado Libro Rojo de CONFEDI). Este documento establece el marco conceptual para la acreditación de 25 títulos de grado en ingeniería, de las cuales a 22 carreras se les definieron actividades reservadas en la Resolución Ministerial ME N°1254/18. En el Libro Rojo se explicita el modelo de enseñanza basada en competencias, centrada en el aprendizaje del estudiante.

Este estudio compara la percepción de los estudiantes sobre la lentificación de sus carreras y cómo impactan los factores personales y académicos en sus trayectos formativos de las carreras de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FI-UNMDP), y Ambiental e Informática de la Universidad FASTA (FI-UFASTA).

Por último, cabe destacar que esta contribución es el resultado de una nueva producción del trabajo colaborativo entre ambas facultades de ingeniería.

## MARCO TEÓRICO

En la enseñanza universitaria argentina la lentificación estudiantil resulta un tema de agenda destacado, entendida como la no culminación de una carrera universitaria, o como el incumplimiento de los plazos establecidos en la planificación curricular.

Algañaraz, Castillo y Guevara [1], se interesan por el devenir de las trayectorias de estudiantes en las instituciones universitarias de gestión estatal, abordado también por un número cada vez mayor de estudios dedicados al tema [2-7]. Sin embargo, cada estudio particular procura desarrollar una visión analítica propia que permita capturar rasgos de la especificidad del fenómeno. Los estudios muestran que la tasa de graduación en el sistema universitario argentino es por demás preocupante, a la que se le atribuye según algunas fuentes, un valor aproximado al 20 %. La mayor parte de la deserción se verifica en el primer año [8].

En el plano local, en estudios previos [9] se estableció que las carreras superan largamente la duración teórica estipulada en sus planes de estudio. Esta característica es compartida por las 45 carreras en funcionamiento, generalmente concretándose en un perfil de ciclo largo de nueve años para carreras de cinco o seis. Además, las tasas de deserción estudiantil resultan altas, superiores al 50 % en la mayoría de las carreras. Esta preocupante situación tiene como correlato bajas tasas de graduación. Por otra parte, los indicadores de desgranamiento de las carreras universitarias, sobre todo en los primeros años de formación, dan cuenta de planes de estudio y regímenes de enseñanza que resultan en muchos casos estructuras rígidas que no ofrecen alternativas para la continuidad de estudios. Esto se contradice con una sociedad que se caracteriza por la flexibilidad y la adopción de diversas modalidades y estrategias, presentando así una visión de desinterés de la universidad por las necesidades

del medio a través de la consolidación de sus prácticas endogámicas.

El informe de Autoevaluación Institucional de la Universidad FASTA (UFASTA) del año 2015 incluye datos de deserción desde 2005 a 2014. En particular, en el año 2007 la deserción fue del 13 % y en el 2014 ascendió al 18 %. La duración de las carreras también se prolonga en tiempos mayores de 3 tres años en las ingenierías analizadas.

En un estudio realizado en la carrera de Ingeniería Industrial de la FI-UNMDP, se revisan los factores que afectan el avance de los estudiantes, y en su caracterización, se hace énfasis especialmente en los factores de proceso como aquellos que corresponden a la categoría docente y curricular [10]. Sin duda, los estudiantes perciben como propias gran parte de estas problemáticas, aunque también se adjudican al diseño curricular y al docente, pero en este caso, principalmente para el ciclo básico.

Para el caso de la FI-UFASTA, el avance de los estudiantes se ve afectado principalmente por la falta de planificación y hábitos de estudio, así como también por la necesidad de trabajar que tienen los estudiantes para solventar sus estudios. Para el caso de Informática, también se dan casos en los que la oferta laboral es tan grande, que muchos optan por comenzar a trabajar antes de culminar sus estudios, aunque no tengan necesidad, lo que también contribuye a lentificar el avance en la carrera.

Canedo, Canet Juric y Andrés [11], citado en Onaine, Corleto, Artigas y Santille [9], continúan explicando que más allá de las estadísticas, mejorar las trayectorias estudiantiles en la universidad es un objetivo que tiene implicancias personales, familiares y sociales. La población estudiantil universitaria se caracteriza por una vulnerabilidad debido a las exigencias que plantea la vida académica. Estas exigencias pueden provocar sentimientos negativos por no poder responder de la forma esperada [12].

Las nuevas teorías del aprendizaje y autores como Gardner [13] resaltan la importancia de la iniciativa del individuo en el proceso de aprendizaje. En este sentido, se podría visua-

lizar un cambio de paradigma en la concepción de cómo se debe enseñar y aprender. Se produce un viraje desde el aprendizaje centrado en el profesor al aprendizaje centrado en el estudiante, considerado como un sujeto activo. Es destacable a su vez la gran influencia del esfuerzo y tiempo invertido por el estudiante en sus resultados. La constancia y la planificación del trabajo son inherentes al éxito en los estudios universitarios [14]. El buen rendimiento académico está determinado por el manejo de técnicas de estudio, la motivación, la confianza, y fundamentalmente por el hábito de la planificación del tiempo para el estudio [15]. Características que la mayoría de los estudiantes no tienen cuando comienzan una carrera Universitaria, producto de falencias en la educación secundaria y, en consecuencia, tienen que ir adquiriendo a medida que cursan la carrera. Bajo este problema, que también es causa de la lentificación, es importante la acción de la gestión universitaria, para contrarrestar este efecto.

Se toman los aportes del investigador Bandura en relación al constructo "autoeficacia" por su valor como referente teórico. El autor presenta un marco integral teórico en el cual identifica las cuatro fuentes de la autoeficacia: las experiencias de éxito o dominio, la experiencia vicaria, la persuasión verbal y los estados fisiológicos o activación emocional. La información recibida por cualquiera de ellas, no significa una fuente directa de percepción de autoeficacia si no pasa por un procesamiento cognitivo y reflexivo [16, 17]. También se evidencian las virtudes y alcances del concepto en un entorno educativo, en un estudio longitudinal que demuestra en forma empírica, la influencia de la autoeficacia en los logros y la continuidad formativa de los alumnos. Teniendo en cuenta también los aspectos socio-económicos que influyen en forma directa o indirecta dependiendo del grado de avance en sus carreras [18].

A través de la percepción se puede identificar, relacionar e interpretar la situación que la persona vive en un momento dado. Algunos autores la definen como un permanente acto de conceptualización, donde los eventos son organizados según juicios previos que defi-

nen lo esencial de la realidad [19]. Es decir, la autoeficacia (*self efficacy*) definido también como el grado de control que la persona tiene para poder ejercitarse en los distintos ámbitos de su vida. Por medio de este mecanismo el sujeto tiene conciencia de sí, por ello contribuye a su desarrollo. Se demuestra de modo empírico, los alcances del constructo autoeficacia en Estados Unidos y en Italia, donde se evidencia que, si un estudiante cree en sus capacidades cognoscitivas y tiene una expectativa de logro sustentada en su autoeficacia, ello influye en sus posibilidades de logro académico de modo directo y positivo.

Tanucci [20, 21] afirma que lo importante de la autoeficacia no es lo que uno sabe en sí mismo, sino ser consciente de qué modo el sujeto hace uso de ese conocimiento y con qué fines, lo cual influye sobre los niveles de aspiraciones y la constancia, las metas propuestas, las reacciones frente a las frustraciones, las atribuciones de causas de un suceso, y por último, la vulnerabilidad ante el estrés.

Finalmente, se sabe que la autorregulación no suele desarrollarse de forma espontánea ni es consecuencia directa del avance con relativo éxito en el sistema educativo. El hecho de que esta habilidad pueda ser enseñada abre una brecha de posibilidades para fomentar el uso de estrategias de autorregulación en la población estudiantil.

## METODOLOGÍA

### Muestra

La muestra está conformada por dos grupos, uno formado por estudiantes de tercer y cuarto año de la carrera de Ingeniería Industrial de la FI-UNMDP con un número ( $N$ ) de 44 estudiantes ( $N = 44$ ) y otro formado por alumnos de tercero, cuarto y quinto año pertenecientes a las carreras de Ingeniería Ambiental e Informática de la FI-UFASTA ( $N = 46$ ). El criterio de selección de la muestra fue intencional, se convocó a estudiantes de estos años de las carreras. El proceso que se llevó a cabo previo a la administración final del cuestionario consistió en verificar su claridad e impacto con una muestra piloto ( $N = 10$ ). Para su diseño, se tuvieron en cuenta traba-

jos publicados en reuniones científicas del grupo de investigación de la FI-UNMDP y las producciones discursivas resultantes de los *focus group* realizados para otros artículos. Finalmente se obtuvo el cuestionario semiestructurado.

### Procedimientos y métodos de análisis

Para la elaboración del presente trabajo se realiza una revisión documental y bibliográfica, con la lectura y el análisis de los textos a partir de categorías interpretativas [22]. Con relación a la bibliografía sobre el tema se indagaron las publicaciones recientes de referentes nacionales e internacionales, ya mencionados.

Los datos provenientes de los dos grupos de estudiantes fueron el resultado de la aplicación de un cuestionario semiestructurado para evaluar las percepciones de tales estudiantes en cuanto a su trayecto formativo en el ciclo superior con un objetivo exploratorio. Luego, se trabaja en la comparación de los resultados de ambas muestras. Cabe aclarar que ya se contaba con el cuestionario que fue construido para una publicación precedente. El mismo, como se dijo, es semiestructurado con respuestas abiertas y de opciones múltiples. Este enfoque metodológico cuantitativo indaga acerca de las percepciones de los estudiantes y cómo explican ellos mismos la lentificación. Por lo tanto, se cuenta con datos que conforman la estadística descriptiva y datos cualitativos sobre los que se aplica un análisis de contenido del discurso a partir de las categorías emergentes [23, 24]. Finalmente, para el análisis de datos se utilizan tablas para comparar resultados, como ya se mencionó, y se utilizan los diagramas de Espina de Pescado y de Pareto [25] para identificar las principales causas de la lentificación. Como resultado de la aplicación de estas herramientas ingenieriles para el análisis de datos, se espera poder contar con elementos suficientes para evaluar, confrontar realidades y situaciones de ambas Casas de Altos Estudios, y en tal caso, redireccionar acciones existentes en cuanto a la tutoría en el ciclo superior de las carreras de ingeniería analizadas.

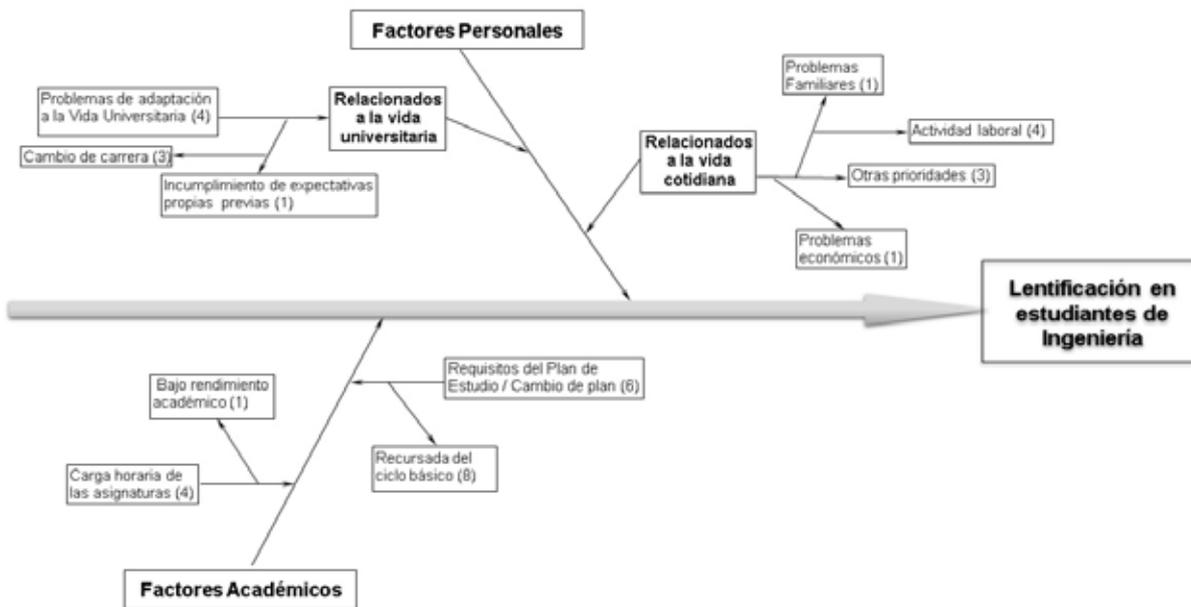


Figura 1: Diagrama de espina de pescado sobre causas que provocan la lentificación en alumnos de Ingeniería Industrial de FI-UNMDP.

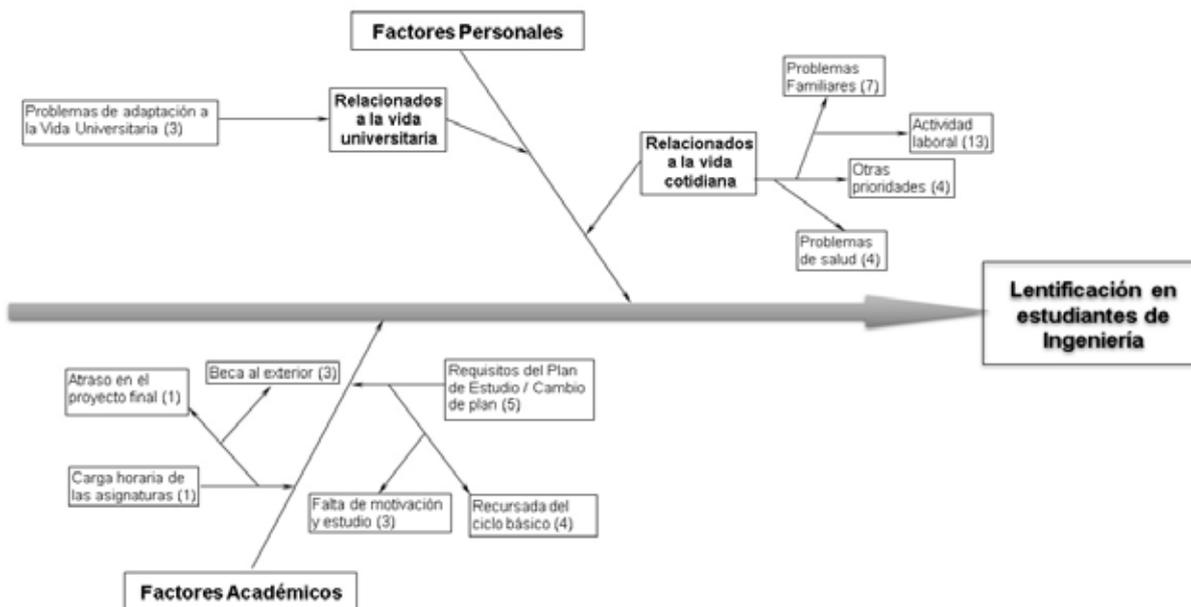


Figura 2: Diagrama de espina de pescado sobre causas que provocan la lentificación en alumnos de Ingeniería Ambiental e Informática de FI-UFSTA.

## ANÁLISIS DE DATOS

### Presentación de resultados

Se observa en los estudiantes de la FI-UNMDP que el 77,64 % está lentificado, mientras que en la FI-UFSTA, muestran un porcentaje de lentificación mayor, del 84,84 %.

Un primer interrogante que surgió en el grupo focal fue el impacto que les significa

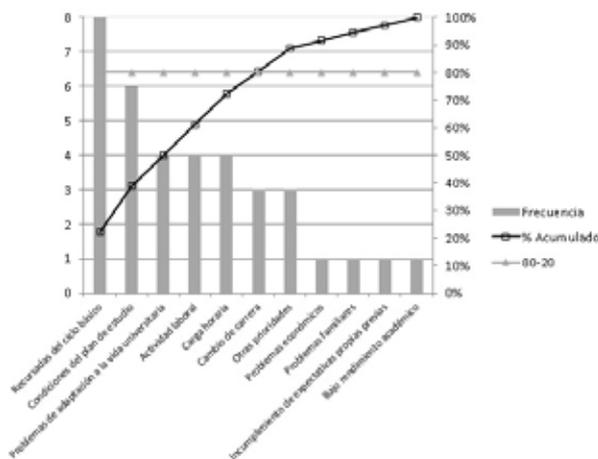
estar o no lentificado. Lo anterior se pudo profundizar a través de la encuesta, resultando que un 72,68 % del grupo de estudiantes de la FI-UNMDP no está preocupado por ello, que en el caso de los estudiantes de la FI-UFSTA ese valor promedia el 56,43 % para ambas carreras. En cuanto a si la edad de egreso le permitiría alcanzar entonces el

empleo deseado, en la FI-UNMDP, el 93,68 % responde de manera afirmativa y el 50 % dice que existe una relación directa entre la edad de egreso y la inserción laboral. En contraste, en la FI-UFASTA, estos valores alcanzan un 67,04 % y un 87,11 % respectivamente.

Algunos alumnos del grupo de Ingeniería Industrial identifican como obstáculos que interfieren en el desarrollo de su carrera la práctica de deportes, plan de estudios, características de los docentes, regímenes de cursadas y carga horaria. En cambio, en los grupos de Ingeniería Ambiental e Informática identifican como obstáculos principales el costo de las carreras, la actividad laboral y la carga horaria.

Por otro lado, se clasificaron las causas que provocan la lentificación en los alumnos de las 3 carreras estudiadas, agrupadas por universidad, como factores Personales y Académicos. Las Figuras 1 y 2 presentan los diagramas de Espina de Pescado que muestran tal clasificación y las causas que los componen.

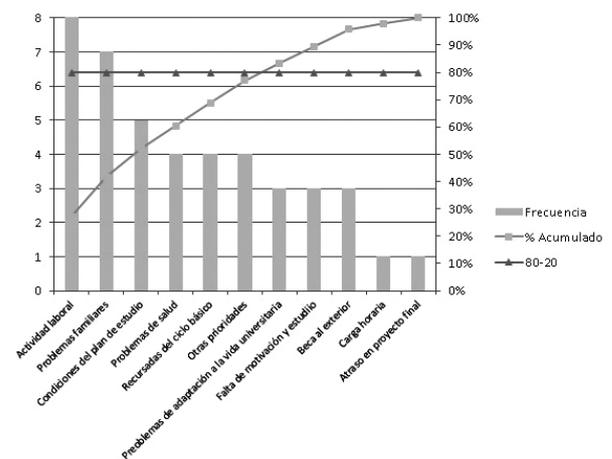
Asimismo, estas causas de lentificación fueron organizadas en los diagramas de Pareto correspondientes a las Figuras 3 y 4 para destacar aquellas causas que perciben los alumnos como más importantes (lado izquierdo) frente a otras de menor importancia.



**Figura 3: Diagrama de Pareto sobre causas que provocan la lentificación en alumnos de Ingeniería Industrial UNMDP.**

Se puede visualizar que las causas más importantes de lentificación para el caso del grupo de estudiantes de FI-UNMDP provienen de factores académicos: recursadas del

ciclo básico y condiciones del plan de estudio (correlatividades), mientras que el factor personal de mayor relevancia es la adaptación a la vida universitaria. En cambio, para el caso de los estudiantes de la FI-UFASTA, las causas más importantes de lentificación tienen que ver con factores personales, como la actividad laboral y problemas familiares, aunque las condiciones del plan de estudio también tienen un peso importante al igual que en el caso de FI-UNMDP.



**Figura 4: Diagrama de Pareto sobre causas que provocan la lentificación en alumnos de Ingeniería Ambiental e Informática UFASTA.**

Luego se consideran las percepciones de los estudiantes sobre a quién acudir ante un problema de diversa índole y se obtienen resultados interesantes que se muestran en la Tabla 1.

Para lograr una mejor interpretación de los datos, cabe aclarar que en la encuesta se permitía la elección de alternativa de respuesta múltiple ante cada pregunta. También es importante mencionar que en la categoría de respuesta 'otro' se han obtenido resultados dispares, tales como: hay quienes ante un problema personal acuden al Centro de Estudiantes o a un psicólogo, así como otros ante un problema administrativo se dirigen al Departamento de Alumnos en la FI-UNMDP y en la FI-UFASTA se dirigen al(a) Director(a) de la carrera, su pareja o simplemente a nadie.

Por último, se indagó sobre la situación sociolaboral de la muestra con la finalidad de comprender cómo los estudiantes solventan



sus estudios, dado que resulta de interés conocer si la lentificación puede ser causa o consecuencia de ello. Es decir, que un estudiante se atrase en su carrera de grado podría ser a causa de no poder afrontar los gastos que esta implica, o bien, que por el hecho de tener una solvencia económica familiar no les preocupe su situación de estancamiento en la carrera. A la luz de los resultados se registra que más del 70 % de los estudiantes de la muestra viven y dependen económicamente de sus familias, en la FI-UNMDP. En el caso de la FI-UFASTA, la muestra que representa a los alumnos de Ambiental indica que el 60 % de ellos dependen de sus padres para solventar sus estudios, el 23 % solventa sus estudios con ayuda, y solo el 17 % solventa sus estudios por sí mismo. En cambio, la situación es totalmente opuesta para el caso de los alumnos de Informática, ya que los datos revelan que la mayoría (75 %) solventa sus estudios por sus propios medios.

### Análisis de resultados

A partir de los resultados relevados y expresados anteriormente se evidencia que el conjunto de estudiantes analizados no vive la lentificación como un problema. Sin embargo, si se analiza comparativamente, el 27,32 % de los alumnos de la FI-UNMDP expresa preocupación. Dicha cifra se eleva al 43,55 % para el grupo de la FI-UFASTA. A pesar de ello, del primer grupo el 77,64 % está lentificado y en el segundo el valor también es más preocupante dado que significa el 84,84 % de la muestra. Lo cual hace pensar que los estudiantes al no tener una percepción negativa de su estancamiento no generan conductas activas de autorregulación. Es decir, acciones correctivas sobre cómo aprender de modo más eficaz, dedicar mayor tiempo a estrategias de estudio, entre otras. También en correlato con ello, se podría pensar que esta percepción de su autoeficacia podría estar incidiendo; puesto que al no sentirse “atrasados” o “estancados”, ello no cambia sus aspiraciones, metas y expectativas; muchas veces colocando en los factores externos la

causa de sus frustraciones.

En cuanto a la comparación entre grupos, existe coincidencia en identificar la carga horaria de las carreras como un obstáculo para su desarrollo. Al analizar las causas que los estudiantes identifican para explicar la lentificación se dan coincidencias en los factores personales donde la actividad laboral y la adaptación a la vida universitaria tienen un papel preponderante. Así mismo, en los factores académicos se visualizan patrones comunes en cuanto a requisitos del plan de estudio / cambio de plan y recursadas en el ciclo básico.

Para evaluar posibles intervenciones desde un sistema de tutorías se indagó a quién acuden ante un problema personal, académico o administrativo. Resultando que ante problemas personales no se recurre en primer término a la institución, excepto en la carrera de informática. En cuanto a problemas académicos en la FI-UFASTA acuden al GAE<sup>1</sup> en mayor porcentaje, en cambio en la UNMdP a un compañero de Facultad, lo cual revela falta de información institucional en este último caso. Esta conducta se profundiza ante un problema administrativo, lo cual no ocurre en la FI-UFASTA. No se debería perder de vista que el universo de las dos facultades es muy diferente: su naturaleza pública / privada, el número de carreras, modalidad de cursada presencial / a distancia.

**Tabla 1. Percepción de los estudiantes sobre a quién acudir ante problemas diversos.**

Tipo de Problema	Respuesta	Industrial FI-UNMDP	Informática FI-UFASTA	Ambiental FI-UFASTA
Problema personal	Secretaria Académica	6.82%	9.30%	2.00%
	Departamento Industrial / GAE*	2.05%	18.60%	2.00%
	Profesor	11.27%	6.90%	4.00%
	Familiar	61.27%	30.20%	35.30%
	Amigo	68.09%	18.60%	21.60%
	Compañero de Facultad	57.14%	14.00%	29.40%
	Otro	6.50%	2.00%	2.00%
Problema académico	Secretaria Académica	31.91%	22.80%	6.30%
	Departamento Industrial/GAE*	2.05%	45.70%	38.30%
	Profesor	26.95%	14.30%	19.10%
	Familiar	13.32%	5.70%	4.20%
	Amigo	18.09%	280.00%	4.20%
	Compañero de Facultad	61.27%	8.60%	25.50%
	Otro	0.00%	0.00%	2.12%
Problema administrativo	Secretaria Académica	63.64%	38.50%	25.00%
	Departamento Industrial/ GAE*	8.86%	61.50%	68.80%
	Profesor	11.59%	0.00%	0.00%
	Familiar	15.73%	0.00%	0.00%
	Amigo	7.00%	0.00%	0.00%
	Compañero de Facultad	20.32%	38.00%	0.00%
	Otro	13.82%	0.00%	0.00%

\*GAE es un integrante del equipo de gestión de FI-UFASTA que tiene como función acompañar y asesorar al alumno para que su trayectoria en la carrera sea una experiencia satisfactoria, tanto en términos académicos como personales y humanos..... es el equivalente al Departamento de Ingeniería Industrial en la FI-UNMDP

## CONCLUSIONES

A través del estudio de la percepción sobre el estado de avance o lentificación de los estudiantes avanzados de carreras de ingeniería de las universidades FASTA y Nacional de Mar del Plata, se tiene una representación empírica de la aplicación de estos conceptos para comprender los procesos y factores

que llevan a identificarse o conceptualizarse como estudiantes eficaces o no. Esto permite contar con un mapa de lo que sienten y expresan los estudiantes para delinear acciones institucionales.

La implementación de programas de tutorías puede ser una alternativa eficiente para contrarrestar esta situación y los problemas de lentificación, considerando las particularidades de cada alumno y de sus procesos de aprendizaje, las relaciones sociales, las múltiples experiencias y formas de aprender [9].

Además, con esta investigación se han conseguido resultados interesantes con relación a la temática analizada. Las elevadas tasas de deserción y la lentificación en los estudiantes, como ya se ha expuesto en el desarrollo del trabajo, constituyen una problemática de alcance nacional que ocupa a docentes e investigadores comprometidos con la educación superior, y en su análisis deben tenerse en cuenta siempre las culturas organizacionales y las diferencias de cada universidad.

En respuesta al objetivo principal, que consiste en conocer cuál es la percepción de los estudiantes sobre la lentificación de sus carreras y cómo impacta en sus trayectos formativos, se encontró que no existiría un impacto negativo generalizado sobre la lentificación a pesar de que una parte de la muestra manifiesta preocupación al respecto. No obstante, debe tenerse en cuenta que ello sí impacta de modo negativo en el sistema educativo ya sea por consecuencias económicas, organizativas, operativas o pedagógicas.

A continuación se sintetizan los principales hallazgos de este estudio:

- Los estudiantes de las tres carreras, si bien mayoritariamente no están preocupados por su situación de no estar al día con sus estudios, sí son conscientes de que están lentificados.
- Los estudiantes de Informática de UFASTA, por tener acceso durante el ciclo superior al mercado laboral, se ven afectados en la finalización de su carrera.
- Los menos lentificados son los grupos de Ingeniería Industrial de la UNMdP y Ambiental

de la UFASTA. Lo anterior va en contra de la idea de que, por ser universidades de corte tan diferente, esto impactaría más que las realidades de dichas poblaciones estudiantiles.

Frente a la situación de a quién acudir ante problemas, para el caso de la UFASTA, el contar con un área destinada específicamente a las tutorías o seguimiento de trayectos formativos, GAE (Gestor de Asuntos Estudiantiles), les significa un lugar de referencia al cual el estudiante acude ante dificultades académicas y administrativas.

Finalmente, se espera capitalizar estos resultados para utilizarlos como insumos para las reformas que se plantean en los planes de estudio de ambas Instituciones, en virtud de la

## REFERENCIAS

- [1] Algañaraz, V.; Castillo, G.; Guevara, H.M. (2017). Pensar la lentificación de las trayectorias estudiantiles universitarias desde la reflexividad bourdiana. *Diálogos Pedagógicos*, 15, 29, 50-71.
- [2] Borracci, R.; Pittaluga, R.; Álvarez Rodríguez, J.; Arribalzaga, E.; Poveda Camargo, R.; Couto, J.; Provenzano, S. (2014) Factores asociados con el éxito académico de los estudiantes de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. *Medicina*, 74 (6), 451-456.
- [3] Carli, S. (2012). *El estudiante universitario. Hacia una historia presente de la educación pública*. Siglo XXI Editores. Buenos Aires.
- [4] Gago, M. (2008). Trayectorias académicas de jóvenes estudiantes universitarios de dos facultades de la Universidad Nacional de la Patagonia. *V Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata*. ISSN 2250-8465.
- [5] Goldenhersh, H.; Coria, A.; Saino, M. (2011). Deserción estudiantil: desafíos de la Universidad pública en un horizonte de inclusión. *Revista Argentina de Educación Superior (RAES)*, 3, 3, 96-120.
- [6] Petric, N.; Bartolini A. (2014). El egreso a término en la universidad: justificación y relevancia de su estudio. *Diálogos Pedagógicos*, 12, 23, 103-108.
- [7] Soraire, E. (2012). La diversidad cultural

en la universidad: algunos mecanismos que operan en la configuración de las identidades culturales. *Cuaderno*, 42, 105116.

[8] Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU). (1998). *Informe final Evaluación externa de la Universidad Nacional de San Juan*. Ministerio de Cultura y Educación. Buenos Aires.

[9] Onaine, A.E.; Corleto, B.; Artigas, M.V.; Santille, L. S. (2018). Percepción del impacto de la lentificación en estudiantes de Ingeniería. Caso de estudio en las Facultades de Ingeniería de las universidades Nacional del Mar del Plata y FASTA. *VI Jornadas Nacionales y II Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico - Tecnológicas - IPECyT*.

[10] García, J.C.; González, M.L.; Zanfrillo, M.I. (2011). Desgranamiento Universitario: perspectiva estudiantil en ingeniería. *XI Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur. II Congreso Internacional IGLU*.

[11] Canedo, C.M.; Canet Juric, L.; Andrés, M.L. (2015). Deserción y lentificación en los estudios universitarios: aportes cognitivos para un mejor rendimiento académico. *Question*, 48 (1), 147-159.

[12] Velásquez, C.; Montgomery, W.; Montero, V.; Pomalaya, R.; Dioses, A.; Velásquez, N.; Reynoso, D. (2008). Bienestar psicológico, asertividad y rendimiento académico en estudiantes universitarios sanmarquinos. *Revista de Investigación en Psicología*, 11, 2, 139-152.

[13] Gardner, J.W. (1963). *Self-renewal: The individual and the innovative society*. Harper and Row. New York.

[14] Álvarez Rojo, V. y otros. (1999). El rendimiento académico en la universidad desde la perspectiva del alumnado. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía (REOP)*. 10, 17, 23-42.

[15] Calvo, C. Programa de Inserción a la Vida Universitaria (PIVU). Universidad FASTA, pp. 24-44 (2017).

[16] Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84 (2), 191-215.

[17] Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psycholo-*

*gist*, 37, 122-147.

[18] Caparra, G.V., Fida, R., Vecchione, M., Del Bove, G., Vecchio, G.M., Barbaranelli, C.; Bandura, A. (2008). Longitudinal analysis of the role of perceived self-efficacy for self-regulated learning in academic continuance and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 100 (3), 525-534.

[19] Artigas, M.V. (2012). Trabajo Final Integrador: Estudio descriptivo sobre la percepción que tienen los tutores de la Facultad de Ingeniería (UNMDP) del ejercicio de su rol y la autoeficacia. Universidad de Buenos Aires, Facultad De Psicología, Carrera De Especialización En Psicología Organizacional y Del Trabajo.

[20] Tanucci, G. (2002). L'orientamento professionale: scenario nazionale e confronto europeo. *Occupazione e mercato del lavoro nelle province del Lazio - Rapporto*. Eures. Roma.

[21] Tanucci, G. (2007). Risorse Personali, e attività di sviluppo dell'occupabilità nella transizione dall'università al lavoro. *Psicologia dell' Educazione e della Formazione*, 1, 119-143.

[22] Vasilachis de Gialdino, I. (2007). *Estrategias de investigación cualitativa*. Gedisa. Buenos Aires.

[23] Ibañez, J. (1979). *Más allá de la Sociología. El grupo de discusión: técnicas y crítica*. Siglo XXI. Madrid.

[24] Vázquez Sixto, F. (1996). El análisis de contenido temático. En *Objetivos y medios en la investigación psicosocial (47-70)*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

[25] Ishikawa, K. (1994). *Introducción al Control de Calidad*. Díaz de Santos. España.

[26] CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación - Libro Rojo*. CONFEDI. Buenos Aires.

# Gestión ágil del conocimiento en un entorno de aprendizaje colaborativo

Silvia Lanza Castelli<sup>1</sup>

Valeria Ortiz Quiroz<sup>2</sup>

Fernanda Rodríguez Aleua<sup>3</sup>

Facultad Regional Córdoba  
Universidad Tecnológica Nacional

<sup>1</sup>E-mail: slcastel@gmail.com

<sup>2</sup>E-mail: valeoq@gmail.com

<sup>3</sup>E-mail: fernanda.aleua@gmail.com

## RESUMEN

En esta era del conocimiento, su gestión ha tomado gran relevancia en las organizaciones como un recurso estratégico y no podría ser menos en el ámbito educativo. En este trabajo nos enfocaremos en cómo aplicarla a la educación universitaria.

Las nuevas tecnologías están cambiando las estructuras tradicionales del trabajo, por lo tanto, el sistema educativo también tiene que cambiar para fortalecer nuevas competencias para la vida y el trabajo del siglo XXI. Proponemos una gestión del conocimiento basada en un aprendizaje colaborativo y el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

La relevancia de nuestro trabajo es mostrar resultados y beneficios obtenidos de experiencias realizadas con alumnos de 2º año de la cátedra de Análisis de Sistemas de la UTN-FRC para la gestión del conocimiento, cuyo soporte teórico está basado en tres ejes: framework de Scrum, herramientas colaborativas y plataforma Moodle.

## ABSTRACT

In this age of knowledge, its management has taken great relevance in organizations as a strategic resource and could not be less in the educational field. In this paper we will focus on how to apply it to university education.

New technologies are changing the traditional structures of work. Therefore, the education system also has to change to strengthen new competencies for life and work in the 21st century. We propose a knowledge management based on collaborative learning and the use of Information and Communication Technologies (ICT).

The relevance of our work is to show results and benefits obtained from experiences with 2nd year students of the cathedra of Systems Analysis of the UTN-FRC for knowledge management, whose theoretical support is based on three axes: Scrum framework, collaborative tools and Moodle platform.

**PALABRAS CLAVE:** Gestión del conocimiento, Aprendizaje colaborativo, Tecnologías de la Información y Comunicación, Scrum, Competencias.

## INTRODUCCIÓN

Según Francis Bacon (1561-1626), el conocimiento es poder y deriva ante todo de la experiencia. La gestión del conocimiento se ha transformado en una actividad fundamental de toda organización ya que la información se ha convertido en uno de los principales activos existentes.

Los trabajos en grupo han sido práctica convencional en los diferentes niveles y modalidades del sistema educativo, pero ello no implica que sea ésta una práctica verdaderamente cooperativa y sinérgica.[1] El avance y cambio constante en las TIC promueve un amplio abanico de oportunidades para ser utilizadas en el proceso de enseñanza aprendizaje de forma colaborativa.

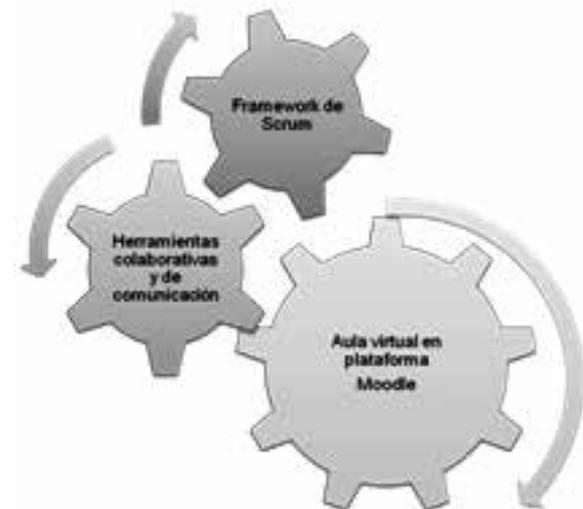
El aprendizaje colaborativo está basado en un postulado constructivista. Los entornos de aprendizaje constructivista se definen como “un lugar donde los alumnos deben trabajar juntos, ayudándose unos a otros, usando una variedad de instrumentos y recursos informativos que permitan la búsqueda de los objetivos de aprendizaje y actividades para la solución de problemas”[1].

Del grupo al equipo, hay un tránsito, cuyo valor agregado es la cooperación, pero muchas veces los mismos docentes desconocen cómo producir este logro y orientar las actividades de aprendizaje en esa dirección. [2] Dejando en claro que ambos actores centrales de este proceso, docentes y alumnos, enseñan y aprenden mutuamente, lo que lo hace enriquecedor, diremos que es impensable, hoy en día, llevarlo a cabo sin los soportes que la tecnología nos ofrece. Diversidad de herramientas tecnológicas, al alcance de todos, hacen del generar y compartir conocimientos una actividad constante.

Las herramientas tecnológicas de colaboración son utilizadas por alumnos y docentes para la realización de trabajos, exposición de temas, consultas, prácticas, etc. Todo esto contribuye al proceso de enseñanza aprendizaje y se vuelve imprescindible. Los alumnos colaboran entre sí mediante sesiones de chat, compartiendo archivos en repositorios,

los cuales pueden ser accedidos y modificados por otros miembros del equipo de trabajo, superando así las barreras físicas que impone la disparidad de tiempos libres y la distancia. La utilización de las herramientas que la tecnología pone a nuestro alcance, resulta de vital importancia al momento del proceso.

Para la gestión del conocimiento aplicamos un modelo de soporte teórico basado en tres ejes: framework de Scrum (marco de trabajo basado en el manifiesto ágil), herramientas colaborativas y plataforma Moodle. Esto se utilizó en el desarrollo de los casos prácticos en el 2º año de la cátedra de Análisis de Sistemas de la Universidad Tecnológica Nacional Córdoba.



**Fig.1. Ejes del Modelo de Gestión Ágil del Conocimiento.**

Con el uso de Scrum podremos aplicar, de manera regular, un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente. Este marco de trabajo ágil de gestión de proyectos, ayuda a elevar al máximo la productividad de un equipo, reducir la burocracia y eliminar o modificar aquellas actividades que no construyan un producto de calidad.

El aula virtual en plataforma Moodle se utiliza como sistema de gestión del aprendizaje y es una herramienta que la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Córdoba viene estudiando para abrir espacios virtuales de intercambio académico, desde hace más de

una década. En los últimos años lo ha puesto a disposición de los docentes para ser utilizado en el ámbito educativo, permitiendo acompañar a las actividades de enseñanza-aprendizaje más allá del trabajo en el aula. Es su versión más básica, puede ser utilizada como repositorio de archivos, pero en su máximo potencial, es un marco de trabajo completo que posibilita desde la administración de consultas alumnos-docentes mediante sistemas de mensajería, hasta la evaluación y seguimiento del alumno, pasando por la gestión de tareas y actividades, la revisión de las mismas, publicación de material, utilización de wikis colaborativas, etc. Por todo esto es que hemos sumado esta herramienta a nuestro estudio, ya que claramente favorece la gestión ágil del conocimiento y la colaboración, no sólo entre pares, sino entre docente-alumno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Las tecnologías digitales ofrecen nuevas oportunidades para el aprendizaje en una sociedad cada vez más conectada, en la cual aprender a trabajar con otros y colaborar se convierte en una competencia trascendental. [3]

Para nuestra investigación nos basamos en el uso de herramientas colaborativas, que son aquellas que permiten la comunicación, la colaboración y la producción del conocimiento en forma conjunta.

Se propuso el uso de: redes sociales y aplicaciones de mensajería para la comunicación de los miembros de un equipo, utilización de almacenamientos gratuitos en la nube para producir y compartir archivos, además del uso del Moodle y una herramienta de gestión de proyectos basada en metodologías ágiles.

Se realizaron encuestas para conocer el grado de conocimiento de los alumnos con respecto a las herramientas colaborativas utilizadas por ellos y en base a los resultados obtenidos se eligieron las que se emplearían para el desarrollo del TPI (trabajo práctico integrador), instancia obligatoria e integradora

de contenidos de la materia Análisis de Sistemas.

### Metodología

Realizamos una investigación experimental, ya que elegimos a un grupo de alumnos para realizar la aplicación de la metodología propuesta de gestión del conocimiento ágil, bajo un marco de trabajo Scrum, utilizando herramientas colaborativas.

El nivel de la investigación es explicativa, ya que se centra en el análisis de los efectos de la aplicación de la metodología mencionada sobre el rendimiento estudiantil, estableciendo relaciones causa-efecto.

Tuvimos en cuenta un enfoque cuantitativo y cualitativo. Para la evaluación cuantitativa realizamos análisis de los resultados obtenidos sobre: porcentaje de uso de las distintas herramientas, los accesos para interactuar en el moodle, porcentaje de aprobados en cada práctico, comparaciones en resultados obtenidos de un práctico a otro, índices de regularidad y promoción, entre otros. Para la evaluación cualitativa fueron importantes las ceremonias propuestas por scrum, en especial las retrospectivas donde se debatía el sentir del grupo, los aspectos negativos y positivos de la experiencia, las cuestiones a mejorar y lo que se debía mantener.

### LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Del inglés *knowledge management* es un concepto aplicado en las organizaciones, es el proceso por el cual una organización facilita la transmisión de información y habilidades a sus integrantes, de una manera sistemática y eficiente. La fuente principal de ventaja competitiva en las empresas reside fundamentalmente en el conocimiento, en lo que sabe, cómo usa lo que sabe y en su capacidad de aprender [4]. La Gestión del conocimiento podemos entenderla como la instancia de gestión en la cual los involucrados obtienen una variedad de recursos para apoyar el desarrollo del conocimiento dentro del entorno de aprendizaje.

Minakata [5] plantea que vivimos en la so-

ciudad del conocimiento, la cual demanda transformaciones de las instituciones educativas, de los grupos sociales y las personas como organismos que aprenden; y tienen como condición la incorporación de las nuevas tecnologías de información y comunicación a sus prácticas educativas, y con ellas la posibilidad de funcionar como organizaciones de la sociedad de la información. Esta situación, sin embargo, no es suficiente, a menos que se acompañe de la adecuada gestión del conocimiento.

### LAS HERRAMIENTAS COLABORATIVAS

La fusión de las Redes Sociales y los entornos Virtuales de Aprendizaje, da lugar a una nueva forma de interactuar de manera informal en un ambiente de aprendizaje formal, dando como resultado un modelo de aprendizaje colaborativo y social. Las redes sociales han tenido un desarrollo vertiginoso basado en la ventaja de permitir a los usuarios expresarse y compartir en un ambiente en el que se sienten en absoluta confianza. El crecimiento de las redes sociales, así como la diversificación de aplicaciones que corren sobre ellas son evidencia suficiente de que no son una moda tecnológica, sino que están cambiando el mundo y las formas en las que la sociedad se desenvuelve. La educación no escapa al alcance de la tendencia y se han observado muchas innovaciones, plataformas y herramientas que cambian conceptos tradicionales e incluso han creado nuevos roles que intervienen en el proceso educativo.

“La integración del diálogo formal e informal, trabajando en una modalidad de red social, hace que el intercambio de información y la discusión entre pares pase a ser una forma natural de aprender.”[6]



Figura 2. Modelo de aprendizaje colaborativo y social [6]

Karina Abril [7] menciona que “uno de los retos que enfrenta la educación actualmente es desarrollar y fortalecer habilidades y competencias meramente humanas que nos distinguen de las máquinas. Estas habilidades, conocidas como “habilidades del siglo XXI” o habilidades blandas (*soft skills*) pueden resumirse en las 4Cs: Creatividad, Pensamiento Crítico, Colaboración y Comunicación (4Cs por sus siglas en inglés).” Para ello es necesario “generar un ecosistema de aprendizaje que además de desarrollar estas habilidades ya mencionadas, empodere a los estudiantes a través de retos reales que los preparen no sólo para la vida laboral sino en todos los ámbitos.”

Las herramientas colaborativas son aquellas que posibilitan la creación de este ecosistema en el trabajo de equipo de un grupo de personas, aunque éstas no estén necesariamente próximas físicamente ya que hacen uso de una red local o Internet como medio de comunicación. Los usuarios, de ésta manera, pueden compartir diversos materiales en distintos formatos hasta generar nuevas y sucesivas versiones a partir de la interacción lograda por el uso de estas herramientas.

El uso de herramientas colaborativas se volvió imprescindible en el desarrollo de las instancias prácticas de la materia Análisis de Sistemas. Los alumnos, sea de manera individual o grupal, resuelven sus situaciones mediante la ubicación de sus materiales en repositorios que puedan compartir, donde

se puede organizar en espacios virtuales contenidos que pueden ser alimentados por todos los integrantes de un grupo y conocer parámetros tales como cantidad de accesos, quién realiza la colaboración, fechas y hora de último ingreso, entre otros.

El aprendizaje colaborativo aumenta la seguridad en sí mismo, incentiva el desarrollo de pensamiento crítico, fortalece el sentimiento de solidaridad y respeto mutuo, a la vez que disminuye los sentimientos de aislamiento. [8]

Las herramientas colaborativas elegidas por los grupos para la organización y realización de los trabajos prácticos fueron:

- Video llamadas/video conferencias: Skype.
- Almacenamientos gratuitos en la nube: Google Drive/OneDrive/Dropbox.
- Redes sociales: Instagram, Grupos en Whatsapp/ Hangouts.
- Foros, chats y wikis en Moodle: aula virtual ofrecida por la universidad para cada comisión.

Una de las herramientas más utilizada como repositorio de archivos, pero desconocida en todo su potencial resultó ser Google Drive. Es de uso generalizado ya que permite distribuir e interaccionar el conocimiento, no sólo dentro del ámbito de organizaciones educativas, sino de las organizaciones en general. Brinda discos de almacenamientos gratuitos en la nube que permiten guardar y acceder a los archivos desde cualquier Smartphone, tablet u ordenador. Es el más difundido por ser un anexo a la tan popular cuenta de GMAIL. Este servicio de almacenamiento de archivos digitales que integra un procesador de textos online, hojas de cálculo y otras herramientas ha permitido la colaboración en tiempo real y ha facilitado el trabajo grupal colaborativo. Para la utilización de este servicio sólo es necesario tener creada una cuenta web mail en Gmail, que es un servicio gratuito de Google y con gran capacidad de almacenamiento. [9]

Los repositorios organizados en carpetas y la posibilidad de controlar quién interactúa y actualiza un archivo y darle los permisos de edición o lectura de acuerdo al rol contribuyen a la amplia aceptación por parte de los usua-

rios de estos almacenamientos “en la nube”.

## GESTIÓN DE PROYECTOS

Para planificar y organizar las tareas a realizar resultó útil el uso de la herramienta Trello. Es una aplicación web que nos permite crear listas de elementos tipo “post-it” organizadas por columnas, tiene un gran potencial como apoyo a las metodologías de desarrollo ágil y es una de las herramientas más utilizadas para la gestión de proyectos. Trello es extremadamente útil, flexible y visual, y es utilizada para colaborar de manera efectiva y eficiente en el proyecto y hacer que la colaboración sea sencilla entre los integrantes del equipo. El proyecto se maneja con un tablero que contiene diversas listas (fases, etapas o unidades temáticas del proyecto) las cuales a su vez se descomponen en tarjetas (tareas pendientes de cada fase o actividad).

Uno de los puntos principales que atrajo al equipo para considerar Trello fue la sencilla estructura en la que podía incluir las unidades temáticas del proyecto. Se dividieron las actividades o temas en tarjetas y luego se definieron las actividades a llevar a cabo asignando responsables y fechas límites. Cabe destacar que esta herramienta online es gratuita, es decir que está al alcance de todos. Entre otros beneficios, se pudo lograr que cada equipo (de alumnos) trabaje de manera más organizada, aún trabajando en forma distribuida, es decir cuando resulta complicado reunir a todo el equipo en horarios y días de trabajo común. Cada integrante del equipo puede trabajar sobre una tarea y al mover la tarjeta de lugar, el resto del equipo puede estar en conocimiento del avance, sin necesidad de enviar un correo electrónico.

## PLATAFORMA MOODLE

“Moodle es una aplicación que pertenece al grupo de los Gestores de Contenidos Educativos (LMS, Learning Management Systems), también conocidos como Entornos de Aprendizaje Virtuales (VLE, Virtual Learning Managements), un subgrupo de los Gestores de Contenidos (CMS, Content Management Sys-

tems). De una manera más coloquial, podemos decir que Moodle es una aplicación para crear y gestionar plataformas educativas, es decir, espacios donde un centro educativo, institución o empresa, gestiona recursos educativos proporcionados por unos docentes y organiza el acceso a esos recursos por los estudiantes, y además permite la comunicación entre todos los implicados (alumnado y profesorado).” [10]

En los ámbitos de educación a distancia en particular, en los educativos en general, Moodle se ha expandido como una de las plataformas de enseñanza aprendizaje preferidas por los gestores educativos. Sin duda, el hecho de ser una herramienta gratuita y que posibilita configuración personal y su evolución constante tienen mucho que ver en eso.

Las premisas de su construcción están basadas en ideas del constructivismo en pedagogía, las cuales afirman que el conocimiento se construye en la mente del estudiante en lugar de ser transmitido sin cambios a partir de libros o enseñanzas y en el aprendizaje colaborativo, motivo que expone claramente que Moodle sea la plataforma más difundida y más útil en los procesos de enseñanza aprendizaje.

Cómo grupo de investigación y como docentes se instrumentó su aplicación en forma secuencial, primero, como grupo se lo utilizó para conocer y comprender su funcionamiento, tratando de explorar sus diversas herramientas:

- El primer uso fue el relacionado al repositorio de material encontrado en búsquedas y también de producción individual o conjunta. Por ejemplo: compartimos material sobre la utilización de Trello (herramienta de gestión de proyectos), documentos relacionados a la investigación, etc.
- Compartimos los borradores de papers para presentar en congresos, y a su vez, se habilitaron foros de discusión al respecto, lo que permitió el debate de ideas y la coordinación de las actividades. Las cuales una vez consensuadas fueron volcadas a un tablero de Trello, logrando de esta forma la integración de herramientas.

- Los docentes involucrados pudieron realizar un seguimiento de las actividades y participaciones del resto del equipo.

- Posteriormente, una vez investigadas en forma teórica las funcionalidades de Moodle, los docentes comenzamos la tarea de preparar la herramienta para ser utilizada en los cursos pilotos.

- En el modo repositorio, se almacenaron actividades y material de consulta para que los alumnos pudieran acceder.

- Se configuraron las calificaciones y competencias

- Se habilitaron foros de discusión para los alumnos, tanto por unidades temáticas como generales. Cada docente fue responsable de monitorear la actividad de su curso, y todos los integrantes del grupo podían acceder a visualizar las actividades de todos los cursos involucrados. Sólo los docentes a cargo de cada curso piloto podía calificar y responder las consultas de los alumnos.

- Los docentes a cargo de cada curso testigo podían colocar tareas, recibir consultas y resolverlas.

Los docentes miembros del equipo en general pudieron ver el comportamiento, la colaboración de los alumnos entre sí, y aquellos a cargo de los cursos testigos valoraron la posibilidad de hacer un seguimiento de la participación de cada alumno en la realización de tareas, aporte de información e investigación del tema asignado y los ingresos al sistema de cada uno. Todo lo anterior, es muy difícil evaluar fuera del aula sin el apoyo de esta herramienta.

Cuando se realizan proyectos grupales se debe asegurar que el conocimiento que obtiene un grupo sea compartido hacia los demás grupos y viceversa. Para esto se deben crear espacios para compartir avances, desafíos y obtener retroalimentación. El uso de la tecnología puede favorecer los ambientes colaborativos, con el uso de plataformas para comunicación y gestión de contenidos. Es importante aclarar que en los ambientes colaborativos, el uso de la herramienta debe necesariamente, estar monitoreado por el do-

cente. Si esto no ocurre puede aflorar el individualismo y pueden surgir alumnos o grupos que quieran tomar ventaja del trabajo de los demás. Es muy importante detectar este tipo de comportamiento que rompe los esquemas de confianza y destruye la colaboración.

## USO DE SCRUM PARA GESTIONAR EL CONOCIMIENTO

Scrum es “un marco de trabajo por el cual las personas pueden acometer problemas complejos adaptativos, a la vez que entregar productos del máximo valor posible productiva y creativamente.” “El marco de trabajo Scrum consiste en los Equipos Scrum, roles, eventos, artefactos y reglas asociadas. Cada componente dentro del marco de trabajo sirve a un propósito específico y es esencial para el éxito de Scrum y para su uso.” [11]

Las actividades propuestas están basadas en los eventos de Scrum planteados por sus creadores Ken Schwaber y Jeff Sutherland. El objetivo planteado fue que los alumnos se interioricen en la agilidad y autogestión como marco de trabajo, tal como se presenta a continuación:

### Los Sprint

Un Sprint es un periodo de corta duración, generalmente de 2 a 4 semanas, que debe finalizar con un prototipo operativo o producto potencialmente entregable.

Ejemplo: 1er Sprint: Requerimientos funcionales y no funcionales.

Duración del sprint: 2 semanas.

Objetivo: “Descubrir, enunciar y clasificar los requerimientos funcionales y no funcionales del dominio planteado”.

### Sprint Planning

El comienzo de cada Sprint se da con un “Sprint Planning”. Durante ese Sprint Planning se expondrá una lista de historias de usuario (o ítems de manera general) que se deberán realizar en el Sprint que empieza. Esas historias representan qué se espera que el grupo finalice y entregue durante las semanas del Sprint y conforman el Product Backlog.

Para esta aplicación el Product Backlog

está definido por la docente en lo solicitado como entregable de cada sprint.

Cada historia de usuario tiene un valor que las prioriza. El docente establecerá el valor de cada una. La suma de dichos valores de las historias propuestas para el Sprint dará 100 y permitirá obtener la nota resultante según la corrección de los artefactos 100 y permitirá obtener la nota resultante según la corrección de los artefactos solicitados en el Sprint. El grupo enunciará los objetivos de cada historia solicitada, estos objetivos deben estar en concordancia con los objetivos de la asignatura.

### El Sprint Backlog

El equipo (grupo de alumnos) se organizará y gestionará para resolver los ítems pedidos (historias de usuario). Pueden usar post-it o alguna herramienta de gestión como por ej. Trello (fue la sugerida por la cátedra).

En base a las historias de usuario que se deben desarrollar en el Sprint, el equipo de alumnos descompondrá cada historia en tareas, las cuales formarán el Sprint Backlog, que son las que debe llevar a cabo dentro del Sprint. Ejemplo:

- Realizar lista de requerimientos funcionales.
- Detallar requerimiento funcional X.
- Realizar plantilla de requerimientos no funcionales.

### Daily meeting

Las reuniones diarias son la base para lograr eficiencia y comunicación, y posibilitan que el equipo ágil sea auto-gestionado y multifuncional.

Se recomienda al grupo para que utilicen las TICs (ej. Whatsapp, Skype) para comunicarse asiduamente (ya que lo más probable es que no puedan hacerlas diariamente y en persona como dicta Scrum). La reunión diaria no deberá durar más de 10 minutos y se tratará: ¿qué se hizo ayer?, ¿qué se va a hacer hoy? y ¿qué problemas se han encontrado?

### Sprint Review

Al finalizar el Sprint se realizará el Sprint

Review. Durante la clase en la que se debe entregar la carpeta solicitada los alumnos harán una breve exposición al Product Owner (docente) donde comentarán cómo se organizaron y mostrarán los artefactos con los cuales completaron las historias solicitadas.

**Retrospectiva**

“Reunión ritual de una comunidad, al final del proyecto, para revisar eventos y aprender de la experiencia.” [15]

Los alumnos realizarán una retrospectiva. Esta servirá para que los integrantes del equipo den sus impresiones sobre el Sprint, y puedan mejorar su gestión como grupo Sprint a Sprint.

**Tabla 1: Ejemplo de cuadro de Retrospectiva**

Qué se hizo mal	Qué se hizo bien	Qué mejorar para próximo sprint
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lidar con la comunicación entre los integrantes del grupo, dado que costó llevar adelante las Daily meetings.</li> <li>- No enviar trabajos para la corrección y sugerencias.</li> <li>- No plantear dudas en las clases.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debatisimos los temas en cuestión</li> <li>- Dividimos bien las tereas a realizar.</li> <li>- Se hizo uso de la wiki</li> <li>- Reuniones en:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Google Drive</li> <li>• Espacios en la facultad</li> <li>• Grupo de WhatsApp</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar la comunicación llevando en forma correcta las Daily meetings.</li> <li>- Mejorar comunicaciones con los profesores sobre las dudas.</li> </ul>

**CONCLUSIONES**

La aplicación del marco de trabajo Scrum en las estrategias de enseñanza aprendizaje permitió lograr un compromiso conjunto y colaborativo entre los miembros de los equipos de alumnos y entre el equipo de docentes. Facilitó realizar cambios a medida que se avanzaba en el proyecto, es decir que se pudo incorporar historias de usuarios de manera incremental en el producto del proyecto y realizar cambios de forma controlada sin

agregar costos adicionales, produciendo de esta forma un aprendizaje continuo.

De esta manera se pretendió introducir a los alumnos en los conocimientos de los principios Ágiles y el aprovechamiento de algunos de los principales beneficios planteados por el uso de los marcos ágiles de trabajo. Para lo cual se realizó previamente una investigación, comparación y capacitación de varias herramientas para el trabajo colaborativo en proyecto ágiles, pero por la facilidad de aplicación resultante seleccionamos a Trello como herramienta que permite la organización de los recursos de un equipo a lo largo de un proyecto, facilitando la tarea y la visibilidad de quien debe realizar cada tarea y su avance en la marcha.

En cuanto a lo colaborativo se pudo trabajar y visibilizar diversas dimensiones hacia el interior del proceso de trabajo grupal, para lo cual se destacan que los estudiantes lograron aplicar diferentes estrategias para desarrollar las actividades propuestas en los tiempos establecidos y adquirir y/o fortalecer habilidades en determinadas herramientas tecnológicas que le permitieron lograr los objetivos. Con esto pretendemos que estas habilidades se puedan transferir a aprendizajes de otras materias y en su futuro como profesionales.

Para retroalimentar las acciones del modelo y de nuestra propuesta realizamos periódicamente encuestas anónimas en la plataforma Moodle donde los participantes nos dejan opiniones sobre el uso de los dispositivos y la realización de las actividades que propone esta metodología.

Pretendemos avanzar con el desarrollo y la continuidad de la propuesta de este modelo de gestión de conocimiento contribuyendo a fortalecer las habilidades generadas a través del proceso de enseñanza- aprendizaje, incorporando las buenas prácticas de las metodologías ágiles, las herramientas colaborativas y los dispositivos que se diseñan a través de la plataforma Moodle.

Para finalizar, queremos dejar abiertos caminos a inspirar futuras investigaciones en este campo y aplicar conceptos de ecosiste-



mas de habilidades y redes colaborativas de competencias aplicando las ventajas de las metodologías ágiles. Es por ello que ponemos al servicio de la comunidad educativa y empresarial, espacios de tutorías sobre este tema para su divulgación.

En nuestro campo de investigación futura analizaremos y propondremos nuevos dispositivos de seguimientos y evaluación, tal como rúbricas en Moodle que permitiría mejorar el desempeño de los estudiantes al conocer claramente qué se espera de ellos y generar cambios innovadores en la gestión del conocimiento.

Teniendo en cuenta que durante este año 2018 donde se conmemora los 100 años de la reforma universitaria citamos finalmente una parte de los aportes realizados por el neurólogo Facundo Manes [12] (como disertante durante una conferencia que ofreció en la Sala de las Américas de la UNC, en el marco de las actividades realizadas en conmemoración del Centenario de la Reforma Universitaria el 07.06.2018, quien mencionaba lo siguiente: “Necesitamos una revolución del conocimiento”, en referencia a la importancia que el conocimiento tiene como “principal capital” para el desarrollo de las sociedades. En ese sentido, remarcó la necesidad de invertir en educación, ciencia y tecnología, y de su traducción a nivel de políticas públicas. “El futuro es hoy, y tenemos que incluir a toda la gente para que juegue el partido del futuro –apuntó-. Debemos pensar políticas de Estado orientadas al desarrollo del conocimiento. Ello está relacionado con invertir en ciencia y tecnología, con alimentar a los niños, y garantizar la educación a todos los jóvenes en Argentina”.

“La educación deberá transmitir, masiva y eficazmente, un volumen cada vez mayor de conocimientos teóricos y técnicos evolutivos, adaptados a la civilización cognitiva, porque son las bases de las competencias del futuro”. [13]

## REFERENCIAS

- [1] Wilson, J.D.; Solana Alonso, G. (1992). *Cómo valorar la calidad de la enseñanza*.
- [2] Calzadilla, M. (2002). Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Iberoamericana De Educación*, 29,1, 1-10. Recuperado de: <https://rieoei.org/RIE/article/view/2868>
- [3] Martín, A.H.; Gallego, A.; Miguelañez, S.O. (2014). El trabajo por proyectos y el aprendizaje colaborativo mediante el uso de las TIC, *Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías*, Vol. 178. Ediciones Universidad de Salamanca.
- [4] Davenport, T.H.; Prusak, L. (2001). *Conocimiento en acción, cómo las organizaciones manejan lo que saben*. Prentice Hall.
- [5] Minakata Arceo, A. (2009). Gestión del conocimiento en educación y transformación de la escuela: Notas para un campo en construcción. *Sinéctica*, 32, 17-19. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-109X2009000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2009000100008&lng=es&tlng=es).
- [6] Torres Díaz, J.C.; Jara, D.I.; Valdiviezo, V. (2015). Integración de redes sociales y entornos virtuales de aprendizaje. *Revista de educación a distancia*, 35, 7.
- [7] Abril, Karina (2018). *BeDebate Edu: Un ecosistema de aprendizaje basado en retos que potencian las habilidades del siglo XXI*. Recuperado de: <https://observatorio.itesm.mx/edu-news/bedebate-edu-ecosistema-de-aprendizaje-por-retos>
- [8] Johnson, D.W.; Johnson, R.T.; Holubec, E.J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- [9] Viñas, Meritxell. (2017). *Competencias digitales y herramientas esenciales para transformar las clases y avanzar profesionalmente*. Recuperado de: <https://cursoticeducadores.com/ebook-competencias-digitales.pdf>
- [10] Baños Sancho, J. (2007). *La plataforma educativa MOODLE – Creación de aulas virtuales*. IES Satafi (Getafe) – Madrid. Recuperado de: <https://tecnoeduca.uap.edu.ar/file>

php/1/Moodle18\_Manual\_Prof\_ok.pdf

[11] Schwaber, K.; Sutherland, J. (2018). *Guía de Scrum*. Recuperado de: [www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-ES.pdf](http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-ES.pdf)

[12] Manes, F. (2018). *Conferencia por los 100 años de la Reforma Universitaria. Universidad Nacional de Córdoba*. (07/06/2018). Recuperado de: <https://www.unc.edu.ar/comunicacion/facundo-manes-%E2%80%99Ces-ecesarario-poner-en-marcha-una-revolucion-el-conocimiento%E2%80%9D>

[13] Vásquez, M. (2007). Tutor virtual: desarrollo de competencias en la sociedad del conocimiento. Teoría de la Educación. *Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 8, 2.

# Mecanismos de promoción y participación de las mujeres en la Ingeniería

Marta Panaia

Instituto Gino Germani  
Universidad de Buenos Aires, CONICET  
E-mail: ptrabajo@yahoo.com.ar

## RESUMEN

Tradicionalmente, a las mujeres les cuesta hacerse un lugar en los ámbitos de trabajo predominantemente masculinos. Sin embargo, la tendencia actual de la evolución empresarial hacia la incorporación de tecnologías informatizadas y hacia los servicios, la feminización de los puestos de trabajo es casi ineludible por las propias condiciones que pueden aportar las mujeres a esos contextos de trabajo, como la posibilidad de escucha, la capacidad de investigación, la intuición el logro de consensos, etc. En este trabajo nos proponemos ver los mecanismos de promoción y participación que utilizan ambos géneros en los oficios técnicos y de la ingeniería, incluso cuando llegan a los cargos jerárquicos, para lograr un lugar aceptado en esos contextos. Estos aportes forman parte de los resultados del Programa PAITE-UBA de Monitoreo de Inserción de Graduados, que recolectan datos cuantitativos y cualitativos en Facultades de Ingeniería Nacionales y Tecnológicas de distintas regiones del país, desde 2002.

## ABSTRACT

Traditionally, women find it hard to make a place in predominantly male work environments. However, the current trend of business development towards the incorporation of computerized technologies and towards services, the feminization of jobs is almost unavoidable due to the very conditions that women can bring to these work contexts, such as the possibility of listen, research capacity, intuition, the achievement of consensus, etc. In this paper we propose to see the mechanisms of promotion and participation that both genders use in technical and engineering trades, even when they reach the hierarchical positions, to achieve an accepted place in those contexts. These contributions are part of the results of the PAITE-UBA Program for the Monitoring of Graduate Insertion, which collect quantitative and qualitative data in National and Technological Engineering Faculties of different regions of the country, since 2002.

**PALABRAS CLAVE:** Mujer, ingeniería, cargos jerárquicos.

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, a las mujeres les cuesta hacerse un lugar en los ámbitos de trabajo predominantemente masculinos. Sin embargo, la tendencia actual de la evolución empresaria es hacia la incorporación de tecnologías informatizadas y hacia los servicios y en esa situación, la feminización de los puestos de trabajo es casi ineludible por las propias condiciones que pueden aportar las mujeres a esos contextos de trabajo, como la posibilidad de escucha, la capacidad de investigación, la intuición el logro de consensos, etc. No obstante, existen intersecciones que están bloqueadas o significan tensiones entre la dinámica de incorporación femenina y el mantenimiento de las lógicas de dominación masculina. En este trabajo nos proponemos ver los mecanismos de resistencia y de legitimación que utilizan ambos géneros en los oficios técnicos y de la ingeniería, incluso cuando llegan a los cargos jerárquicos, para lograr un lugar aceptado en esos contextos.

La tendencia actual de la producción, con la incorporación de las tecnologías informatizadas y hacia los servicios, incorpora la feminización como uno de los procesos frecuentes, que aparece como congruente con las nuevas exigencias relacionales y comerciales. La velocidad a la que se incorporan los hombres y las mujeres en estos procesos es diferente en cada sistema productivo, pero la tendencia general marca que los procesos de industrialización han sido predominantemente masculinos, mientras que la fuerte tendencia hacia la informatización y los servicios, tienen una fuerte tendencia feminista [1].

Sin embargo, este proceso no se puede generalizar, existen componentes culturales que marcan otras tendencias. China, por ejemplo tiene 40% de ingenieras mujeres y la Unión Soviética ya desde la década del '80 superaba el 58%. Mientras que en los países de menor desarrollo occidentales la feminización de estas profesiones es muy lenta y aún en países desarrollados no alcanza los niveles deseados, por ejemplo, en las especialidades informáticas con lo cual plantea la necesidad de formar mujeres ingenieras en esa especialidad para cubrir la cantidad de puestos de trabajo que se requieren para los próximos años [2].

En las Ciencias de la Computación de la Universidad de Buenos Aires, la proporción de mujeres se ubica en un 11% en la actualidad. Sin embargo, la tendencia es declinante, en los inicios de la creación de la Carrera en los años '60 había un 67% de mujeres, en 1970 un 75% y en 1980 baja al 61%, en la década del '90 al 46% y en el 2000 al 19%, llegando en la actualidad al 11% que se menciona más arriba [3]. Para la Universidad Tecnológica Nacional, en 2016 ingreso en Informática y Sistemas es de un 19% de mujeres y en 2014 las estudiantes mujeres representan el 17% y las egresadas el 20% de la terminal según el CONFEDI, en la misma fecha.

Si se analiza la participación de las mujeres tanto en los sectores productivos como en las distintas profesiones y oficios se puede ver claramente que hay sectores fuertemente masculinos y sectores con mayor grado de feminización. Lamentablemente las estadísticas para ambos sectores no son siempre compatibles y comparables en nuestro país, pero se puede hablar sectores productivos predominantemente femeninos (textil, alimentos, tareas vinculadas a la infancia, enfermería, etc.) y masculinos (metalurgia, energía, construcción, etc.), así como profesiones femeninas (médicas, artísticas, sociales y masculinizadas (ingeniería, agronomía, etc.). También existen los sectores y profesiones llamados mixtos donde la distribución entre hombres y mujeres es más equitativa (abogados, médicos, profesores, periodistas, etc.). Esto también se refleja, marcadamente, en cargos que implican destrezas y conocimientos atribuidos solo a los hombres como la conducción de aviones comerciales, que son ingenieros aeronáuticos o técnicos altamente especializados.

Nuestro país tiene, según la ANAC (Administración Nacional de Aviación Civil), solo 22 mujeres pilotos comerciales, que pueden conducir aviones de línea como un Boeing 737 o un Airbus 340, lo que representa el 1,5% del total de pilotos, mientras que a nivel mundial los niveles están más cerca del 3% de pilotos comerciales femeninas. De hecho, no hay escuelas de formación para mujeres piloto en la Argentina y solo pueden hacer sus cursos y entrenamientos pagándolos en forma privada o en el exterior o acumulando horas de

vuelo. No obstante, la ANAC afirma que las licencias aumentaron un 22%, respecto de 2015, considerando todas las categorías que son de piloto privado, comercial y comercial de primera. En este marco la proporción de mujeres, según esta fuente, alcanza el 38%. Se podría pensar que las profesiones y sectores que muestran un importante avance hacia las proporciones mixtas son un indicador del avance de la participación de la mujer en los mismos, pero esto no significa que se logre la equidad, ya que la ubicación en los puestos y en los cargos de poder, no es siempre equitativa.

A esta falta de estadísticas complejas que permitirían estudios más detallados, se agrega que la desocupación es proporcionalmente mayor en las mujeres, sin olvidar que la precariedad, el trabajo a tiempo parcial y el trabajo en negro, son predominantemente femeninos, por lo cual es difícil, sino imposible, obtener estadísticas de su evolución por sector y por profesión. Respecto a la ubicación en cargos jerárquicos, el 53% de las empresas no tienen cargos directivos ocupados por mujeres, mientras que en la región latinoamericana la proporción es de 48%, con directivos exclusivamente masculinos, con lo cual, la Argentina mantiene niveles levemente más bajos. A nivel global en Argentina el 15% de los cargos directivos están en manos de mujeres y a nivel global son 25%, con lo cual, el nivel argentino es marcadamente más bajo [4].

También es menor la cantidad de docentes femeninos en estas disciplinas con lo cual hay pocos modelos para identificarse, pero existen también construcciones culturales muy poco atractivas ya que las mujeres en el momento de la elección de su carrera se encuentran atraídas por las problemáticas sociales y culturales y las ingenierías son presentadas como un estudio netamente tecnológico sin ninguna función social, convirtiéndola en muy poco atractiva para el mundo femenino. Sería importante que la promoción de la mujer en las Carreras tecnológicas y la ingeniería revalorizara sus aspectos sociales, académicos, de investigación y de gestión para hacerla más atractiva para el género femenino. Este tipo de apreciación es compartida por institutos científicos alemanes, france-

ses y austríacos que destacan que la profesión de la ingeniería es presentada de forma poco atractiva para las mujeres. Otra cuestión cultural frecuentemente observada es que la mujer ingeniera es menos representativa en las empresas, que en los gabinetes de estudio académicos y de investigación.

No es necesario subrayar la función central del trabajo en la elaboración de las representaciones sociales de la virilidad y de la feminidad, en la construcción de las relaciones sociales de sexo, pero el trabajo funciona como mediación privilegiada entre el sujeto y lo real, como posible compromiso satisfactorio entre exigencias de lo inconsciente y las presiones de las relaciones sociales [5].

Por esa razón es necesario reconocer situaciones que bloquean la incorporación femenina en grupos profesionales masculinizados, que pueden diferir al resto de los grupos, justamente por el peso de ciertos factores sobre su incorporación. El primer bloqueo que se plantea es el contexto sexista masculino, al que podríamos definir como primer punto del bloqueo. En segundo lugar, se abordan los valores simbólicos de la virilidad en el trabajo, que impiden visualizar la actividad como atractiva para la mujer. El tercer bloqueo son las dificultades objetivas y culturales del acceso a los cargos jerárquicos. Finalmente, las estrategias familiares como mecanismos de búsqueda del equilibrio entre la profesión y la vida doméstica.

Estos aportes forman parte de los resultados del proyecto Conicet PIP189 (2011-2014) y de los datos de los Laboratorios MIG (Monitoreo de Inserción de Graduados) que recolectan datos cuantitativos y cualitativos en Facultades de Ingeniería de distintas regiones del país, desde 2002. Ante la imposibilidad de hacer cuadros precisos de situación con los datos para cada sector y cada profesión, se trabajó con el análisis de 30 entrevistas a mujeres ingenieras recolectadas gracias al Proyecto PIP CONICET N° 189, con técnicas longitudinales, que nos permitieron, por un lado evaluar trayectorias analizando las temporalidades sociales y, por el otro, conocer los caminos que permitieron u obstaculizaron el acceso a cargos de dirección y gerencia.

Los Laboratorios MIG trabajan con un dispositivo de recolección de datos basado en

la articulación de los métodos cuantitativos y cualitativos. La recolección de los datos de tipo cuantitativo se realiza por medio de una encuesta de tipo longitudinal, la cual hace hincapié solamente en la trayectoria de formación-empleo en forma retrospectiva. Los datos de tipo cualitativo se realiza a través de una entrevista semi-estructurada, biográfica, que capta las diferentes secuencias de su vida familiar, residencial, laboral y de formación, en forma retrospectiva. Los datos obtenidos en estos Laboratorios son comparables entre sí. Se crearon con esta metodología los laboratorios siguientes: MIG Gral. Pacheco (UTN) 2000; MIG Río Cuarto (UNRC), 2004; MIG Avellaneda (UTN) 2006; MIG. Resistencia (UTN) 2007; MIG. Río Gallegos, 2008; Turismo 2008-11; 2009 MIG- Córdoba; 2014 MIG-UNDAV.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### El contexto sexista

Esto plantea una cuestión sensible respecto de la identidad profesional de la mujer ingeniera, que necesariamente va a la zaga de la evolución real de la profesión. La National Science Foundation [6], declara a través de sus series estadísticas que a nivel de grado el 45% de los diplomados en matemáticas, son mujeres y el 52% en química, pero después es muy bajo el nivel de cursada de maestrías y doctorados, que solo llega al 18%. Esta fuerte caída dificulta la inserción en los puestos mejor posicionados. Los especialistas del Department of Education de USA [7], llaman a este proceso "leaky pipeline" (tubo perforado), que expresa el fenómeno que consiste en la disminución del mix de varones / mujeres a medida que se aumenta el nivel de educación.

En nuestro caso, la ingeniería es la profesión que tiene el más alto de porcentajes de estudiantes y graduados varones, que en algunas especialidades como la Eléctrica alcanza casi el 100% de varones y en otras entre el 80 y el 90%; salvo el caso de la Ingeniería Química que tiene en algunas regiones argentinas proporciones bastante parejas, como es el caso de la Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional que entre 2000 y 2015 tiene un promedio de 48% de egresadas mujeres en Ingeniería Química

y 51% de varones en la misma especialidad [8] y en otras regionales solo alcanza al 30%, pero que en todo caso, dentro de las ingenierías es la más feminizada, sin que esto signifique que a su interior sea equitativa. Para 2015, de la totalidad de egresados de Ingeniería Química que se dicta en 12 de las 30 Regionales de esta Universidad, las egresadas mujeres representan el 13%, mientras que los varones para el mismo grupo de regionales representan el 10% [8]. En Argentina, también se repite la disminución del mix hombres/mujeres a medida que sube el nivel de estudios, pero el nivel de posgrados en Ingeniería es mucho menor- no alcanza al 17%- que en los países desarrollados aún para los hombres [9] [10].

En decir que este contexto numérico constituye el *primer bloqueo* significativo para la legitimación y resistencia del lugar femenino en grupos profesionales masculinizados, pero más allá de las desigualdades de participación numérica en la Carrera, el mundo de la ingeniería se mantiene como desmotivador para las mujeres por las tensiones entre el universo profesional que se mantiene dominado por las normas masculinas y la mirada femenina.

### Valores simbólicos de la virilidad en el trabajo

Tradicionalmente, durante el período industrialista, los valores ligados a los oficios del hombre están relacionados con el riesgo, la construcción, el descubrimiento, el trabajo con la madera y los metales, los puestos de responsabilidad, de concepción y en medio de la fragmentación del trabajo las tareas variadas y complejas que exigen conocimientos, resultado de formaciones profesionales que permiten la calificación y la promoción. Con la aparición de la informatización y el vuelco hacia los servicios los valores simbólicos que se asocian a la actividad masculina son la termodinámica, la informática, la fuerza y el poder del conocimiento, del modelo del obrero y el ingeniero se pasa al neurobiólogo y el informático, que se constituye en el discurso viril dominante: sistemas cerrados, cibernética, neurociencias, inteligencia artificial, biotecnología [5].

Los lugares refugio de estas conceptualizaciones viriles son los puestos de mando, las carreras científicas y técnicas, el ejército. Las mujeres pueden ejercer las mismas tareas, pero de una manera totalmente diferente y seguramente enfrentando distintos obstáculos para llegar a ellas. Nuestra tarea aquí es justamente identificar y conceptualizar esos procesos. En casi todas las trayectorias biográficas trabajadas aparece esta tensión entre los valores de dominación asociados a los puestos de trabajo que suelen ocupar los hombres.

*(...)Yo siempre pensé que la tecnología era cosa de hombres, pero cuando me metí en el tema, me di cuenta que yo también lo podía hacer (...)*

Julia (45) Ingeniera Industrial; Gerente de Marketing. Empresa Multinacional de Marketing) (Entrevista realizada mayo 2015).

*(...)... y hay un estereotipo social sobre los cargos con función jerárquica, parece que para la sociedad el poder es de los hombres...*

Carolina (43) Ingeniera Industrial; Gerente de Marketing Empresa Americana de RRHH. (Entrevista realizada en junio 2015).

El primer concepto que se destaca en casi todos los casos, es que la mera ocupación de la mujer en estos cargos virilizados, produce para los hombres una fuerte desvalorización del cargo ya sea porque no se les atribuye la misma capacidad de conocimientos técnicos o porque la permanencia en tiempo de trabajo que exigen estas posiciones no se condice con las obligaciones familiares, lo cual desprestigia su ejercicio en manos de mujeres.

Esto aparece en el contexto de la empresa o de la planta industrial como una falta de confianza, como una permanente puesta a prueba o como bromas de connotación sexual y formas leves de acoso. Esto puede adquirir formas más duras u hostiles y formas más benévolas [11] pero en ambos casos hay una desvalorización del cargo. Estos autores afirman que el sexismo tiene "estrategias" hostiles" y estrategias "benevolentes", aunque siempre aparecen asociadas. Mientras que las primeras se corresponden más con las formas tradicionales y francamente nega-

tivas a la participación de la mujer, las estrategias benevolentes, tienen más la forma de la insidia y el confinamiento de la participación femenina a ciertos roles.

No importa que se haya llegado al cargo mayor, esto quiere decir que el cargo ya no es tan importante. La consecuencia casi inmediata del arribo al cargo de una mujer implica la desvalorización del cargo y la contrapartida femenina de este proceso suele aparecer como ejercer el cargo con un perfil bajo o adoptar los valores viriles y ejercerlo como si fuera un hombre, como mecanismo de reconocimiento de que en realidad el cargo les sigue perteneciendo a ellos.

*El ambiente financiero es muy duro para la mujer (...) los hombres se creen que solamente ellos se pueden manejar en la coyuntura y a la velocidad que requiere la toma de decisiones (...) consideran que somos demasiado prudentes para arriesgar (...) nos consideran demasiado exigentes para tomar decisiones rápidas (...) no sé... les parece que siempre dudamos o pensamos mucho para decidir y eso en este medio no va...*

Viviana (50) Ingeniera Industrial Gerente de negocios. Empresa financiera americana. (Entrevista realizada en Junio, 2015).

*Cuando accedí al cargo yo misma me cuestionaba si tenía todos los conocimientos necesarios para dirigir, no solo sobre informática, sino para dirigir personal y me parecía que todos mis compañeros varones sabían más que yo sobre el tema. (...)*

Mariana (48) Ingeniera Informática. Jefa de Proyectos de una Empresa de Software (Entrevista realizada en junio, 2015).

En parte esto tiene que ver con que los códigos y los estereotipos del cargo son masculinos y el entorno es fuertemente masculino, así que el camino más fácil es adoptarlo como propio para no caer en la estigmatización de su sexo diferente. La tensión que se produce en las mujeres que ejercen estos cargos se expresa en dos tipos de contradicciones. Adoptar la gestualidad masculina para ser aceptadas, pero ser totalmente diferentes en sus modos de resolución de los problemas del cargo. Y por otra parte, seguir siendo mu-

jeros negando pertenecer al género femenino por la adquisición de apariencias masculinas de poder y autoridad. Ambas tensiones cruzan permanentemente el ejercicio del cargo y se convierten en una permanente restricción en su ejercicio. La no adopción de estas contradicciones, es decir general un tipo de autoridad totalmente distinto al de la gestualidad masculina genera fuertes procesos de resistencia, más o menos hostiles, que se convierten en bloqueantes de la actividad y de la toma de decisiones.

Esto se vincula con lo que Bourdieu [12] llama "efecto destino" porque argumenta que, al visualizar las estructuras del orden masculino, corremos el riesgo de verlas desde el mismo pensamiento de la dominación masculina, en tanto que somos hombres y mujeres inscritos en esas estructuras. Para poder ser objetivos, propone explorar las categorías del entendimiento con las que construimos el mundo por medio de un socio-análisis del inconsciente androcéntrico.

Para Bourdieu [12], la división sexual no sólo está inscrita en las actividades productivas sino también en las actividades de representación atribuidas a los hombres, que se oponen frontalmente a la situación de disposición de las mujeres como objetos de intercambio; o, en otra de esas dicotomías claves, en la forma como los hombres se encargan de los intercambios públicos, discontinuos y extraordinarios, mientras que las mujeres se ocupan de los intercambios privados, invisibles, continuos y cotidianos.

Dice Bourdieu [12] que si la mujer desarrolla actividades masculinas se la desprecia por masculinizarse, así como se devalúan aquellas actividades que, antes masculinas, pasan a ser realizadas de manera generalizada por las mujeres. En este sentido, cabe recordar que, para este autor, el ser femenino es percibido y vivido como un ser para otro: la experiencia femenina es la del cuerpo-para-otro, la del cuerpo que está expuesto a la mirada y al juicio de los otros, lo que convierte a las mujeres en objetos simbólicos. La permanencia de estas estructura bajo otros mecanismos, es

lo que hace muy difícil superar la dominación masculina, más bien se dan cambios aparentes que reales para Bourdieu.

En cambio, Galerand y Kergoat [13], sostienen la indisociabilidad de la esfera productiva y reproductiva que se le impone a las mujeres como una relación potencialmente subversiva a la sociedad salarial (trabajo productivo/trabajo doméstico) y proponen que su superación solo es posible a través de la acción colectiva para poder superar los numerosos obstáculos que la sociedad genera ante estas dos formas simultáneas de dominación, la de género y la de clase.

Esto que en este trabajo se identifica como *segundo bloqueo* es llamado por las investigadoras americanas S. Ann; C. Luce y L. Servon [14] el "factor Athenea", diosa griega que nace armada de la cabeza de Zeus y que significa para ellas la huida de cerebros de la profesión, porque se mantienen las desigualdades salariales, las construcciones de carrera es más difícil para las mujeres y cumplir con las prolongadas jornadas de trabajo es más difícil para las ingenieras, sobre todo después de su maternidad. Momento en que se da la mayor proporción de abandono de la Carrera, aún con una decena de años de antigüedad en la misma.

*No tenía posibilidades de vivir sin trabajar porque tenía mis hijos pequeños y estaba separada (...) vivía con mi mamá que me ayudaba con los chicos, pero era difícil compatibilizar los horarios de trabajo con los chicos, sobre todo cuando se arman reuniones que no sabes cuando terminan y los chicos tienen sus deberes, sus horarios, se enferman (...)*

Amalia (48) Ingeniera Informática Jefa de Programación Empresa de RRHH (Entrevista realizada en junio, 2015).

*(...) Yo hubiera querido seguir estudiando un posgrado, creo que me hubiera dado más seguridad en este mundillo de hombres que se creen que todos saben más que vos, además es una forma se mantenerte actualizada y que no te puedan cuestionar tanto, pero los*

*horarios son muy tiranos (acá, la única manera de hacer posgrado es pagando, de noche o los fines de semana y eso con chicos es muy difícil (...))*

Mariana (48) Ingeniera Informática. Jefa de Proyectos de una Empresa de Software (Entrevista realizada en junio, 2015).

### Las dificultades del acceso

Otra de las dificultades que se repite en las mujeres ingenieras que acceden a cargos jerárquicos es el tiempo y las dificultades del acceso a los mismos. Generalmente aparecen padrinos masculinos que sostienen su promoción, pero cuando estos no aparecen o son francamente opositores a ese acceso a un cargo superior, las dificultades pueden extenderse a muchos años de espera.

En muchos casos, la promoción jerárquica implica alguna forma de traslado o a otra ciudad o a otra provincia, lo cual significa una fuerte conmoción familiar, por el trabajo de su pareja, por el colegio de los chicos y por alejamiento que implica de su propia familia de origen. La falta de apoyo de la familia ampliada para estas mujeres, ocasionada por el aislamiento del traslado a otras zonas alejadas de sus familias significa a veces tener que declinar el ascenso. Lo usual es que no puedan hacer carrera jerárquica porque suelen priorizar el trabajo y el ascenso de la pareja, pero cuando esto es posible igualmente tiene importantes consecuencias en su familia.

Esta posibilidad de jerarquización implica en estas ingenieras, la disponibilidad de movilidad, una fuerte inversión en el cargo profesional, ser muy competitivas o contar con conocimientos altamente especializados, una gran facilidad de cambio y una cultura organizacional y *managerial* importante para poder gestionar los cambios profesionales y familiares al mismo tiempo, con relativamente poco apoyo.

Como se señala en el primer párrafo, el mundo de la ingeniería se mantiene dominado por las normas masculinas, especialmente en materia de tiempos de trabajo y de aspiraciones de las mujeres que pueden preferir en

ciertos momentos de sus carreras un trabajo a tiempo parcial y donde los horarios, de manera general se mantienen muy restrictivos para la vida familiar.

*(...)” A veces parecía que mis compañeros eran comprensivos y me querían ayudar, pero en realidad me trataban como si yo no supiera lo suficiente como para hacerme cargo (...) Yo en realidad quede en el cargo por antigüedad, porque los ingenieros varones eran todos más jóvenes” (...) en realidad me costó mucho que respetaran mi lugar y reconocieran que pudiera tener una mirada diferente (...)*

Carla (50) Ingeniera Química Directora de Laboratorio. Industria Química Internacional. (Entrevista realizada en Mayo, 2015).

*(...) En la empresa hay que estar sino olvidate de progresar, no avanzas ni un puesto (...) no puedes estar distraída, ni hacerte la buenita, tenes que estar alerta para que no te pasen, sobre todo porque sos mujer. (...) yo compenso con docencia ahora que los chicos están en la primaria y allí te respetan un poco más, es más tranqui... (...) se acostumbran a verte al frente.*

Abigail (47) Ingeniera Química. Directora de producto Empresa Multinacional de Alimentos (Entrevista realizada en Junio, 2015).

*(...) todavía hay muchos prejuicios, no te lo dicen directamente, pero te lo demuestran con chistes o desvalorizan los logros en broma. (...) Si ven que no aflojas te tratan de ablandar con bromas o te seducen a ver si por ahí, consiguen... (...) no sé si es acoso... te quieren pasar. (...) Si te presentas para un cargo jerárquico dentro de la empresa te miran mal y a veces competís vos sola y todos los demás son hombres.*

Susana (47) Ingeniera Química- gerente de Calidad Empresa de Alimentación. (Entrevista realizada en Junio 2015).

### Los equilibrios Familiares

Por último, es necesario contemplar las tensiones que aparecen en todos los casos ana-

lizados entre los tiempos familiares y los tiempos laborales, que son frecuentes en todas las mujeres profesionales y trabajadoras, pero en estas profesionales, altamente calificadas, con altos cargos jerárquicos pone en máxima tensión la función productiva que ellas han elegido y la función reproductiva que les asigna la sociedad. Esto plantea por un lado una muy exigente intensificación del tiempo y la efectividad del trabajo, con largas horas de tensión y de concentración y por el otro, el acecho permanente sobre sus cargos, por déficit de tiempo para poder cumplir con sus obligaciones familiares.

Sin que esto se pueda generalizar para otras profesionales y otras profesiones, encontramos en estas ingenieras en cargos jerárquicos una estrategia para afrontar estas situaciones que puede moderar en algunos casos la excesiva exigencia de sus responsabilidades. Esta estrategia está basada en construir una estructura de pareja que les permita la flexibilidad de la atención familiar. Una parte de ellas, ha conformado estructura tradicionales de pareja, pero con una distribución de tiempo y responsabilidades que si bien respeta los roles parentales estrictamente, les permiten mantener cierta autonomía para el ejercicio de su cargo, si bien en su rol familiar, abandonan totalmente la gestualidad viril.

Mientras que otra parte de ellas han conformado parejas muy flexibles y con acuerdos previos, donde las tareas están muy repartidas, donde se sustituyen permanentemente los roles de cuidado familiar, sea por el padre o la madre y que les permiten incluso viajes permanentes a filiales de la empresa o a Congresos y Ferias. También hay casos de mujeres ingenieras que renunciaron a la conformación de su familia e incluso de su pareja privilegiando su carrera profesional.

En algunos países, es más fácil articular la vida profesional y la vida familiar, pero cuando se plantean tensiones, lo más frecuente es que sea la vida profesional la que pase a segundo plano para las mujeres. De esta forma, algunas características de la identidad de los

ingenieros pueden ser leídas desde las problemáticas de género y aún sin poner como criterio el tiempo de trabajo, el fuerte componente masculino del sector refiere más a un tipo de pareja marital donde el hombre trabaja y la mujer se queda en el hogar o en el mejor de los casos tiene un trabajo docente a nivel secundario o terciario. Modelo ya altamente perimido en la sociedad sobre todo para las generaciones más jóvenes. Esta imagen de un contexto social fuertemente sexuado en la profesión también resulta poco atractivo para el incremento numérico de mujeres ingenieras y pueden proveer las claves de la falta de logros.

*(...) y a veces no puedo estar y nos alternamos con mi pareja para estar siempre uno de los dos con los chicos en los momentos que ellos necesitan, pero si están enfermos tengo que estar yo (...)*

Viviana (50). Ingeniera Industrial Gerente de negocios. Empresa financiera americana. (Entrevista realizada en Junio, 2015).

*La primera etapa fue muy difícil, pasaba muchas horas fuera de casa y si no hubiera tenido la colaboración de mi familia, no hubiera podido seguir (...) mi marido estaba todo el día afuera, no podía contar con él (...) después me fui organizando mejor, pero siempre tenía muchas corridas entre el Laboratorio y los chicos...*

Carla (50) Ingeniera Química Directora de Laboratorio. Industria Química Internacional. (Entrevista realizada en Mayo, 2015).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Queda mucho por construir en este espacio de investigación como para concluir tempranamente en resultados definitivos, pero se podrían establecer algunos pasos que pueden abrir el camino de investigaciones posteriores. Por un lado trabajar con las situaciones de bloqueo, permite identificar relaciones de trabajo miradas desde las resistencias y las limitaciones que imponen las situaciones de contexto y que permiten analizar las con-

ductas de los actores desde la centralidad de la relación del trabajo, pero también desde la elección de estrategias de adaptación o acomodamiento a la situación existente o estrategias de emancipación o subversión del estado del orden. el método de la entrevista biográfica demostró ser muy idóneo para identificar los procesos de salida de cada uno de esos bloqueos en especialidades distintas y trayectorias individuales. por otro lado, desde una mirada más general hay un aporte posible a los estudios del trabajo con perspectiva de género que puede ayudar a sistematizar las limitaciones y los mecanismos de promoción.

Desde el punto de vista de los actores, el desafío que presenta el trabajo en las mujeres supera lo que podríamos llamar la esfera profesional y afecta el conjunto de su proceso de individuación. Entender cómo se traduce para ellas ese desafío por una sumisión a una resignación más fuerte o por la adopción de otras prácticas que no son las habituales en su actividad, en la vida cotidiana y profesional es una alternativa que plantea nuevos caminos. Conocer a través de las biografías las formas de emancipación y de modificación de esos mecanismos es todavía un territorio de búsqueda. Si esas nuevas prácticas fueran emancipadoras, innovadoras a nivel social y económico, como plantea Galerand y Kergoat [13] o meramente adaptativas y reproductivas de la dominación masculina como plantea Bourdieu [12] ayudarían a identificar situaciones para poder resolverlas o enfrentarlas. Esta identificación de las situaciones de bloqueo y el análisis de los valores profesionales y las estrategias de los actores ayuda a pensar en esa dirección.

## AGRADECIMIENTOS

A todas las ingenieras que contestaron nuestras entrevistas.

## REFERENCIAS

- [1] Maruani, M. ; Merón, M. (2012).” *Un siècle de travail des femmes en france 1901-2011*”, Paris, La Découverte
- [2] Bureau of Labor Statistics, (2011), USA
- [3] Fundación Sadosky (2015). “Y las mujeres ... ¿donde están?”, Mimeo.
- [4] Grant Thornton, (2017) Información estadística. Diario Perfil del 10/9/17, 48.
- [5] Guilbert, M.; Kergoat, D.; Bourdieu, P. (2008). Conferencia citada por Marie-Pierre Guiho-Ballly ”La identidad sexual en el trabajo”, Mimeo.
- [6] National Science Foundation (2012). USA.
- [7] Department of Education (2010). National Assessment of Educational Progress, USA
- [8] MIG-UTN-FRA (2017). La FRA en números. *Perfiles*, 28, 11.
- [9] Panaia, M. (2015). La inclusión de la mujer en la ingeniería. *Perfiles*. UTN-FRA, 10, 25, 2-4.
- [10] Panaia, M. (2015). El desafío profesional de la mujer ingeniera, *Universidades en cambio: ¿generalistas o profesionalizantes?* Panaia, M. (Coordinadora), Editorial Miño y Dávila, Buenos Aires-Madrid.
- [11] Glick, P.; Fiske, S. (1996). The ambivalent sexism inventory: Differentiating hostile and benevolent sexism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 3.
- [12] Bourdieu, P. (1998). *La domination masculine*. París, Ediciones de Seuil.
- [13] Galerand, E.; Kergoat, D. (2008). Le potentiel subversive du rapport des femme's au travail. *Nouvelles Questions Feministes*, 27, 2008/2, Antipodes, 67-82.
- [14] Ann, S.; Luce, C.; Servon, L. (2010) *Gender Balance Strategy for the United Nations Secretariat: A Strategic Action Plan*, OSAG/ OFPW, febrero.

# Ciclones de alta eficiencia optimizados por geometría y condiciones de operación

Leonel O. Pico

CIFICEN-CONICET.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional del Centro de la  
Provincia de Buenos Aires.  
E-mail: lpico@fo.unicen.edu.ar

## RESUMEN

Los separadores ciclónicos se utilizan para separación de polvo y clasificación de partículas. Actualmente, la industria demanda material de partículas finas empleadas en fabricación de pigmentos, refuerzos de materiales poliméricos, mezclas asfálticas, elementos de limpieza, industria alimentaria, etc. Por estos motivos, los ciclones de alta eficiencia se utilizan debido a su bajo costo y fácil mantenimiento.

Las variables fundamentales que se deben controlar en un ciclón son la eficiencia, el tamaño de corte y la caída de presión.

En este trabajo se muestra una optimización de ciclones Stairmand de distintos tamaños sometidos a diferentes condiciones de operación. Los resultados obtenidos muestran que existen rangos de geometrías y de variables de operación para los cuales se maximiza la eficiencia y se minimiza la caída de presión.

## ABSTRACT

Cyclone separators are used for dust separation and classification of particulate material. Currently, the industry demands fine particulate materials used in the manufacture of pigments, reinforcement of polymeric materials, asphalt mixtures, cleaning supplies, food industry, etc. For these reasons, high efficiency cyclones are used because of their low cost and easy maintenance.

The fundamental variables that must be controlled in a cyclone are efficiency, cut size and pressure drop.

In this paper, an optimization of Stairmand cyclones of different sizes under different operating conditions is showed. The results show that there are ranges of geometries and operating variables for which the efficiency is maximized and the pressure drop is minimized.

**PALABRAS CLAVE:** Ciclones, eficiencia, optimización, velocidad de entrada, caída de presión.

## INTRODUCCIÓN

Los separadores ciclónicos o ciclones son ampliamente usados con dos propósitos principales: separación de polvo y clasificación de material particulado. Los ciclones convencionales se emplean para lograr el primer objetivo en el campo del control de polución de aire y separación de polvo. Por su parte, para la clasificación de polvo en granulometrías específicas son adecuados los ciclones de alta eficiencia [1].

Los ciclones son algunos de los aparatos más importantes para la remoción de partículas, debido a su fácil construcción y a que no tienen partes móviles, a los bajos costos de operación y a la buena adaptabilidad para operar a altas temperaturas y presiones. Por otro lado, la industria demanda material particulado fino utilizado en la fabricación de pigmentos, en mezclas asfálticas, en limpieza, en industria de la alimentación, entre otros usos. Estos materiales pulverulentos son costosos debido a que la separación y clasificación a menudo son procesos bastante sofisticados. En el presente, este aspecto debería ser cubierto por los ciclones de alta eficiencia cuyos desarrollos basados en las nuevas tecnologías permiten la fabricación de equipos de bajo costo relativo y de fácil mantenimiento [2].

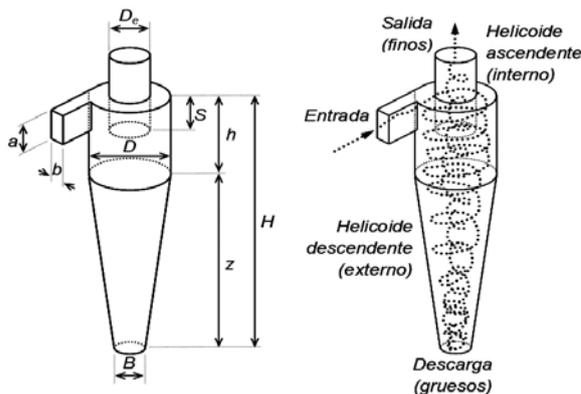
En décadas recientes, la investigación tecnológica de ciclones se ha centrado en dos aspectos complementarios: la experimentación física y la simulación computacional. El desarrollo de la mecánica de fluidos computacional (Computational Fluid Dynamics, CFD) ha contribuido significativamente a la optimización del diseño de ciclones. La información provista por la CFD puede reducir la cantidad de experiencias físicas requeridas por el diseño. Éstas, a su vez, son de gran importancia para la validación del modelo establecido por las simulaciones numéricas [3-8]. Sin embargo, aún con los desarrollos de hardware y software actuales, la CFD tiene elevados costos computacionales y demanda considerables tiempos de procesamiento que no son prácticos desde el punto de vista de la práctica de la ingeniería.

Una alternativa interesante para el diseño es la optimización de ciclones mediante funciones objetivo que deben alcanzar un valor máximo o mínimo o bien un valor dado en determinados rangos de operación de las variables involucradas.

## EFICIENCIA Y CAÍDA DE PRESIÓN DE CICLONES DE ALTA EFICIENCIA

El diseño de ciclones está sujeto al análisis de dos tipos de variables fundamentales: las geométricas y las de operación. En el ciclón, la dimensión principal es el diámetro del cuerpo cilíndrico  $D$  (Figura 1). Las demás dimensiones se determinan en función de este diámetro, dando lugar a las diferentes tipologías de ciclones según Hoffmann y Stein [1] y Echeverri Londoño [9]. Las principales variables de operación de un ciclón son la velocidad de entrada del gas  $v_i$ , la temperatura  $T$  y la concentración de polvo  $c$ . Lo anterior implica un gran número de posibilidades en la combinación de las variables, lo que conlleva a una influencia conjunta sobre la eficiencia. El principio fundamental de funcionamiento de un ciclón consiste en generar un movimiento vorticoso en el sistema bifásico gas-partícula, de manera que la interacción resultante entre las fuerzas de inercia y la fuerza gravitacional efectúe la separación del polvo de la corriente gaseosa. Existen diversos tipos de ciclones, siendo uno de los más utilizados en la industria el ciclón de flujo inverso con entrada tangencial. En este equipo, el gas ingresa al cuerpo cilíndrico con una elevada componente de velocidad tangencial. La geometría del ciclón impone rotación al flujo que se ve obligado a descender por acción de la gravedad. Así, el gas desciende girando cerca de la pared, formando un helicoide o vórtice externo descendente, hasta que en un determinado lugar, la componente de velocidad axial se revierte y comienza a ascender. Esto ocurre cerca del eje del ciclón, formándose un helicoide ascendente interno. El conducto que canaliza este vórtice se denomina "vortex-end", a través del cual el flujo escapa del ciclón. El peculiar comportamiento de esta estructura de flujo inverso está aparentemente originado por el campo de presiones dentro

del ciclón y no está directamente influenciado por la forma cónica inferior o la longitud del equipo, según Cortés y Gil [10]. La Figura 1 muestra un esquema de un ciclón de entrada tangencial con sus dimensiones y la trayectoria de flujo de partículas gruesas y finas. En la Tabla 1 se presentan las características del ciclón [1,11] utilizado en el presente trabajo.



**Figura 1: Esquema de un ciclón de entrada tangencial y trayectoria de partículas.**

**Tabla 1: Características del ciclón Stairmand de alta eficiencia.**

Relación dimensional	Valor
D / D	1,0
a / D	0,5
b / D	0,2
S / D	0,5
De / D	0,5
h / D	1,5
z / D	2,5
H / D	4,0
B / D	0,375

La eficiencia  $\eta$  se define como la fracción de partículas entrantes que es separada en el ciclón. Debido a que no existe un método teórico sencillo para su cálculo, se han desarrollado teorías basadas en el comportamiento experimental de los ciclones. Estas teorías relacionan la eficiencia de colección con el tamaño de las partículas, las relaciones geométricas, el caudal de aire, la temperatura de operación y su influencia sobre las propiedades del gas [3,6,12].

La caída de presión es otro aspecto importante en el diseño de ciclones. Es necesario

conocer el coeficiente de caída de presión del ciclón  $\xi_g$ , dado que es una variable a tener en cuenta en todo proceso de diseño de una planta de separación y clasificación de polvo. Un coeficiente de caída de presión elevado determina un alto consumo energético.

Se distinguen dos tipos de modelos matemáticos de eficiencia: de tiempo de vuelo y de equilibrio-órbita. En un modelo de equilibrio-órbita se supone que existe equilibrio dinámico entre las fuerzas inerciales (centrífugas) y las fuerzas de arrastre que actúan sobre una partícula en un medio fluido [13]. En un modelo de tiempo de vuelo se considera el tiempo que, para una partícula, transcurre entre el ingreso al ciclón hasta que alcanza la pared interna. Se basa en la hipótesis de la cantidad de giros que desarrolla una partícula hasta que se deposita en la pared interna del ciclón.

La eficiencia fraccional  $\eta(x)$  para cada partícula de tamaño  $x$  es la relación entre la fracción másica  $f_m(x)_c$  de la partícula colectada y la fracción másica  $f_m(x)_{in}$  de la partícula ingresante, (1).

$$\eta(x) = \frac{f_m(x)_c}{f_m(x)_{in}} \quad (1)$$

La eficiencia total  $\eta$  se calcula con (2), como la integral de los aportes de eficiencia de cada tamaño de partícula.

$$\eta = \int_0^{\infty} \eta(x) f_m(x)_{in} dx \quad (2)$$

El tamaño de corte,  $x_{50}$ , se define como el tamaño de partícula para el cual la eficiencia de recolección del ciclón es 0,50 (50 %).

La caída de presión estática  $\Delta p$  entre la entrada y la salida de un ciclón puede estimarse por medio de (3), ampliamente aceptada por la literatura [18-21]. Esta expresión considera que la caída de presión es proporcional a la presión dinámica del aire con un factor de proporcionalidad dado por el coeficiente de caída de presión  $\xi_g$ .

$$\Delta p = \frac{1}{2} \xi_g \rho v_i^2 \quad (3)$$

La Tabla 2 muestra los modelos matemáti-

cos utilizados en este trabajo para la determinación de la eficiencia y del tamaño de corte [14-17], mientras que la Tabla 3 presenta los modelos empleados para el cálculo de la caída de presión [22-25].

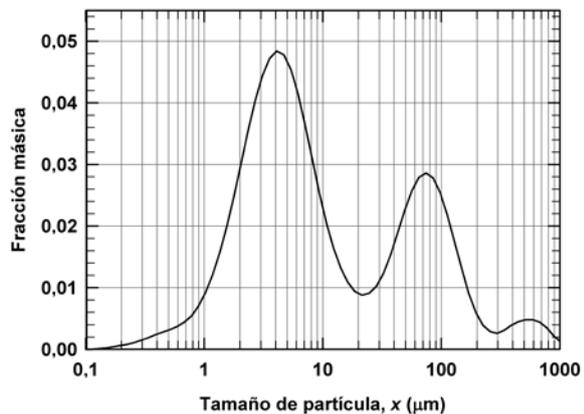
**Tabla 2: Modelos de eficiencia y de tamaño de corte.**

<p>Número de vórtices (V), Lapple [14]</p> $\eta(x) = 1 - \exp\left(\frac{-\pi N \rho_p x^2 v_i}{9 \mu b}\right) \quad N = \frac{1}{a}\left(h + \frac{H-h}{2}\right)$
<p>Barth (B) [15]</p> $\eta(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_{50}}{x}\right)^{m_b}} \quad 2 \leq m_b \leq 7; \text{ usualmente } m_b = 6, 4$
<p>Leith y Licht modificado por Clift et al. (LLC) [16]</p> $\eta(x) = 1 - \exp\left[-\frac{\rho}{9 \mu} \left(\frac{x v_i}{R}\right)^2 t_{res}\right]; \quad t_{res} = \frac{V}{Q}$
$\eta(x) = 1 - \exp\left[-\frac{2 v_{rp}(R_w^*) t_{res}}{R_w^*}\right]$ $v_{rp}(R_w^*) = \frac{C_c \rho_p x^2 v_{\theta}^2(R_w^*)}{18 \mu R_w^*}$

Todos los polvos se caracterizan por la curva granulométrica o de distribución de tamaños. Para una densidad uniforme de polvo, la curva granulométrica refleja la fracción másica o porcentaje del total que se tiene en una muestra de polvo para cada intervalo de tamaño de partícula. La Figura 2 muestra la distribución de partículas de polvo de caliza utilizado en este trabajo [26,27].

**Tabla 3: Modelos de caída de presión.**

<p>Shepherd y Lapple (SL) [22]</p> $\xi_g = 16 \frac{a b}{D_e^2}$
<p>Alexander (Ax) [23]</p> $\xi_g = 4,62 \left(\frac{a b}{D D_e}\right) \left[\left(\left(\frac{D}{D_e}\right)^{2n} - 1\right)\left(\frac{1-n}{n}\right) + f_{air}\left(\frac{D}{D_e}\right)^{2n}\right]$ $f_{air} = 0,8 \left[\frac{1}{n(1-n)}\left(\frac{4-2^{2n}}{3}\right) - \left(\frac{1-n}{n}\right)\right] + 0,2 \left[(2^{2n}-1)\left(\frac{1-n}{n}\right) + 1,5 \cdot 2^{2n}\right]$ $n = 1 - 0,67 D^{0,14} \left(\frac{T_k}{283}\right)^{0,8}$
<p>Casal y Martínez (CM) [24]</p> $\xi_g = 11,3 \left(\frac{a b}{D_e^2}\right)^2 + 3,33$
<p>Dirgo (Dg) [25]</p> $\xi_g = 20 \left(\frac{a b}{D_e^2}\right) \left(\frac{SID}{HID \ hID \ BID}\right)^{1/3}$



**Figura 2: Curva de distribución granulométrica de la caliza utilizada [26,27].**

El incremento en el caudal de entrada de aire conduce a un aumento en la eficiencia. Sin embargo, cuando la velocidad de entrada del ciclón es suficientemente grande puede ocurrir el fenómeno de resuspensión de las partículas, que da origen a la llamada “velo-



cidad de saltación" ( $v_s$ ), parámetro fundamental en el diseño del ciclón. Se ha definido una expresión semiempírica para la velocidad de saltación [28], dada por (4).

$$v_s = \frac{4,913 W (b/D)^{0,4} D^{0,067} v_i^{2/3}}{[1-(b/D)]^{1/3}} \quad (4)$$

donde  $W$  es la velocidad equivalente, dada por (5).

$$W = \left( \frac{4 g \mu (\rho_p - \rho)}{3 \rho^2} \right)^{1/3} \quad (5)$$

Las correlaciones experimentales obtenidas por Kalen y Zenz [28] muestran que la máxima eficiencia se alcanza cuando  $v_i = 1,25 v_s$ . Por otro lado, para que no se produzca la resuspensión del material ya recolectado, se debe respetar que  $v_i \leq 1,35 v_s$ . Las ecuaciones (3), (4) y (5) son expresiones que funcionan como restricciones en el proceso de optimización.

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La optimización consiste en maximizar, minimizar o establecer un valor dado para una función a evaluar, denominada función objetivo. Las variables intervinientes se deben acotar en los rangos que imponen las restricciones del problema a evaluar.

En la mayoría de los estudios de optimización realizados en ciclones se utiliza una única función objetivo [29]. Sin embargo, la optimización de los ciclones implica varios objetivos en conflicto como son la maximización de la eficiencia total y la minimización de la caída de presión [30-32]. Además es necesario considerar todas las dimensiones geométricas y todas las variables de operación de forma simultánea [29].

En este trabajo se establecen como funciones objetivo la eficiencia total, el tamaño de corte y la caída de presión. Se imponen como restricciones un límite máximo para la caída de presión, el límite de la relación de resuspensión y la evolución de la velocidad de entrada, del diámetro del ciclón y de la temperatura en determinados rangos de variación. Se

empleó estimación cuadrática para las variables de operación ( $v_i$ ,  $T$ ) y para las variables geométricas ( $D$ ,  $H$ ,  $h$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $z$ ,  $S$ ,  $B$ ,  $D_e$ ), dado que en problemas de optimización no lineales es la extrapolación más conveniente. Para la estimación de las derivadas parciales de la función objetivo se utilizaron derivadas centrales, debido a que los valores de las restricciones pueden cambiar rápidamente. Se usó el algoritmo de optimización cuasi-Newton debido, por un lado, a que el problema no es extremadamente complejo y por otro, a que aunque necesita más memoria de cálculo, emplea menos iteraciones para la resolución [33]. La implementación de la optimización se realizó mediante planillas de cálculo Excel® activando el Solver para diferentes condiciones de simulación, por medio del algoritmo de gradiente reducido generalizado (GNG). La Tabla 4 muestra los parámetros de cálculo usados para la optimización.

**Tabla 4: Parámetros fijados para la optimización.**

Tiempo máximo de cálculo	1000 s
Cantidad de iteraciones	1000
Precisión	$1 \cdot 10^{-9}$
Tolerancia	0,0001 %
Convergencia	$1 \cdot 10^{-12}$
Estimación	Cuadrática
Derivadas	Diferencias centrales
Método	Cuasi-Newton

En primer lugar se efectuó una evaluación preliminar de la metodología empleada estudiando un ejemplo de la literatura, para determinar si el proceso de optimización propuesto concuerda razonablemente. Una vez realizada la comparación de resultados anterior, se consideraron distintos escenarios posibles de condiciones de operación para ciclones Stairmand entre 0,01 y 0,50 m de diámetro.

## Evaluación de la metodología

Para examinar la metodología utilizada en el presente trabajo se compararon los resultados obtenidos con datos de Elsayed y Lacor [32]. Esta técnica consiste en minimizar la

caída de presión a partir de la utilización de Redes Neuronales de Base Radial (RBFNN) [25,35].

A partir de un ciclón Stairmand de 0,205 m de diámetro se fijaron rangos de variación de las relaciones geométricas hasta obtener una mínima caída de presión  $D_p$ . Para el cálculo de esta variable se utilizaron los modelos presentados en la Tabla 3 [18-21].

Las condiciones fijadas del gas de entrada al ciclón son: caudal de 0,08 m<sup>3</sup>/s, densidad de 1,0 kg/m<sup>3</sup> y viscosidad de 2,11·10<sup>-5</sup> Pa·s. La Tabla 5 muestra los rangos de relaciones geométricas, los datos de [34] y los resultados de optimización obtenidos en este trabajo. La Tabla 6 muestra los resultados de caída de presión y del coeficiente de caída de presión o número de Euler obtenidos mediante RBFNN [34] y mediante la optimización presentada en este trabajo.

**Tabla 5: Relaciones geométricas optimizadas para minimización de caída de presión.**

Relación	Elsayed y Lacor [33]	Este trabajo
$a / D$	0,618	0,630
$b / D$	0,288	0,300
$D_e / D$	0,622	0,610
$h / D$	1,618	1,730
$z / D$	2,668	2,930
$H / D$	4,286	4,660
$S / D$	0,620	0,640
$B / D$	0,382	0,400

**Tabla 6: Caída de presión y coeficiente de caída de presión de ciclones optimizados.**

Elsayed y Lacor [33]					
Relación	Analítico	CFD	Promedio		
$D_p$ (Pa)	450	487	468,5		
$x_g$	5,24	5,67	5,46		
Este trabajo					
Relación	SL	Ax	CM	Dg	Promedio
$D_p$ (Pa)	692	434	316	505	486,8
$x_g$	8,19	5,14	3,74	5,98	5,76

Las ecuaciones de los diferentes modelos de la literatura se han obtenido a partir de

múltiples ensayos y correlaciones efectuados en experiencias en ciclones bajo diferentes condiciones de operación y distintas geometrías.

La heterogeneidad de las variables intervinientes en las expresiones matemáticas de los modelos teóricos, empíricos y semi-empíricos citados en tablas 2 y 3 justifica el uso del promedio de los resultados, pues algunos modelos subestiman y otros sobrestiman los valores de eficiencia y de caída de presión.

Los resultados obtenidos de las dimensiones permiten afirmar que el ciclón optimizado para minimizar la caída de presión en este trabajo no difiere en más de un 10 % de los resultados de [34]. Por su parte, los resultados promedios de caída de presión no difieren en más de un 6 %. Todo lo anterior indica que la metodología utilizada en este trabajo es adecuada para la optimización del diseño de ciclones de alta eficiencia.

**Optimización de ciclones Stairmand de diferentes tamaños**

Para la optimización de los ciclones se consideraron como funciones objetivos la maximización de la eficiencia (6), la minimización del tamaño de corte (7) y la minimización de la caída de presión (8). Como restricciones se impusieron intervalos de diámetro del ciclón, temperatura de operación y velocidad de entrada de aire y se acotaron la caída de presión, la longitud del cono y la relación de resuspensión, tal como se muestra en la Tabla 7.

En virtud de lo anterior, se estudiaron seis diferentes tamaños de ciclones Stairmand, con diámetros variables entre 0,01 y 0,50 m. Se los analizó para temperaturas de operación entre 10 y 500 °C y para velocidades de entrada de aire entre 1 y 100 m/s. Se utilizó polvo de caliza, cuya densidad aproximada es 2650 kg/m<sup>3</sup>, con la distribución granulométrica mostrada en la Figura 2, obtenida de resultados propios experimentales con analizador láser de tamaño de partícula Malvern Mastersize 2000-E [26,27]. Se acotó la caída de presión dentro del ciclón a  $D_p = 2500$  Pa y se adoptó la relación  $v_i / v_s = 1,35$  como límite



máximo de resuspensión.

Para la eficiencia total (6) y el tamaño de corte (7), se asumió como criterio de optimización la función objetivo dada por el promedio de los modelos listados en la Tabla 2 [14-17]. Para todos los casos estudiados, se consideró que la longitud del cono  $z$  no debe superar la longitud del vórtice natural  $L_n$  definida por Alexander [19], para evitar que el flujo descendente se adhiera a la pared del ciclón y disminuya la eficiencia. Para la caída de presión, se adoptó como criterio de optimización el promedio resultante de los modelos listados en la Tabla 3 [18-21], dado por (8). La Tabla 7 muestra las restricciones utilizadas para las diferentes variables analizadas. Los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 3 a 6.

$$\eta_{opt} = \max \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta_i \right] \quad (6)$$

$$x_{50opt} = \min \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{50,i} \right] \quad (7)$$

$$\Delta p = \min \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta p_i \right] \quad (8)$$

Tabla 7: Restricciones de variables.

Variable	Restricciones
Diámetro del ciclón	$0,01 \text{ m} \leq D \leq 0,50 \text{ m}$
Temperatura de operación	$10 \text{ °C} \leq T \leq 500 \text{ °C}$
Velocidad de entrada	$1 \text{ m/s} \leq v_i \leq 100 \text{ m/s}$
Caída de presión	$\Delta p \leq 2500 \text{ Pa}$
Relación de resuspensión	$v_i / v_s \leq 1,35$
Longitud del cono	$z \leq L_n$

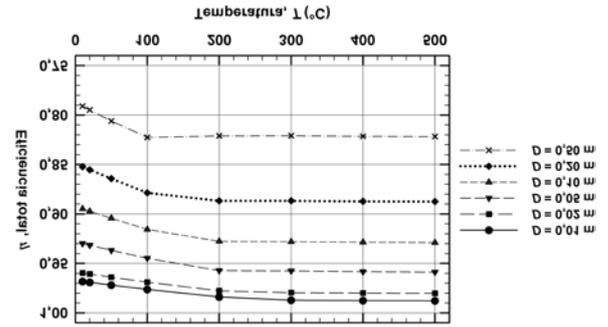


Figura 3: Eficiencia total máxima optimizada en función de la temperatura.

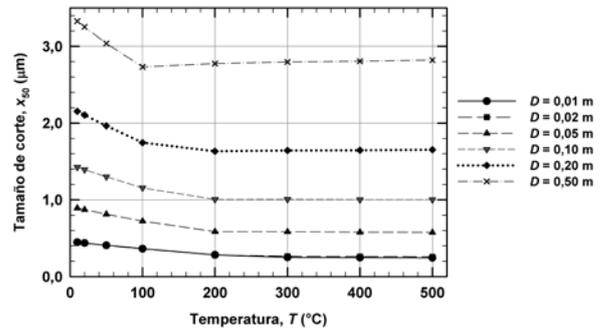


Figura 4: Tamaño de corte mínimo optimizado en función de la temperatura.

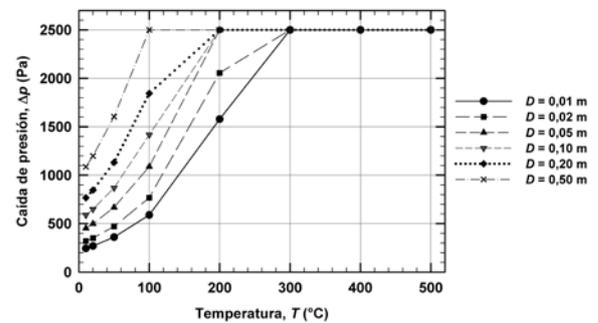


Figura 5: Caída de presión máxima optimizada en función de la temperatura.

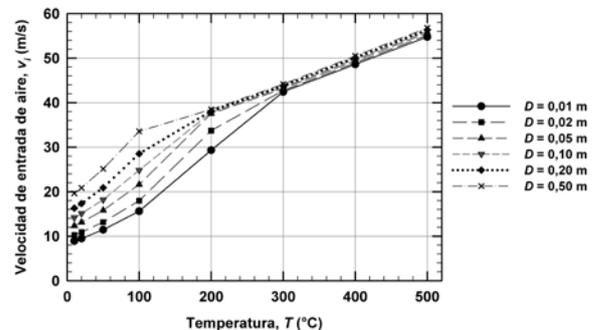


Figura 6: Velocidad de entrada del aire optimizada en función de la temperatura.

Para un ciclón Stairmand de  $D = 0,50 \text{ m}$  se advierte que la eficiencia tiene un máximo y

que el  $x_{50}$  alcanza un mínimo en cercanías de 100 °C, Figuras 3 y 4, respectivamente. Los ciclones de diámetros menores que 0,50 m exhiben incremento de eficiencia para temperaturas entre 10 y 200 °C, aproximadamente. Estos ciclones no ofrecen mejoras sustanciales de la eficiencia a partir de 200 °C, como se muestra en la Figura 3. La caída de presión se incrementa rápidamente entre 10 y 100 °C para el ciclón de 0,50 m de diámetro, mientras que para los ciclones más pequeños, la caída de presión se incrementa en el intervalo de 10 a 300 °C. Por encima de estos valores de temperatura, la restricción impuesta de 2500 Pa es dominante, como se muestra en la Figura 5. La velocidad de entrada exhibe un comportamiento aproximadamente lineal para temperaturas superiores a 300 °C para todos los ciclones analizados. Para temperaturas inferiores a 300 °C, la velocidad está gobernada por el límite impuesto de resuspensión, como se ilustra en la Figura 6.

Estos comportamientos globales de la eficiencia, del tamaño de corte, de la caída de presión y de la velocidad de entrada admisible en función de la temperatura del aire se deben a la gran complejidad del flujo dentro de un ciclón, manifestada en parte por las ecuaciones (3), (4) y (5) con alto grado de empirismo y por la influencia de la restricción impuesta por la resuspensión del material recolectado ( $v_i \leq 1,35 v_s$ ), que es un fenómeno determinante que elimina la posibilidad de una adecuada calidad de separación de los ciclones [28].

## CONCLUSIONES

Mediante las optimizaciones realizadas se pudo evaluar la influencia conjunta de las variables de operación (temperatura y velocidad de entrada de aire) y de la geometría sobre la eficiencia total, sobre el tamaño de corte y sobre la caída de presión. La velocidad de entrada de aire admisible en un ciclón depende de la temperatura, a través de la relación de resuspensión.

Las optimizaciones preliminares realizadas con la metodología propuesta a través del

uso de planillas de cálculo resultaron acordes con las obtenidas mediante RFBNN. La metodología propuesta resultó ser razonablemente práctica, sin necesidad de recurrir a algoritmos más complejos y a CFD para la práctica ingenieril. Mediante el uso de funciones objetivo fue posible determinar rangos de operación de temperatura y de velocidad de entrada de aire para los cuales se maximiza la eficiencia y se minimiza la caída de presión en ciclones de distintos tamaños.

Al analizar ciclones Stairmand de distintos tamaños se pudo demostrar que para temperaturas comprendidas entre 10 y 100 °C, la eficiencia total crece y el tamaño de corte disminuye. Superadas estas temperaturas, la eficiencia total y el tamaño de corte se mantienen prácticamente constantes. Por otro lado, es conveniente operar a temperaturas menores que 100 °C para los ciclones más grandes ( $D = 0,50$  m) y a temperaturas menores que 300 °C para los ciclones más pequeños ( $D = 0,01$  m) para no superar la caída de presión límite de 2500 Pa. Este hecho es importante, pues determina los costos energéticos para cada temperatura y para cada tamaño de ciclón Stairmand.

## NOMENCLATURA

$D$ : diámetro del ciclón [m].  
 $a$ : altura de entrada [m].  
 $b$ : ancho de entrada [m].  
 $S$ : altura sumergida del tubo de salida [m].  
 $D_e$ : diámetro de salida [m].  
 $h$ : altura de la parte cilíndrica [m].  
 $z$ : altura del cono [m].  
 $H$ : altura total del ciclón [m].  
 $B$ : diámetro de descarga [m].  
 $v_i$ : velocidad de entrada del aire [m/s].  
 $W$ : velocidad equivalente [m/s].  
 $v_s$ : velocidad de saltación [m/s].  
 $g$ : aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>].  
 $\rho$ : densidad del aire [kg/m<sup>3</sup>].  
 $\rho_p$ : densidad del polvo [kg/m<sup>3</sup>].  
 $\mu$ : viscosidad del aire [Pa·s].  
 $Dp$ : caída de presión [Pa].  
 $C_c$ : factor de Cunningham.  
 $Q$ : caudal de aire [m<sup>3</sup>/s].

$T_k$ : temperatura absoluta [K].  
 $V$ : volumen [m<sup>3</sup>].  
 $v_\theta$ : velocidad tangencial [m/s].  
 $R$ : radio del ciclón [m].

## REFERENCIAS

- [1] Hoffmann, A.C., Stein, L.E. (2002). *Gas Cyclones and Swirl Tubes*. Second Edition. SpringerVerlag. Berlín, 341-342.
- [2] Pico, L.O., Barbosa, M.R. (2013). Análisis de las condiciones de operación de un ciclón de alta eficiencia a través de simulación de flujo. *Mecánica Computacional*, 32, 2517-2529.
- [3] Gim bun, J., Chuah, T.G., Choong, T.S.Y., Fakhru'l-Razi, A. (2005). Prediction of the effects of cone tip diameter on the cyclone performance. *Aerosol Science*, 36, 1056-1065.
- [4] Pico, L.O., Barbosa, M.R. (2012). Efecto de la concentración de polvo y de la temperatura sobre la eficiencia de un ciclón. *III Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica, CAIM 2012*. Buenos Aires.
- [5] Petit, H.A., Pico, L.O.; Barbosa, M.R. (2012). Influencia de la longitud del cono de un ciclón sobre las variables de flujo. *Avances en Ciencias e Ingeniería. EXEEDU Journals*, 3(3), 103-118.
- [6] Raoufi, A., Shams, M., Farzaneh, M., Ebrahimi, R. (2008). Numerical simulation and optimization of fluid flow in cyclone vortex finder. *Chem. Eng. Proc.*, 47, 128-137.
- [7] Azadi, M., Azadi, M. (2012). An analytical study of the effect of inlet velocity on the cyclone performance using mathematical models. *Powder Technology*, 217, 121-127.
- [8] Qiu, Y., Deng, B., Kim, C.N. (2012). Numerical study of the flow field and separation efficiency of a divergent cyclone. *Powder Technology*, 217, 231-237.
- [9] Echeverri Londoño, C.A. (2006). Diseño óptimo de ciclones. *Rev. Ing. Univ. Medellín*, 5 (9), 123-139.
- [10] Cortés, C., Gil, A. (2007). Modeling the gas and particle flow inside cyclone separators. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33, 409-452.
- [11] Stairmand, C.J., (1951). The design and performance of cyclone separator. *Trans. Inst. Chemical Engineering*, 29, 356-383.
- [12] Gim bun, J., Choong, T.S.Y., Fakhru'l-Razi, A., Chuah, T.G. (2004). Prediction of the effect of dimension, particle density, temperature, and inlet velocity on cyclone collection efficiency. *Jurnal Teknologi*, 40(F), 37-50.
- [13] Hinds, W.C. (1999). *Aerosol Technology*. John Wiley & Sons, New York.
- [14] Lapple, C.E. (1950). Gravity and centrifugal separation. *Ind. Hyg. Quart.* 11, 40-47.
- [15] Barth, W. (1956). Berechnung und Auslegung von Zyklonabscheidern auf Grund neuer Untersuchungen. *Brennst-Waerme-Kraft*, 8, 1-9.
- [16] Clift, R., Ghadiri, M., Hoffmann, A.C. (1991). A critique of two models for cyclone performance. *AIChE J.* 37, 285-289.
- [17] Zhao, B. (2012). Prediction of gas-particle separation efficiency for cyclones: A time-of-flight model. *Separation and Purification Technology*, 85, 171-177.
- [18] Gil, A., Romeo, L.M., Cortés, C. (2001). Cold flow model of a PFBC cyclone. *Powder Technology*, 117, 207-220.
- [19] Andreux, R., Ferschneider, G., Hémati, M., Simonin, O. (2007). Experimental study of a fast gas-particle separator. *Chemical Engineering Research and Design, Trans IChemE, Part A*, 85(A6), 808-814.
- [20] Chen, J., Shi, M. (2007). A universal model to calculate cyclone pressure drop. *Powder Technology*, 171, 184-191.
- [21] Zhao, B., Su, Y. (2010). Artificial neural network-based modeling of pressure drop coefficient for cyclone separators. *Chemical Engineering Research and Design*, 88, 606-613.
- [22] Shepherd, C.B., Lapple C.E. (1939). Flow pattern and pressure drop in cyclone dust collectors. *Industrial & Engineering Chemical*, 31, 972-984.
- [23] Alexander, R.M.C.K. (1949). Fundamentals of cyclone design and operation. *Proc. Australas. Inst. Min. Metall*, 152, 203-228.
- [24] Casal, J., Martínez, J.M. (1983). A better way to calculate cyclone pressure drop. *Chemical Engineering*, 90, 99-108.
- [25] Dirgo, J., Leith, D. (1985). Performance

of theoretically optimized cyclones. *Filtration and Separation*, 22, 119-125.

[26] Pico, L. O.; Petit, H. A.; Irassar, E. F. Barbosa, M.R. (2015). Estudio experimental y numérico de la eficiencia de separación de un ciclón. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, CLICAP 2015*. San Rafael, Mendoza.

[27] Pico, L.O. (2015). Separación y clasificación de partículas finas en ciclones de alta eficiencia. Estudio experimental y numérico. *Tesis Doctoral de Ingeniería, con Mención en Tecnología Electromecánica*. Facultad de Ingeniería de Olavarría. UNICEN.

[28] Kalen, B., Zenz, F.A. (1974). Theoretical Empirical Approach to Saltation Velocity in Cyclone Design. *AIChE Symposium*, 70 (137), 388-396.

[29] Pishbin, S.I., Moghiman, M. (2010). Optimization of cyclone separators using genetic algorithmic. *International Review of Chemical Engineering*, 2, 6, 683-691.

[30] Ramachandran, G., Leith, D., Dirgo, J., Feldman, H. (1991). Cyclone optimization based on a new empirical model for pressure drop. *Aerosol Science and Technology*, 15, 135-148.

[31] Elsayed, K, Lacor, C. (2010). Optimization of the cyclone separator geometry for minimum pressure drop using mathematical models and CFD simulations. *Chemical Engineering Science*, 65, 6048-6058.

[32] Safikhani, H., Akhavan-Behabadi, M. A., Nariman-Zadeh, N., MahmoodAbadi, M. J. (2011). Modeling and multi-objective optimization of square cyclones using CFD and neural networks. *Chemical Engineering Research and Design*, 89, 3, 301-309.

[33] Gutiérrez Carmona, J. (2011). *Modelos financieros con Excel: Herramientas para mejorar la toma de decisiones empresariales*. 2ª Edición, ECOE Editores, Bogotá.

[34] Elsayed, K, Lacor, C., (2011). Modeling, analysis and optimization of aircyclones using artificial neural network, response surface methodology and CFD simulation approaches. *Powder Technology*, 212, 115-139.

[35] Zhang, B., Hui, S. (2007). Numerical sim-

ulation and PIV study of the turbulent flow in a cyclonic separator. *Power Engineering*, Hangzhou, China.

# Estudio de casos en familias del NEA: consumo familiar de agua virtual

Alejandro Ruberto

Marcelo Gómez

Katherina Dzysiuk

Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional del Nordeste  
E-mail: aleruberto44@yahoo.com.ar

## RESUMEN

Se aborda la utilización de agua virtual de dos familias del NEA Argentino para aportar al conocimiento de consumos de pobladores. Se muestrearon dos familias, una de seis integrantes de Corrientes y otra de tres en Resistencia, durante siete meses.

Se relevaron diariamente bienes ingresados en las viviendas y se presenta la huella del agua del consumo de productos cárneos, pan, harinas y lácteos.

Los valores promedio y por persona obtenidos para carne vacuna, son de 3,6 kg la cual necesita 15.415 litros de agua para procesar 1 kg de la misma, resultando 55.494 litros agua/hab/mes.

Asimismo, resultaron 3 kg/hab/mes promedio de pan, necesitando 1.608 litros/kilogramo procesado, que resulta en 4.824 litros agua/hab/mes y 6,7 litros/hab/mes promedio de leche, necesitando 1.020 litros/litro de leche, dando 6.834 litros de agua/hab/mes.

Los artículos analizados indican que, en promedio, la huella de agua por persona en una familia de seis personas es 75.419 litros/mes y 21.992 litros/mes para una de tres.

## ABSTRACT

This paper addresses the use of virtual water of two Argentine NEA families in order to contribute to the knowledge of settlers' consumption. Two families were sampled, one of six members from Corrientes city, and other one with three in Resistencia city, during seven months.

Admitted daily goods of the households were relieved, and the water consumption footprint of meat and dairy products, bread, and flours are presented.

Average values for each person obtained for beef, are of 3.6 kg consuming 14,660 gallons of water/habitant/ month.

The bread consumed was 3 kg/habitant/month, resulting 1,274.4 gallons of water/habitant/month, and on the other hand for dairy the average is 1.76 gallons per habitant/month, resulting in 1,823 gallons of water/ habitant in a month.

The analyzed articles indicate that on average, the water footprint per person in a family of six members is 19,923 gallons/month and 5,810 gallons/month for a family of three.

**PALABRAS CLAVE:** Agua virtual, huella hídrica, consumo familiar, nordeste argentino.

## INTRODUCCIÓN

Realizar estudios de valoración de recursos, potencial aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos conlleva real y amplia valoración de los mismos.

Los conceptos de agua virtual y huella del agua son considerados referentes de usos y consumos utilizados en toda la cadena de producción y como flujo de bienes y servicios del agua fresca utilizada en sus procesos, referidos a una escala espacio - temporal.

La discusión de cuánta agua es necesaria para producir algún bien, por ejemplo, es un tema de análisis detallado.

Según Hoekstra y Chapagain [1] el volumen de agua utilizado necesita de la medición y validación empíricas de mediciones a campo. Este punto es de importancia debido a los escasos datos obtenidos en habitantes tipo del nordeste argentino.

Haddadin [2] apud Hoekstra y Chapagain [1] introducen el concepto de agua "exógena" o "sombra" en referencia a que la importación intensiva de productos "con agua" puede ser considerada como un recurso hídrico externo del propio país que importa. En base a ello, Duarte [3] enfatiza la importancia estratégica del recurso hídrico destacando la trascendencia para el interés humano.

Finalmente Hoekstra y Chapagain [1] caracterizan los distintos usos del recurso e introducen el concepto de huella del agua diferenciándolos por colores y en tres componentes como: verde, azul y gris; siendo la huella de agua azul, el volumen de agua consumida de origen superficial y subterráneo en la elaboración de un producto; la huella verde, el volumen de agua de lluvia utilizada; y la huella gris, el volumen requerido para asimilar la carga poluente basada en estándares de calidad de agua.

## ANTECEDENTES

Mekonnen y Hoekstra [4] evaluaron la cuantificación de la huella hídrica de la cría de animales de granja y de diversos productos de origen animal en un período de diez años: de 1996 a 2005.

Estimaron la cantidad de alimento consumido por categoría animal diferenciadas en vacunos, porcinos, ovinos, equinos, caprinos y aves, considerando la ocurrencia de tres sistemas de producción: pastoreo, mixto e industrial. También estimaron la huella hídrica verde, azul y gris de los cultivos para su alimentación.

Como metodología propusieron que la huella hídrica de un animal promedio esté relacionada con el alimento consumido y que consta de dos partes: la huella del agua de los diversos ingredientes de los alimentos y del agua que se utiliza para mezclar la alimentación.

El volumen y la composición del alimento consumido varía según el tipo de animal, el sistema de producción y el país donde se realice el proceso, siendo posible calcular la cantidad de alimento consumido siguiendo el enfoque de Hendy [5], donde el total del consumo de alimento anual (incluyendo ambos: concentrados y forrajes) se calcula sobre la base de elaboración anual de productos animales y una eficiente conversión alimenticia.

La eficiencia de conversión del alimento se toma como la cantidad consumida del mismo por unidad producida del producto del animal (por ejemplo, carne, leche o huevo), mientras que la conversión eficiente alimenticia se estima por separado y para cada categoría animal: ganado vacuno, ganado lechero, ovejas, cabras, cerdos y pollos de engorde y para cada sistema de producción animal y por país.

También a la producción de carne es posible clasificarla por tipo de animal y se la puede dividir en categorías (ganado vacuno, cerdos, ovejas y cabras), en países y en producción del sistema; la misma se estima multiplicando el rendimiento, en kilos de carne, por animal sacrificado y por el número anual de animales sacrificados. El rendimiento del cuerpo para cada categoría animal por el sistema de producción se estima por la combinación de los datos de rendimiento del cuerpo de una media de países de la Food Agriculture Organization (FAO) [6] con datos de animales de peso vivo por sistema de producción y por

región económica [5], con los datos sobre el peso del cuerpo como porcentaje del peso vivo [7]. El número de animales sacrificados por sistema de producción se calcula multiplicando el número total de animales por el porcentaje de animales sacados por cada sistema de producción.

A su vez, la producción de leche por país y por sistema productivo, se obtiene de multiplicar la fabricación de leche por vaca lechera por el número total de vacas.

Si se analizan los alimentos que consumen los animales es posible dividirlos generalmente en concentrados y forrajes. El volumen de concentrado para alimentación es posible estimarlo por categoría de animales y por sistema de producción tales como: la multiplicación del volumen de alimento concentrado consumido por los animales por la fracción de concentrado en el total de la alimentación. Además, no existen bases de datos con cobertura mundial en la composición de los alimentos para los diferentes animales por país.

Entonces, es importante contar como fuente de datos: el stock de animales, el número de animales sacrificados por año, la producción anual de productos de origen animal, y el concentrado en la alimentación por país [6].

Los resultados de varios autores, indican que las huellas hídricas de los productos de origen animal varían mucho según los países y los sistemas de producción; dicha huella es altamente relevante para el tamaño, composición geográfica y propagación de la huella hídrica de un producto animal, porque determina la eficiencia de conversión de alimento, composición y origen de los mismos. Las diferencias entre los países están relacionadas con diferentes eficiencias en la conversión alimenticia existente, pero también con el hecho de que las huellas hídricas de los cultivos forrajeros varían de un país a otro en función del clima y las prácticas agrícolas.

Otro factor importante es la propia composición del alimento. Para todos los productos de animales de granja, a excepción de los productos lácteos, la huella total de agua por unidad de producto disminuye desde el siste-

ma por pastoreo a la de producción mixta y luego para la producción industrial; la razón es que cuando se mueve desde el pastoreo a los sistemas de producción industrial, las eficiencias en la conversión de la alimentación mejoran.

Por unidad de producto, se requiere aproximadamente tres a cuatro veces más alimento para sistemas de pastoreo en comparación con los sistemas industriales: más alimento implica que se necesita más agua para producirlo [4].

A modo de ejemplo se pudo establecer que el promedio de huella hídrica para producir carne vacuna y según los tres sistemas de producción: pastoreo, mixto e industrial es 15.400 litros/kg, realizados en base a resultados obtenidos de estudios en EEUU, China, India y Países Bajos.

Mekonnen y Hoekstra [8] estimaron la huella hídrica verde, azul y gris de vegetales y productos vegetales mediante el uso de la dinámica basada en una cuadrícula modelo de balance de agua que tiene en cuenta el clima local, condiciones del suelo y las tasas de aplicación de fertilizantes, a fin de calcular los requerimientos de agua de los cultivos, el uso real de agua del cultivo y los rendimientos, para finalmente, obtener la huella hídrica verde, azul y gris a gran escala.

Basaron sus datos y metodología en: la Evapotranspiración real del cultivo (ETA) (en  $\text{mm.día}^{-1}$ ), que depende de parámetros climáticos que determinan el potencial evapotranspiración, las características del cultivo y la disponibilidad de agua en el suelo [9].

En el caso de la producción de cultivos de secano, el agua azul de uso de cultivos es cero y se calcula el consumo de agua de los cultivos verdes ( $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ) sumando los valores diarios de la ETa ( $\text{mm.día}^{-1}$ ) sobre la longitud del período de crecimiento. En el caso de regadío la producción de cultivos, se calcula el consumo de agua verde y azul mediante la realización de dos escenarios de balance de agua en el suelo ([15], [16], [17]), diferente a lo propuesto por Hoekstra et al. [14]. El primer escenario del balance hídrico del suelo

se realiza en base a la suposición de que el suelo no recibe ningún riego, pero sí el uso de parámetros de cultivo de los cultivos de regadío (ej. profundidad de enraizamiento bajo condiciones de riego). El segundo escenario de balance hídrico del suelo se lleva a cabo con la suposición que la cantidad de riego real es suficiente para satisfacer los requerimientos de la planta en cuestión, aplicando los mismos parámetros de cultivos como en el primer escenario. El uso del agua para cultivos de regadío se supone que es igual a la evapotranspiración real del cultivo como se calculó en el primer escenario. Y la cosecha de agua azul es entonces igual a la utilización de agua del cultivo sobre el crecimiento del período simulado en el segundo escenario menos el uso verde de agua de los cultivos según lo estimado en el primer escenario.

Las huellas del agua verde y azul de los cultivos primarios (en  $\text{m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ ) se calculan dividiendo el volumen total de uso verde y azul de agua ( $\text{m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ ), respectivamente, por la cantidad de la producción ( $\text{ton} \cdot \text{año}^{-1}$ ).

La huella hídrica gris se calcula mediante la cuantificación del volumen de agua necesario para asimilar los nutrientes que llegan a la tierra o aguas superficiales. Los nutrientes de lixiviación usados en la agricultura son una de las causas principales de contaminación de fuentes no puntuales de los cuerpos de agua superficial y subterránea. El componente gris de la huella hídrica ( $\text{m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ ) se calcula multiplicando la fracción de nitrógeno que lixivia o se sale por la aplicación de nitrógeno ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y dividiéndolo por la diferencia entre la concentración máxima aceptable de nitrógeno ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) y la concentración natural de nitrógeno en el cuerpo receptor ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), por el rendimiento real del cultivo (en  $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Las tasas de aplicación de fertilizantes nitrogenados por cultivos específicos de cada país se han estimado sobre la base de Heffer [18], FAO [6], [15] e IFA [19].

Los bienes ingresados en las ciudades de Resistencia y Corrientes (NEA Argentino), que luego se incorporan y son medidos en las dos familias de referencia provienen de diver-

sos sistemas primarios, la mayoría de ellos desconocidos en su sistema de producción, lo cual imposibilita conocer el consumo de cada uno de ellos.

Por esto, se utilizan valores de consumo de agua, para los insumos analizados, de autores de otros países como valores de referencia para el cálculo de la huella hídrica.

## OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar y calcular el consumo de agua virtual de productos alimenticios y su huella hídrica urbana, de dos familias del Nordeste Argentino (NEA).

## MATERIALES

Se tomaron muestras en dos familias del NEA, una residente en la capital de Corrientes de seis integrantes, compuesta por cinco adultos y una adolescente; y la segunda residente en Resistencia, capital del Chaco, compuesta por tres integrantes: dos adultos y una niña.

En este estudio se registró para su análisis a las carnes, desagregadas en vacuna, porcina y avícola (pollo); también se analizaron los productos lácteos, siendo los principales leche en polvo y líquida (generalmente larga vida) y queso.

Finalmente se presentan datos de consumo de productos provenientes de las harinas en forma de pan y pastas secas.

## MÉTODOS

La metodología empleada consistió en el relevamiento con paso de tiempo diario de diversos rubros inherentes al movimiento y consumo diario de las familias descritas.

El período de registro fue de siete meses continuos durante 2013: de junio a diciembre.

Ello contempló abarcar dos períodos estacionales: invierno y primavera del hemisferio sur.

Para los consumos de agua de cada ítem, fueron considerados valores de estudios previos de otros autores, como [8] debido a la falta de registros en Argentina.

De [8] fueron tomados los valores de con-

sumo de agua y su huella de los siguientes rubros muestreados: para carne vacuna 15.415 L/kg; para carne porcina 5.988 L/kg; para carne de pollo 4.325 L/kg.

Para fideos secos son necesarios 1.849 L/kg y para elaboración de pan 1.608 L/kg.

Para leche líquida 1.020 L/kg; para leche en polvo 4.749 L/kg; para manteca 5.553 L/kg y para la elaboración de queso 5.060 L/kg.

Todos los valores considerados de carne y lácteos incluyen la huella de agua azul, verde y gris y son promedios de diferentes muestreos de distintos sistemas de producción, como industrial, mixto y pastoreo a campo y de varios países como China, India, Holanda y EEUU. Los mismos, por ser sistemas de producción similares, se consideran válidos para su aplicación en nuestro país.

Los restantes, pan y pastas secas son promedios también de estudios de [8] e incluyen también huellas de agua azul, verde y gris.

## RESULTADOS

Se presentan los resultados desagregados en tres grandes rubros: pan y pastas secas, carnes y lácteos.

Relativo al consumo de pan y pastas se han desagregado en las dos componentes familiares.

En el consumo de pan, en la familia del Chaco no es posible observar gran variabilidad (ronda alrededor de 1 kg por persona/mes) en el consumo durante los meses de muestreo; siendo que el mayor consumo se registró en el mes de noviembre con 1,21 kg/cápita y el menor en diciembre con 0,6 kg/cápita; con promedio mensual de 0,9 kg/cápita.

En la familia de Corrientes el mayor consumo se registró en el mes de agosto con 4 kg/cápita y el menor en el mes de junio con 1,84 kg/cápita, alcanzando un promedio mensual durante el periodo de muestreo de 3 kg/cápita por mes.

Relativo al consumo de pastas secas, en Chaco se consumió sólo en el mes de octubre con 0,33 kg/cápita; mientras que en Corrientes el mayor consumo se registró en el mes de agosto con 1,67 kg/cápita y el menor en el mes de junio con 0,25 kg/cápita, con prome-

dio mensual de 0,7 kg/cápita por mes.

Los resultados se hallan graficados en la Figura 1.

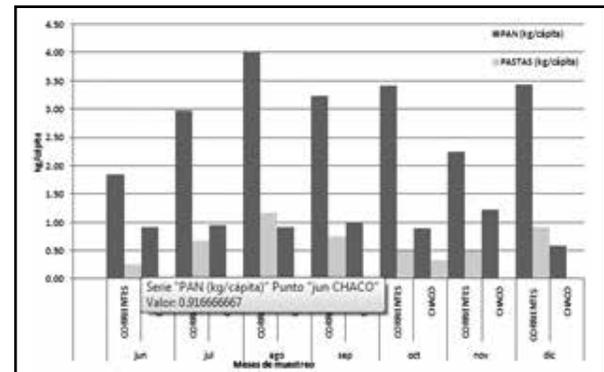


Figura 1: Consumo por persona de pastas secas y pan.

Para la leche en polvo, en la familia chaqueña, el mayor consumo se registró en diciembre con 0,33 kg/cápita y el menor en julio con 0,13 kg/cápita, alcanzando un promedio mensual durante el periodo de muestreo de 0,2 kg/cápita/mes.

En la familia correntina el mayor consumo se registró en los meses de junio, agosto y diciembre con 0,2 kg/cápita y el menor en los meses de octubre y noviembre con 0,07 kg/cápita, alcanzando un promedio mensual durante el periodo de muestreo de 0,1 kg/cápita por mes.

Los resultados se hallan graficados en la Figura 2.

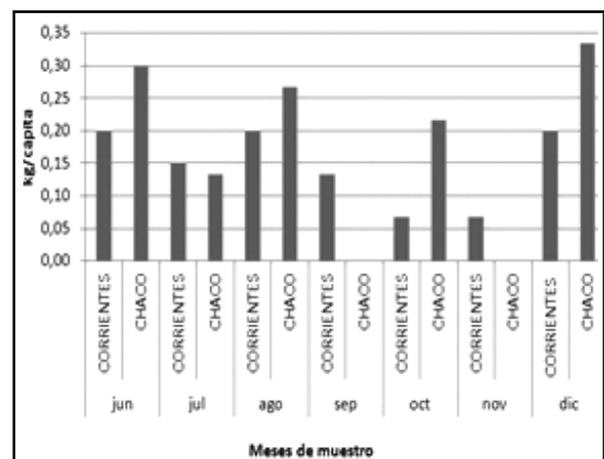


Figura 2: Consumo por persona de leche en polvo.

Para el análisis de leche líquida, en el Chaco la familia realiza compras de gran magnitud

acorde a las ofertas de mercado, lo cual no representa el real consumo mensual observable, siendo sólo ingresos mensuales, por lo tanto se tomó el promedio mensual 6,7 litros/cápita.

En Corrientes no se tiene gran variabilidad en el consumo, el mayor registro fue en agosto con 2,5 litros/cápita y el menor en junio con 1,17 litros/cápita, obteniéndose un promedio mensual durante el periodo de muestreo de 1,7 litros/cápita. Los resultados se hallan graficados en la Figura 3.

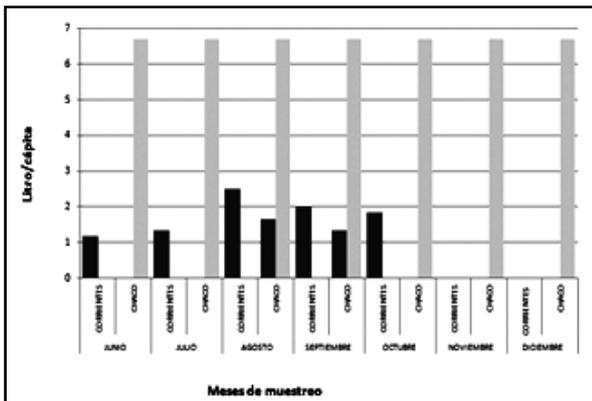


Figura 3: Consumo por persona de leche líquida.

en octubre, en Chaco de 183 gr/cápita y Corrientes 747 gr/cápita, con promedio mensual del periodo de 0,9 kg/cápita/mes para Corrientes y 0,8 kg/cápita/mes para Chaco. Los resultados se hallan graficados en la Figura 5.

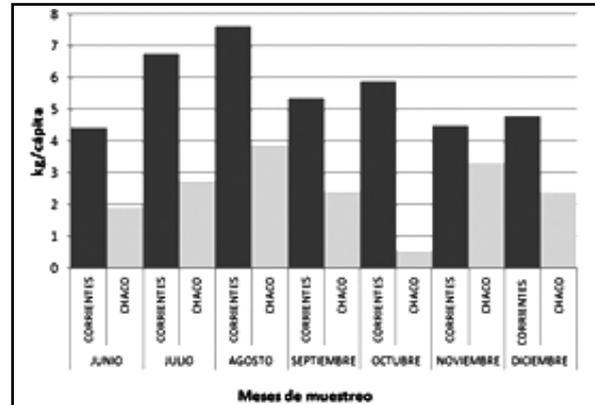


Figura 5: Consumo de queso por persona.

Del muestreo de carne vacuna se obtuvieron los siguientes resultados: en Chaco el mayor consumo se registró en el mes de julio con 0,57 kg/cápita y el menor en octubre con 0,2 kg/cápita, obteniéndose un promedio mensual del periodo de 0,4 kg/cápita.

La familia de Corrientes presenta variabilidad en el consumo donde el mayor valor se registró en julio con 5,5 kg/cápita y el menor en junio con 2,43 kg/cápita; obteniéndose un promedio mensual del periodo de 3,6 kg/cápita. Los resultados se presentan en la Figura 6.

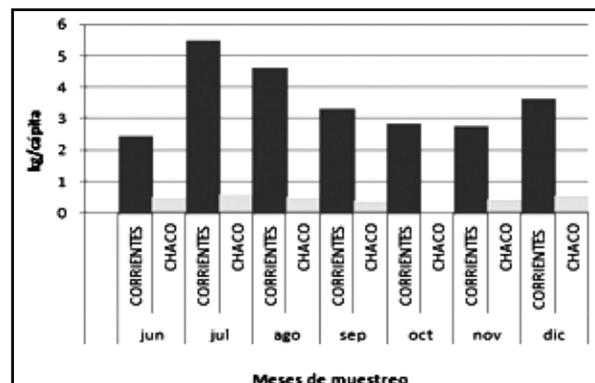


Figura 6: Consumo por persona de carne vacuna.

El consumo de manteca sólo es considerado en la familia correntina por ser la única que lo ingiere; donde el mayor valor se registró en agosto con 150 gr/cápita y el menor en octubre con 33 gr/cápita, con promedio mensual del periodo de 79 gr/cápita/mes. Los resultados se hallan graficados en la Figura 4.

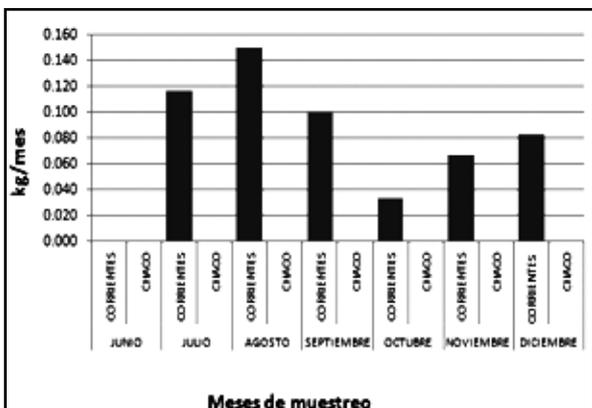


Figura 4: Consumo por persona (en Corrientes) de manteca.

Respecto al queso, el mayor consumo se registró en agosto con 1,27 kg/cápita en Corrientes y 1,29 kg/cápita en Chaco y el menor

Para la carne avícola, en Chaco el mayor consumo se registró en noviembre con 0,72 kg/cápita y el menor en julio con 0,32 kg/cápita; con promedio mensual de 0,13 kg/cápita.

En Corrientes el mayor consumo se registró en diciembre con 1,38 kg/cápita y el menor en noviembre con 0,57 kg/cápita; con promedio mensual del periodo de 0,9 kg/cápita. Los resultados se hallan graficados en la Figura 7.

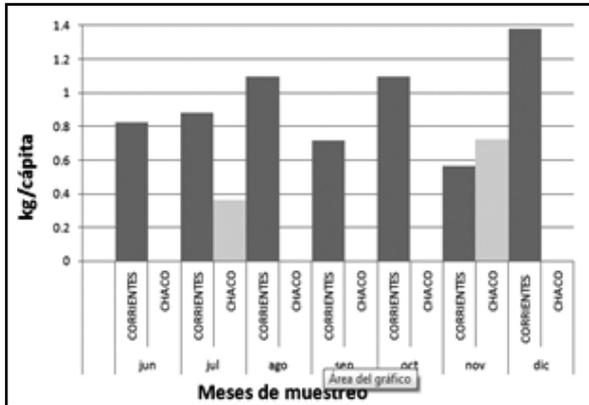


Figura 7: Consumo por persona de carne avícola (pollo).

En el análisis de carne porcina se observó un consumo bastante irregular.

En Chaco el mayor consumo se registró en el mes de julio con 0,59 kg/cápita y el menor en septiembre con 0,083 kg/cápita; con promedio mensual del periodo de 0,3 kg/cápita.

En Corrientes el mayor consumo se registró en octubre con 1,33 kg/cápita y el menor en septiembre con 0,203 kg/cápita; con promedio mensual de 0,4 kg/cápita. Los resultados se muestran en la Figura 8.

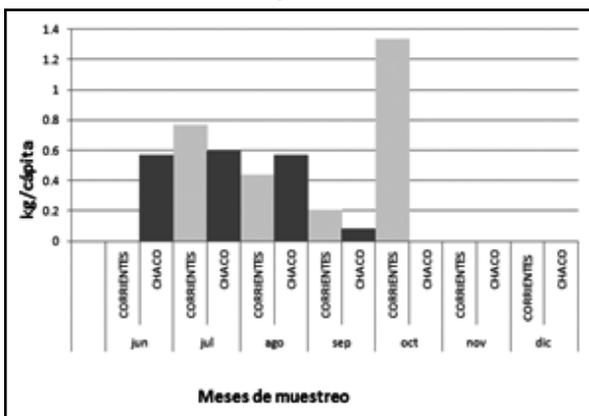


Figura 8: Consumo por persona de carne porcina.

Los resultados finales de consumo y huella hídrica total se presentan en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Consumos totales de agua por producto y familia.

	CONSUMO TOTAL (período de 7 meses)	
	CORRIEN- TES	CHACO
Leche líquida (litros)	71	141
Consumo de agua (lts)	72.420	143.820
Leche en polvo (kg)	6,1	3.75
Consumo de agua (lts)	28.969	17.808,8
Queso (kg)	39,39	17,26
Consumo de agua (lts)	198.822,30	87.360,9
Manteca (kg)	3,3	0
Consumo de agua (lts)	18.325	0
Carne vacuna (kg)	150,74	8,75
Consumo de agua (lts)	2.323.657,1	134.912,1
Porcina (kg)	16,46	5,44
Consumo de agua (lts)	98.562,5	32.574,7
Avícola (kg)	39,36	3,26
Consumo de agua (lts)	170.232	14.082,2
Pan (kg)	126,8	19,45
Consumo de agua (lts)	203.916,9	31.272,38
Pastas secas (kg)	28,5	1
Consumo de agua (lts)	52.697	1.849

Así, el promedio de la huella del agua para el pan es de 4.855 L/kg para la familia correntina y 1.489 L/kg para la familia chaqueña; la huella del agua promedio para pastas secas es de 1.254 L/kg en la familia correntina; para leche en polvo es 690 L/kg en Corrientes y 848 L/kg para Chaco; promedio de la huella del agua para leche líquida es 1.724 l/litro para Corrientes y 6.848 l/litro para Chaco; para manteca es de 436 L/kg en Corrientes y para queso es de 4.734 L/kg; el promedio para carne vacuna es de 55.325 L/kg/cápita para la familia correntina y 6.424 L/kg/cápita para la chaqueña; de carne porcina 2.347 L/kg para Corrientes y 1.551 L/kg para la del Chaco y de carne de pollo de 4.053 L/kg para Corrientes y 670 L/kg para la del Chaco.

**Tabla 2: Huella hídrica promedio por producto y familia.**

	Huella hídrica promedio mensual per cápita	
	CORRIENTES	CHACO
Leche líquida (litros)	1,7	6,7
Consumo de agua (lts)	1.724,3	6.848,6
Leche en polvo (kg)	0,1	0,2
Consumo de agua (lts)	689,7	848,0
Queso (kg)	0,9	0,8
Consumo de agua (lts)	4.733,9	4.160
Manteca (kg)	0,1	0
Consumo de agua (lts)	436,3	0
Carne vacuna (kg)	3,6	0,4
Consumo de agua (lts)	55.325,2	6.424,4
Porcina (kg)	0,4	0,3
Consumo de agua (lts)	2.346,7	1.551,2
Avícola (kg)	0,9	0,2
Consumo de agua (lts)	4.053,1	670,6
Pan (kg)	3	0,9
Consumo de agua (lts)	4.855,2	1.489,2
Pastas secas (kg)	0,7	0
Consumo de agua (lts)	1.254,7	0
Consumo promedio total del periodo (litros/pers/mes)	75.419,1	21.992

poniendo que la destreza consiste en el aprovechamiento de ofertas comerciales, lo cual “disfraza” el consumo real y en estos resultados se asumieron consumos promedios.

Como contrapartida, para la familia residente en Corrientes su método consiste en compras semanales, que son un reflejo del consumo real diario y semanal.

Sumados todos los artículos muestreados, es posible decir que en promedio la huella del agua parcial por persona en la familia correntina es de 75.419 litros mensuales y 21.992 litros/mes para la familia chaqueña y sólo para estos artículos.

Del análisis de los alimentos muestreados se observa un mayor consumo de leche líquida en la familia chaqueña. Esto es debido a la alimentación dada a la menor de la misma.

Los hábitos de consumo de queso son similares en ambas familias y en cuanto a la manteca, la familia correntina lo hace habitualmente y la chaqueña no lo tiene en el menú de su dieta.

También se observa que los habitantes en Corrientes consumen más carne, en promedio, que los del Chaco. En la avícola en proporción seis a uno, en vacuna de 8,5 veces y disminuye en la porcina a proporción 1,5:1.

Similar análisis para las pastas secas y el pan, donde los correntinos consumen tres veces más de pan que la familia chaqueña y 28 más que la chaqueña también.

El aporte de este estudio ha sido en cuanto a la metodología de muestreo y obtención de valores locales, inexistentes a la fecha en el NEA.

Los valores de consumo en la producción considerados son promedios de estudios precedentes, y los mismos muestran un amplio rango de variación acorde a diferentes tipos de consumos de los bienes considerados.

Se recomienda el ajuste a valores locales de todos los procesos de producción, como por ejemplo para carne vacuna: todo el proceso de cría de animales, faena, envase, logística, hasta su puesta final en góndola de venta al consumidor.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo ha logrado avanzar sobre metodologías de toma de muestras locales de la región NEA Argentina.

Los autores acuerdan con el concepto de Mekonnen y Hoekstra [4] de que, en esta etapa de las investigaciones, hay parte de empirismo en las mismas, y asimismo muestra la importancia de la colecta de registros para ajustar el análisis de consumos, procesos de producción y distribución locales.

Un aspecto importante a considerar en la toma de datos, es la manera o estrategia de compra de bienes de consumo alimenticios familiares, puesto que en el caso de la familia chaqueña la misma da cuenta de compras sistemáticas, espaciadas temporalmente, de grandes volúmenes de leche líquida, presu-

## REFERENCIAS

- [1] Hoekstra, A.; Chapagain, A. (2008). *Globalization of water*. Blackwell publishing.
- [2] Haddadin, M. (2006). *Water Resources in Jordan: Evolving policies for development, the environment, and conflict resolution*. RFF Press.
- [3] Duarte, O.; DIAZ, E.; GARCÍA, M. et al. (2013). *La huella hídrica del cultivo del arroz en la provincia de Entre Ríos*. XXIV Congreso Nacional del Agua. San Juan, Argentina. I, 192.
- [4] Mekonnen, M.; Hoekstra, A. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*. 15, 401–415.
- [5] Hendy, C.; Kleih, U.; Crawshaw R., Phillips, M. (1995). Livestock and the environment finding a balance: Interactions between livestock production systems and the environment, Impact domain: concentrate feed demand. Rome: Food and Agriculture Organization. Disponible en: [www.fao.org/wairdocs/lead/x6123e/x6123e00.htm#Contents].
- [6] FAO. (2009). FAOSTAT database. Available online: [http://faostat.fao.org].
- [7] FAO. (2003). Technical conversion factors for agricultural commodities. Disponible en: [www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf].
- [8] Mekonnen, M.; Hoekstra, A. (2011). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. Hydrology and Earth System Sciences. 15, 5, 1577-1600.
- [9] Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. FAO Drainage and Irrigation Paper 56, Food and Agriculture Organization, Rome.
- [10] Chapagain, A.; Hoekstra, A. (2004). *Water footprints of nations*. Value of Water Research Report. Series No. 16, NESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- [11] FAO. (2008). Global map of monthly reference evapotranspiration – 10 arc minutes, GeoNetwork: grid database, Food and Agriculture Organization, Rome, http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/resources.get?id=7416&fname=ref\_evap\_fao\_10min.zip&access=private
- [12] Portmann, F.; Siebert, S.; DöLL, P. (2000). Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year, A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modelling, *Global Biogeochem. Cy.*, 24(1), GB1011, doi:10.1029/2008GB003435, Recuperado de: http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/forschung/MIRCA/data\_download/index.html, last access: 15 October 2009, 2010.
- [13] USDA. (1994). The major world crop areas and climatic profiles, *Agricultural Handbook No. 664*, World Agricultural Outlook Board, United States Department of Agriculture, Recuperado de: www.usda.gov/oce/weather/pubs/Other/MWCACP/MajorWorldCropAreas.pdf.
- [14] Hoekstra, A.; Chapagain, A.; Aldaya, M.; Mekonnen, M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. London: Earthscan, 203.
- [15] FAO. (2006). Fertilizer use by crop. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 17*. Food and Agriculture Organization.
- [16] Siebert, S.; DöLL, P. (2010). Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *J. Hydrol.*, 384, 198–207.
- [17] Liu, J.; You, L.; Amini, M.; Obersteiner, M.; Herrero, M.; Zehnder, A.; Yang, H. (2010). A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland. *Proc Natl Acad Sci*, 107, 17, 8035–40.
- [18] Heffer, P. (2009). *Assessment of Fertilizer Use by Crop at the Global Level 2006/2007-2007/2008*. International Fertilizer Industry Association, Paris.

# Sustentabilidad edilicia. Comparación de métodos de evaluación y su aplicabilidad en Argentina

Lucia Rumi<sup>1</sup>

María C. Montero<sup>2</sup>

Néstor F. Ortega<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería  
Universidad Nacional del Sur  
Facultad Regional Bahía Blanca - UTN  
E-mail: lucia\_rumi@hotmail.com

<sup>2</sup>Facultad Regional Bahía Blanca - UTN  
E-mail: monteromc@gmail.com

<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, Departamento de Ingeniería  
Universidad Nacional del Sur y CIC.  
E-mail: nfortega@criba.edu.ar

## RESUMEN

Se han desarrollado diversas herramientas de evaluación que han sido desarrollados para evaluar la sustentabilidad de las construcciones. Sin embargo, la mayoría de ellas están basadas en estándares, normativas y métodos de construcción propios del país de origen. El propósito de esta investigación es la identificación, análisis y comparación de diferentes métodos de evaluación, profundizando la forma de abordar las problemáticas, detectando vacíos existentes en ellas. Se estudian herramientas de evaluación internacionales como LEED, BREEAM, CASBEE, VERDE y CEPAS, estableciendo similitudes y diferencias, potencialidades y características particulares de cada una. Se incluye la posible utilización o adaptación de estos métodos a la realidad de Argentina, teniendo en cuenta no solo los aspectos ambientales, sino también los económicos y sociales. Se determina la necesidad de establecer un método para identificar y seleccionar indicadores realistas, a partir de la situación nacional.

## ABSTRACT

There are plenty of assessment tools have been developed to assess the sustainability of buildings. However, most of these tools are based on standards, regulations and methods of construction from the country that developed them. The aim of this research is the identification, analysis and comparison of different methods deepening of problem approach and detecting existing gaps in them. International assessment tools such as LEED, BREEAM, CASBEE, GREEN and CEPAS have been studied, establishing similarities and differences, potential and particular characteristics of each. It is included the possible use or adaptation of these methods to the local situation of Argentina, taking into account not only environmental aspect, but also economic and social ones. The need for a method to identify and select realistic indicators from the national situation, is determined.

**PALABRAS CLAVE:** Evaluación de sustentabilidad; edificaciones; indicadores.

## INTRODUCCIÓN

Los métodos de evaluación desarrollados en los países del Primer Mundo tienden a enfocarse en aspectos ambientales, sin embargo, no suelen abordar los aspectos sociales y económicos [1] [2]. En muchos países en vías de desarrollo hay interés en el uso de la construcción y las industrias relacionadas que tienen fuertes connotaciones sociales y económicos, tales como la creación de empleo, por lo que surge la demanda de criterios de sustentabilidad sociales y económicos [3], que responden a esta situación.

Este trabajo presenta una breve descripción y realiza una comparación de varias de las más difundidas herramientas internacionales de evaluación: LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) [4] desarrollada en EEUU, BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) [5] en el Reino Unido, VERDE [6] en España, CEPAS (Comprehensive Environmental Performance Assessment Schemes) [7] en Hong Kong, y CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) [8] en Japón. Por otra parte, plantean lineamientos que deberían reunir herramientas de evaluación que realmente ponderen, adecuadamente, la situación de nuestro país y que, supuestamente, también sería aplicable a otros países en vías de desarrollo.

## METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN BREEAM

La metodología BREEAM se basa en la ponderación de una serie de ítems obtenidos a partir del cumplimiento de ciertos objetivos. Estos criterios son agrupados en categorías. El puntaje disponible para cada criterio es variable. A mayor cantidad de puntos obtenidos, más sustentable será la construcción. Cuentan también con ciertos requerimientos mínimos que son de cumplimiento obligatorio, y otros criterios extraordinarios que brindan la posibilidad de incluir medidas innovadoras, que no están explícitamente incluidas en cada herramienta.

La ponderación de las áreas estudiadas se

puede ver en la Tabla 1, donde ninguna categoría supera el 20%. La diferencia entre la categoría que le otorga la mayor y la menor importancia es de un 11%. La categoría a la cual se le da mayor importancia es la "Energía". Las siguientes dos categorías con mayor peso son "Gestión" y "Salud y Bienestar", apuntando claramente a las mejoras en las condiciones sociales y económicas de los habitantes del edificio, ponderan los residuos, individualizando las estrategias destinadas a su almacenamiento, recolección y tratamiento. [5] [9]

## LEED

El sistema de certificación LEED, posee características generales similares a la metodología BREEAM, descrita anteriormente. Se basa en un sistema de puntuación, en el cual las edificaciones obtienen puntos, por satisfacer criterios específicos de sustentabilidad. Existe una base de 100 puntos y además se asignan puntos por Innovación en el diseño y por Prioridad Regional. El número de puntos obtenidos por el proyecto determina el nivel de certificación LEED del proyecto. Esta certificación está disponible en cuatro niveles progresivos, de acuerdo con el grado de sustentabilidad. [10]

La Tabla 1 incluye las categorías de evaluación de LEED y la importancia relativa dentro de la herramienta. *Como se puede apreciar*, ninguna categoría supera el 35%. Habiendo una diferencia entre la categoría de mayor y menor importancia del 25%. La categoría a la que LEED da mayor importancia es Energía y Atmósfera. Todas las restantes categorías varían entre el 10 y 26%, siendo la de menor *peso relativo*, el uso del agua. [4]

Cada categoría es evaluada considerando aspectos ambientales, sociales y económicos, dando un mayor peso a los factores ambientales. Esto puede visualizarse en la única categoría que tiene en cuenta, explícitamente, los aspectos sociales es la "Calidad Ambiental Interior", centrándose en la mejora del confort y bienestar de los ocupantes del edificio. Por otro lado, considera más susten-

table liberar superficie del terreno, favoreciendo la construcción vertical. Otra característica es no considerar a los residuos como una categoría aislada, *otorgándole* escasos puntos.

## VERDE

La herramienta de evaluación VERDE, cuantifica la reducción de los impactos ambientales del edificio y su emplazamiento, en estrategias de diseño y en factores de rendimiento. VERDE trata de reducir la subjetividad, introduciendo un sistema de ponderación de la reducción de impactos. A cada criterio se le asocia un peso por cada impacto generado, que refleja la extensión, la duración y la intensidad, para realizar una evaluación relativa. Para evaluar los impactos, el peso relativo de las categorías de impacto se basa en la política ambiental española y en datos relativos a indicadores de sostenibilidad. [6]

VERDE se basa en la estimación de la reducción de impactos del edificio a evaluar, en relación a los impactos producidos por un edificio de referencia, a lo largo de su vida útil. El edificio de referencia, es un edificio estándar que cumple estrictamente las exigencias mínimas, fijadas por la reglamentación y por la experiencia práctica. Los criterios unos impactos asociados que les dotan de su peso relativo en esta herramienta. La relación entre criterios e impactos está dada a través de una matriz propia del modelo. De esta manera, el usuario de la herramienta introduce los datos de su proyecto en los criterios correspondientes, para analizar los siguientes impactos: cambio climático, pérdida de la fertilidad, pérdida de vida acuática, emisiones de compuestos foto-oxidantes, cambios en la biodiversidad, agotamiento de energía de fuentes no renovables, agotamiento de recursos no renovables distintos de la energía primaria, agotamiento de agua potable, generación de residuos no peligrosos, pérdida de salud, confort para los usuarios y riesgo para los inversores.

Una vez evaluados todos los criterios que contempla la herramienta VERDE, arroja un resultado adimensional, en forma de hojas,

que varía entre "0 y 5 hojas" para aquel edificio que tenga la menor proporción de impactos.

En VERDE existe un gran desequilibrio entre la importancia relativa de sus categorías.

La categoría "Energía y atmósfera" concentra más del 42% del total de los puntos, situación que parece excesiva, mientras que sumadas las 3 categorías con menor peso, llegan apenas al 24%. Si bien contiene una categoría específica de "Aspectos Sociales y Económicos", ésta no supera el 3% del puntaje global, siendo la menos relevante de todas.

A pesar de que VERDE se plantea como una herramienta que evalúa todo el ciclo de vida de la construcción, claramente inclina su análisis hacia la fase de la construcción del edificio. En la etapa de uso del edificio no se tienen en cuenta aspectos de mantenimiento, que son primordiales en el ciclo de vida, para obtener condiciones aptas de habitabilidad.

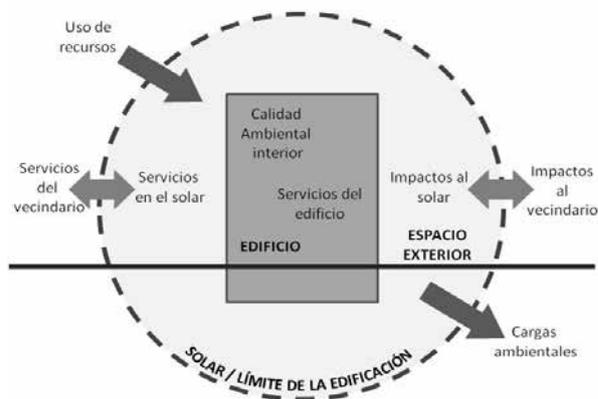
## CEPAS

El método CEPAS realiza una distinción entre el desempeño físico del edificio y el desempeño humano; centrándose en la relación edificio-entorno, cuantificando la densidad habitacional, analizando la posibilidad de densificar la construcción, educar al usuario, minimizando sus impactos ambientales[11], considera todas las etapas del ciclo de vida, de una construcción, de manera explícita. Cada etapa es evaluada de manera aislada, obteniendo certificaciones diferenciales para cada una de ellas, evalúan aisladamente las etapas de: Anteproyecto, Diseño, Construcción y Operación. Se puede considerar esta característica como una ventaja, debido a que se analiza en profundidad todo el ciclo de vida de la obra, sin embargo, un problema que presenta es que se pierde la visión global del problema.

Las distintas etapas son evaluadas a través de las mismas categorías y criterios. Los sub-criterios son propios de cada etapa evaluada. Dichos sub-criterios son ponderados mediante una escala de puntuación norma-

lizada que varía entre 0 y 3, algunos de los cuales, en determinadas condiciones puede elevarse a 4 puntos, en el respectivo subcriterio.

El sistema CEPAS considera el desempeño físico del edificio y el desempeño humano, poniendo énfasis sobre el aspecto de interacción entre edificio-entorno (Figura 1), y proponiendo aportes que tienden a la mejora y respeto por la comunidad.



**Figura 1: Relaciones físicas entre las categorías de CEPAS [7]**

A partir de estas premisas se establecen las categorías de evaluación: Calidad ambiental interior (IE), Servicios del edificio (BA), Uso de recursos (RE), Cargas ambientales (LD), Servicios en el solar (SA), Servicios del vecindario (NA), Impactos al solar (SI) e Impactos al vecindario (NI).

### CASBEE

El sistema CASBEE se diferencia del resto, debido a que cambia la simple adición de puntos, en cada área de desempeño del edificio, y posee una puntuación global. La misma se obtiene por el cálculo de la diferencia entre las cargas ambientales y el desempeño del edificio. Cuando la calidad del servicio es mayor que las cargas ambientales, el desempeño se considera eco-eficiente [11].

El sistema de puntuación es simple y fue desarrollado teniendo en cuenta la aplicabilidad a cada tipo de construcción. Consta de una

escala que van de 1 a 5, siendo el Nivel 3 la puntuación estándar. Como regla general, el 1 represente al que satisface las condiciones mínimas exigidas por las normativas y otros estándares de Japón. El nivel estándar es un nivel correspondiente a las prácticas técnicas y sociales más comunes en el momento de la evaluación y el 5, es el mejor, desde el punto de vista ambiental.

La herramienta CASBEE presenta, como característica particular, la asignación de puntuaciones a dos categorías:

Calidad ambiental de la construcción (Q): Ambiente interior (Q1), Calidad de servicio (Q2) y Ambiente exterior, pero dentro de los límites de la parcela (Q3).

Reducción de un recurso L (LR): Energía (LR1), Recursos y energía (LR3) y Ambiente exterior (fuera de los límites de la parcela) (LR3).

En base a estas puntuaciones se obtiene un índice final, denominado BEE (Build Environmental Efficiency), que se calcula con la siguiente ecuación:

$$BEE = \frac{Q}{L} = \frac{25 \times (SQ - 1)}{25 \times (5 - SLR)} \quad (1)$$

donde:

SQ: Puntaje obtenido para la categoría Q.

SLR: Puntaje obtenido para la categoría LR.

### Problemáticas Ambientales de Argentina

El crecimiento urbano de las ciudades actualmente se está produciendo a un ritmo acelerado en América Latina, siendo la segunda región más urbanizada del planeta. Según las Naciones Unidas, el crecimiento de la tasa de urbanización fue del 41%, en 1950 y ascendió al 79%, en 2010. Se considera que de continuar esta tendencia en los próximos de 20 años, casi la totalidad (90%) de la población latinoamericana residirá en ciudades [12].

Latinoamérica, en general, presenta un cambio de rumbo hacia reconfigurar su crecimiento, antes se concentraba en las grandes ciudades, las que tenían una expansión acelerada, mientras que actualmente aparece un fenómeno nuevo. A pesar de que sus gran-

des metrópolis siguen teniendo un importante peso en la región (por ejemplo, Buenos Aires, Ciudad de México, San Paulo, entre otras) ya no son las que tienen las mayores tasas de crecimiento demográfico y económico [14]. En la actualidad, son las ciudades intermedias las que poseen las mayores tasas de crecimiento. Por ellos, este nuevo paradigma de urbanización está creando enormes retos para las ciudades de América Latina.

En los últimos años, ha crecido la dificultad por el acceso a la tierra, la vivienda pública es escasa, no siempre apropiada y deficientemente localizada, las interfaces rural-urbano, hay un rápido deterioro de las zonas periurbanas, que crecen sin planificación del uso del suelo, solo bajo la presión de un desarrollo inmobiliario que solo mide sus dividendos económicos, sin considerar el acceso a los servicios de agua potable que abastezcan, con un volumen suficiente (durante todo el año), la falta de cloacas, que generan la contaminación de los cursos de agua que atraviesan las ciudades y los acuíferos subterráneos. También se presentan dificultades para resolver la recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos, los efluentes industriales, la contaminación del aire como consecuencia de la falta de uso de tecnologías adecuadas y de control sobre las emisiones industriales y la proveniente de los vehículos. En lo referente al uso del suelo, en muchos lugares, se originan desastres de origen natural (inundaciones, sismos, deslizamientos de suelos, etc.), debidos a la ocupación no planificada y no controlada del suelo en lugares de alto riesgo o con potencialidad para convertirse en riesgosos, debido al cambio climático global. En la medida que las ciudades crecen, se evidencia la desinversión pública en transporte, una serie de impactos ambientales que son consecuencia de la pobreza urbana, el alto grado de hacinamiento (a escala urbana y dentro de las viviendas), etc. [14] [15].

Los desafíos de nuestra sociedad pasan por lograr que este crecimiento se lleve a cabo en forma planificada y sustentable. Por lo tanto,

del uso de estas herramientas que permitan medir la sustentabilidad edilicia y urbana deriva la necesidad de garantizar, a través de una adecuada gestión, servicios públicos de calidad, seguridad para sus habitantes, protección del ambiente, generación permanentemente de empleos y capacidad de adaptarse y responder ante el cambio climático [16] [17].

### **Comparación de los diferentes métodos de evaluación**

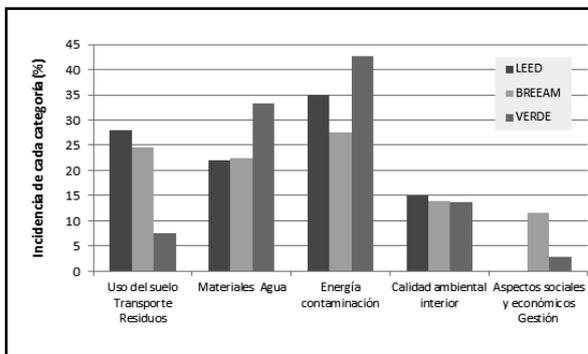
Resulta interesante comparar las distintas herramientas de evaluación de la sustentabilidad y analizar la importancia relativa asignada a cada una de ellas (Tabla 1), con el fin de ver la filosofía de su diseño, como base para estudiar su aplicación en nuestro país. Para poder realizar estas comparaciones, se realiza otro análisis agrupando esas dimensiones en áreas, para realizar un análisis más general, en virtud que los indicadores empleados por cada norma, no son exactamente iguales, sino que cada grupo se los puede considerar como equivalentes. Con este objetivo, para las herramientas LEED, BREEAM y VERDE se muestran sus pesos relativos correspondientes a las dimensiones analizadas; en cambio, en CASBEE y CEPAS no es posible hacer un análisis similar, sin embargo se enuncian las categorías que, en cada herramienta, profundizan en las dimensiones indicadas.

Como puede observarse en la Tabla 1, al comparar las normas, CASBEE no tiene en cuenta la incidencia del transporte, ni de los residuos. CEPAS es la que posee un mayor número de dimensiones, otorgando más importancia a los aspectos sociales y económicos, lo que se refleja en la cantidad de categorías que evalúan estos aspectos. Dentro de los aportes realizados a estas categorías se pueden enunciar: seguridad, economía del edificio, economía sustentable, conservación del patrimonio, impactos en comunidades, carácter cultural e inclusión, entre otros.

La Figura 2 muestra una comparación de las dimensiones agrupadas en áreas y su importancia relativa, en las herramientas LEED, BREAM Y VERDE.

**Tabla 1: Dimensiones contenidas en cada método y su nivel ponderación.**

DIMENSIONES	LEED		BREEAM		VERDE		CASBEE	CEPAS
Uso del suelo	14	28	9,5	24,5	3,81	7,5	Q3	SI/NI
Transporte	12		8		1,8		-	NA
Residuos	2		7		1,91		-	LD
Materiales	12	22	12	22,5	19,2	33,1	LR2	RE
Agua	10		10,5		13,9			RE
Energía	33	35	18	27,5	38,4	42,8	LR1	RE
Contaminación	2		9,5		4,33		LR3	LD
Calidad ambiental interior	15	15	14	14	13,8	13,8	Q1	IE
Aspectos sociales y económicos / Gestión	-	-	11,5	11,5	2,78	2,8	Q2	BA / NI / SA / NA


**Figura 2: Dimensiones de cada herramienta agrupadas en grandes áreas y su ponderación relativa.**

En la Tabla 1 y en la Figura 2 se puede observar como BREEAM mantiene un cierto equilibrio en la ponderación de cada área. En cambio, las herramientas de LEED y VERDE, presentan una gran variación en la importancia asignada a las distintas dimensiones, siendo las cuestiones relacionadas con la energía las de mayor peso, mientras que en segundo lugar, para LEED se encuentra el uso de suelo y para VERDE, los materiales.

### Aplicabilidad a la República Argentina

De acuerdo al estudio de metodologías de evaluación de la sustentabilidad descritas anteriormente, que son desarrolladas e implementadas en países con estándares de vida superiores a los de nuestro país, se puede decir que estas herramientas no logran dar una respuesta exacta a las problemáticas propias de la ciudades intermedias, y grandes en nuestro país, situación que se repite en la

mayoría de América Latina.

Es evidente que por lo expuesto, el uso de ciertos criterios de estas metodologías, provenientes de otros países, podrían ser tomadas como punto de partida o referencia, para luego desarrollar herramientas de evaluación, adecuadas a nuestro actual contexto nacional y regional. Consideramos que la metodología CASBEE sería la que mejor se adapta, no obstante, en función de nuestra realidad, es evidente que deben tener un peso relativo mayor en las dimensiones relacionadas con la gestión de los residuos, la contaminación y los indicadores que ponderen los aspectos sociales y económicos, en virtud que en nuestro país estas problemáticas tienen una mayor relevancia que en los países desarrollados, la ponderación del impacto que genera el transporte debería ser más importante, considerando la extensión de nuestro país, el excesivo uso del transporte por carretera, que es el menos eficiente y, además, es muy contaminante.

Por otra parte, deberían tener una menor ponderación relativa los indicadores que cuantifican la calidad del aire interior, en lo que se refiere a revestimientos y accesorios internos con posibilidad de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) y el uso masivo de pinturas al agua, en nuestro país, aún es mayoritario el uso de materiales tradicionales, donde hay pocos elementos que pueden tener emisiones de COV, no está di-

fundido el uso de aberturas con una alta hermeticidad, que disminuye las renovaciones del aire interior. En las regiones de nuestro país, donde el clima, es templado o cálido (las zonas más densamente pobladas de nuestro país), hay hábitos ventilar naturalmente los ambientes, además, del uso mayoritario de aberturas con una pobre hermeticidad, se puede asegurar que existe una muy buena renovación natural del aire interior, lo que disminuye drásticamente, la posibilidad que se presenten estos inconvenientes. Otra dimensión que podría tener menor peso, es la relacionada con la energía, debido a que hay abundantes reservas de distintos tipos de energías y con cuadros tarifarios relevantes, respecto de los ingresos medios, es imprescindible que se generen hábitos de ahorro, de recursos que son abundantes.

## CONCLUSIONES

Realizado el análisis comparativo de las diferentes herramientas, y considerando las grandes diferencias existentes, desde el punto de vista económico, social, político y ambiental, entre distintas naciones, por ello, no parece adecuado pensar que un mismo método de medición de la sustentabilidad en las edificaciones que se pueda aplicar directamente de un país a otro, mientras exista una realidad social, económica y hasta de tecnologías de construcción, muy distinta entre el país donde se origina y el país en donde se pretende aplicar. Por supuesto, es preferible medir deficientemente la sustentabilidad, a no medirla.

Resulta imprescindible que se desarrollen herramientas de evaluación de la sustentabilidad en las construcciones, que partan de estudios de las problemáticas específicas de nuestro país. Pareciendo razonable pensar que los criterios de ponderación deberían poder adaptarse o crearse nuevos, para tener en cuenta los condicionantes ambientales locales y la propia legislación. Los modelos deben ser flexibles, teniendo en cuenta las distintas particularidades climáticas de las distintas regiones del país. Además, es nece-

sario que, con el tiempo, se vayan adaptando a la evolución del desarrollo del país. En la medida que la brecha entre la situación económica de Argentina y los países desarrollados disminuya, las herramientas para evaluar la sustentabilidad edilicia pueden ser mas similares, diferenciándose en las cuestiones que tiene que ver con las particularidades de la construcción de cada país. Así como la sociedad evoluciona, las herramientas para medir la sustentabilidad edilicia y en otros aspectos, deben adaptarse.

Todo esto facilitará la objetivación de los procesos que habrá que considerar a la hora de tomar decisiones, de intervenir para la toma de decisiones, respecto de políticas públicas e intervenciones específicas, allí donde los problemas sean mayores, críticos o más urgentes.

## REFERENCIAS

- [1] Cole, R.J. (2005). Building environmental assessment methods: Redefining intentions and roles. *Building Research & Information*, 33, 455-467.
- [2] Cooper, I. (1999). Which focus for building assessment methods – environmental performance or sustainability?. *Building Research & Information*, 27, 321-331.
- [3] Gibberd, J. (2014). Measuring capability for sustainability: The Built Environment Sustainability Tool (BEST). *Building Research & Information*, 43, 49-61.
- [4] LEED (2009). *New Construction and Major Renovations Rating System. USGBC Member Approved November 2008*. Updated October 2013. Recuperado de: <http://www.usgbc.org/leed>
- [5] BREEAM ES Nueva Construcción (2015). *Manual Técnico*. Updated 2017. Recuperado de: [www.breeam.es](http://www.breeam.es)
- [6] VERDE NE Residencial y Oficinas V 1.c. (2015). *Guía para los Evaluadores Acreditados*. Recuperado de: <http://www.gbce.es/pagina/certificacion-verde>
- [7] CEPAS Comprehensive Environmental Performance Assessment Scheme for Buildings (2006). *Application Guidelines*.

- Recuperado de: <http://www.bd.gov.hk/english/documents/index CEPAS.html>
- [8] CASBEE for Building (New Construction) (2014). *Technical Manual*. Disponible en: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>
- [9] Doan, D.T.; Ghaffarianhoseini, A.; Naismith, N.; Zhang, T.; Ghaffarianhoseini, A.; Tookey, J.A. (2017). Critical comparison of green building rating systems, *Building and Environment*, 123, 243-260.
- [10] Hea, Y.; Kvanb, T.; Liua, M.; Li, B. (2018); How green building rating systems affect designing green, *Building and Environment*, 133, 19-31.
- Di Place, M.; Federovisky, S.; Hardoy, J.E. (1991). Problemas Ambientales en Ciudades Argentinas. *Revista Medio Ambiente y Urbanización*, 37, 3-26, Buenos Aires.
- [11] Macías, M.; García Navarro, J. (2010). Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. *Informes de la Construcción*, 62, 517.
- [12] Ramos Sanz, A. (2009). Trasfondo teórico, confusiones y adaptaciones lejanas de los métodos de evaluación de la sustentabilidad. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, ASADES, 13.
- [13] Banco Interamericano de Desarrollo (2011). *Iniciativa Ciudades Emergentes y Sustentables* (ICES). Recuperado de: <http://www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/iniciativa-ciudades-emergentes-y-sostenibles,6656.html>
- [14] Vapñarsky, C.; Gorojovsky, N. (1990). *El crecimiento urbano en la Argentina*. Grupo Editor Latinoamericano-IIED. Buenos Aires.
- [15] Fernández, R. + T.I.P.U. (2003). *Arquitectura y Ciudad: Del Proyecto al Eco-Proyecto*. Editorial Juan O’Gorman, 42-45, Buenos Aires.
- [16] Fernández, R. (2005). *Ciudades Urbanas, Ausencia de modernidad y apogeo de la postplanificación*. Recuperado de: <http://www.dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2230694.pdf>
- [17] ONU-Habitat (2012). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe, Rumbo a una nueva transición urbana; Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos*. Recuperado de: <http://www.unhabitat.org HS/053/12S>.

# Instrucciones para publicación de trabajos en la RADI

## RESUMEN

Este documento es un extracto para los artículos a ser presentados en la Revista Argentina de Ingeniería. Se recomienda que este resumen contenga no más de 150 palabras. Brevemente y con claridad, debe describirlos objetivos, el planteamiento y las conclusiones del trabajo. No hacer citas bibliográficas y, preferentemente, tampoco introducir acrónimos, ni fórmulas, en el Resumen o en el título del trabajo.

## ABSTRACT

El Resumen también deberá presentarse en inglés.

## PALABRAS CLAVE

Incluir entre 3 y 5 términos, separados por comas. Elija aquellas palabras que permitan la identificación del artículo en la web de la revista. No repetir todo el título, se recomienda que estas palabras estén contenidas en el Resumen.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Revista Argentina de Ingeniería (RADI) recibirá y publicará artículos de autores argentinos y del exterior, siempre que el material presentado responda a distintas secciones que componen cada edición; estas son:

- Gestión Educativa;
- Desarrollo Regional. Vinculación Universidad, Empresa y Estado;
- Ingeniería Sostenible. Energía, Gestión Ambiental y Cambio Climático;
- Biotecnología, Nanotecnología, Bioingeniería y Materiales;
- Tecnología de la Información y Comunicación;
- Forestal, Agronomía y Alimentos;
- Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería;
- Obras y Proyectos de Ingeniería;
- Empresas y Servicios de Ingeniería;
- Ejercicio Profesional de la Ingeniería.
- Diseño en Ingeniería.
- Enseñanza de la Ingeniería;
- Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs).

## DESARROLLO

El título del trabajo no deberá tener más de 12 palabras, de ser necesario, se podrá agregar un subtítulo. Si no se cumple con este requisito, el Editor se reserva el derecho de cambiar el título, respetando el espíritu del trabajo. Debe quedar claro que, un título

para una revista es similar a un título periodístico, no es lo mismo que el título para una publicación académica, que muchas veces lleva varios renglones y conceptos extensos.

El trabajo debe guardar una lógica interna en su formulación y lograr el desarrollo de un tema completo, en una extensión que no debe exceder las ocho (8) páginas, ni tener menos de cuatro (4) páginas, en tamaño A4 (21 x 29,7), incluyendo, figuras, tablas, notas aclaratorias y referencias, no se aceptará el uso de anexos. El texto debe presentarse en el formato de este template.

Las fuentes a utilizar son: letra tipo Arial, en tamaño 11 pt para el texto, en general; en 12 pt para el título principal que deberá estar en mayúscula, ubicado en el margen izquierdo y destacado en negrita; en 12 pt los subtítulos, utilizando la primer letra en mayúscula y el resto en minúscula, marginados a la izquierda y en negrita; en caso de ser necesario el uso de un subtítulo de inferior nivel, utilizar letra tamaño 11pt, en itálica. En un tamaño 8 pt se colocarán: el texto correspondiente a las notas aclaratorias y las citas textuales cuya extensión justifique el uso de un párrafo adentrado.

No utilizar el subrayado y evitar, de ser posible, caracteres en negrita dentro del texto. El interlineado debe ser sencillo, sin separación entre párrafos. Se dejará una línea en blanco, de separación, antes de cada título o subtítulo y el párrafo anterior.

Evitar el uso de las múltiples viñetas con que cuenta que el procesador Word, el trabajo se pasará a un programa de edición, por lo que se solicita enviar el texto lo más sencillo posible.

## ECUACIONES

Si el texto contiene formulas o ecuaciones, las mismas deben estar intercaladas en el texto, en el lugar que corresponda; en ningún caso colocarlas como imágenes. Las ecuaciones menores o definiciones de variables, pueden insertarse directamente en un párrafo, por ejemplo, considérese que se desea definir:  $\mathbf{h}_i^n = w_{i-1}, w_{i-2}, \dots, w_{i-n+1}$  que está asociada a otra variable  $w_i$ . Para insertar ecuaciones más complejas, se recomienda utilizar un formato de párrafo aparte, con el estilo correspondiente:

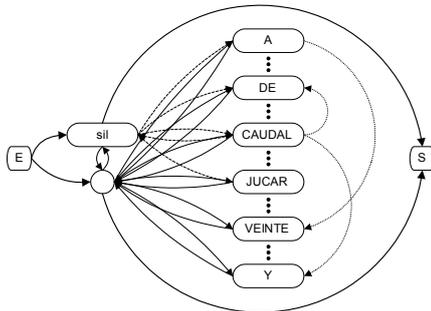
$$\hat{P}_i(w_i | \mathbf{h}_i^k) = \sum_{j=0}^{k-1} \lambda_j \hat{P}(w_i | \mathbf{h}_i^j) \quad (1)$$

En este estilo de ecuación se han fijado dos tabulaciones, la primera centra la ecuación en la columna y

la segunda, justifica a la derecha el número de la ecuación, entre paréntesis. Para hacer referencia a esta ecuación dentro del texto se menciona, por ejemplo, en (1) se puede ver la estimación de la probabilidad de..., a partir de una simple combinación lineal de...

**FIGURAS**

Las figuras deberán estar numeradas consecutivamente, no incluya dentro de ellas epígrafes. El epígrafe se coloca abajo de las figuras en letra Arial, 9 pt, itálica, centrado y cuyo texto debe ser conciso (ver Figura 1). Separar a cada figura de los párrafos anterior y posterior, por medio de una línea en blanco.



**Figura 1: Red para una gramática estándar.**

Las imágenes, fotografías y gráficos deberán ser enviados como archivos adjuntos al trabajo, con la mayor definición y tamaño posible, lo ideal en imágenes y fotos es que cuenten con 300 dpi.

Los gráficos, en lo posible enviarlos vectorizados, de lo contrario exportarlos desde el programa en que se confeccionaron con extensiones JPG o TIFF.

La revista se publica en escala de grises, por lo que se solicita encarecidamente que los gráficos NO SE ENVÍEN EN COLOR, sino en ESCALA DE GRISES.

Si hay dificultades para exportar imágenes y gráficos, enviarlos en el formato del programa en que fueron generados y aclarar qué programa se utilizó, para emplearlo en la edición final, capturando adecuadamente la imagen.

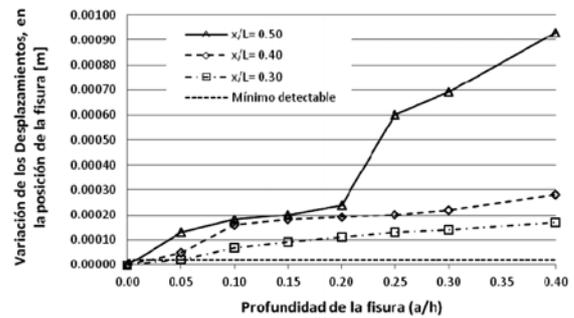
En el archivo de Word, es necesario que se coloquen las imágenes, sin importar la definición empleada, pero siempre anexar la misma imagen, con una buena definición como archivo adjunto. Esto servirá para tener claro el lugar donde el autor quiere insertar la imagen. Se podrá utilizar las dos columnas de la publicación, para colocar una imagen, siempre que sea necesario para tener una apropiada visualización.

Se solicita especial cuidado en las fotografías que se coloquen, las tomadas de internet es posible que tengan Derechos de Autor. Cerciorarse que la imagen es de dominio público o libre uso; de lo contrario, solicitar el

permiso de uso al dueño de la imagen, en caso de no existir esta autorización, no se colocará la imagen.

En figuras y tablas que no sean del autor, deberá citarse la fuente.

En la Figura 2 se puede ver otro tipo de figura, donde se destacan varias regresiones. Si en la figura se utilizan ejes cartesianos, recuerde indicar el nombre de cada eje. No incluya colores en las gráficas, preferentemente, utilice distintos tipos de líneas.



**Figura 2: Relación entre la profundidad de ataque de la corrosión y el ancho máximo de fisuras.**

**TABLAS**

Las tablas no deben repetir información que ya este contenida en las figuras. Estarán numeradas consecutivamente y tendrá su título en la parte superior, utilizando letra Arial 9 pt, itálica, centrado y cuyo texto debe ser conciso (ver Tabla 1). Separar a las tablas de los párrafos anterior y posterior con una línea en blanco. Las tablas confeccionadas en Excel o Word se insertan con el formato de tablas, no como imágenes. Si por alguna razón no se puede pegar en Word como tabla, se pega la imagen pero se manda en un adjunto, el archivo de Excel, para ser procesado con mayor calidad.

**Tabla 1: Resultados finales de los errores de reconocimiento.**

Errores de reconocimiento	SER %	WER %	WAER %	Reducción %WER
Referencia	38,30	7,54	8,53	—
HMM-PASS	30,55	5,36	6,67	28,91
T-PASS	25,50	4,76	5,70	36,87

**CITAS BIBLIOGRÁFICAS**

Las citas bibliográficas se realizan entre corchetes, por ejemplo [1]. Cuando se hacen citas múltiples utilice la coma para separar dos citas [2], [3] o bien la notación de rangos de citas [2]-[5]. No utilice términos particulares antes de la cita, como en la "referencia [2]" o en "Ref. [4]". Las referencias se deben presentar por orden de aparición en el texto. El estilo general para las referencias bibliográficas se muestra con varios ejemplos, ubicados en la sección correspondiente. Observe



estrictamente el estilo propuesto en: la utilización de tipografía, las mayúsculas, la forma de nombrar a los autores, los datos requeridos para libros, revistas y congresos, etc.

Si se cita al autor de una referencia, el número de orden va a continuación de su nombre. Por ejemplo: "Lewis [2], en cambio, considera que...". En el caso de citas textuales, se transcriben entre comillas y se identificará su procedencia, colocando al final del párrafo el número entre corchetes.

#### OTRAS RECOMENDACIONES GENERALES

Defina adecuadamente cada uno de los acrónimos, la primera vez que aparece en el texto (salvo en el Resumen), por ejemplo, relación de grandes masas (RGM). Luego utilice siempre el acrónimo en lugar del término completo.

Recuerde definir cada uno de los símbolos que aparecen en las ecuaciones y aclarar la notación, cuando se utilizan operadores matemáticos especiales o poco comunes.

Observe la utilización de mayúsculas, como regla general se coloca mayúscula en la primera letra de la primera palabra de cada frase y en los nombres propios, tanto en los títulos, como en el texto en general.

#### CONCLUSIONES

En las conclusiones debería presentarse una revisión de los puntos clave del artículo, con especial énfasis en las conclusiones del análisis y discusión de los resultados, que se realizó en las secciones anteriores. Pueden incluirse recomendaciones relacionadas con el trabajo. No debe reproducirse el resumen, en esta sección.

#### AGRADECIMIENTOS

Si los hubiere, diríjlos a quien corresponda.

#### REFERENCIAS

Las referencias bibliográficas deberán colocarse en orden numérico, reduciéndose a las indispensables, conteniendo únicamente las mencionadas en el texto. En función del tipo de publicación, se deberá emplear el siguiente formato:

##### Artículos en publicaciones periódicas:

[1] Czarnicka, E.T.; Gillott, J.E. (1982). Effect of different types of crushers on shape and roughness of aggregates. *Cement, Concrete and Aggregates*, 4(1), 33-36.

[2] Añel Cabanelas, E. (2009). Formación on-line en la universidad. *Revista de Medios y Educación*, 33, 155-163. Recuperado de: <http://www.sav.us.es/pixelbit/pixelbit/articulos/n33/11.pdf>

##### Libros:

[3] Giuliano, G. (2007). *Interrogar la Tecnología. Algunos fundamentos para un análisis crítico*. Nueva Librería. Buenos Aires, 125-130.

##### Capítulos de libros

[4] Boekaerts, M. (2009). La evaluación de las competencias de autorregulación del estudiante. En C. Moneo (coord.), *PISA como excusa: repensar la evaluación para cambiar la enseñanza*(55-69). Graó, Barcelona.

##### Norma:

[5] AENOR (2009). *UNE 216501 Auditorías Energéticas, Requisitos*. Asociación Española de Normalización, Madrid, 14 pp.

##### Monografía:

[6] Sears, F.W.; Zemansky, M.W.; Young, H.D. (1988). *Física universitaria*. Addison-Wesley Iberoamericana.

##### Anales de congresos y seminarios:

[7] Batliner, A.; Kießling, A.; Kompe, R.; Niemann, H.; Nöth, E. (1997). Tempo and its Change in Spontaneous Speech. *Proc. of the 5th European Conference on Speech Communication and Technology*, 2, 763-766.

En el caso que existan notas aclaratorias, se ubicarán al final del texto, antes de las referencias, sin emplear numeración automática; escribir uno por uno los números de las notas y el texto que las acompañan.

En hoja aparte se incluirán el nombre y apellido del/los autor/es y datos de identificación: título académico, cargo, institución a la que pertenece, dirección postal, teléfono, fax y una dirección de correo electrónico de contacto.

Enviar el artículo en formato .rtf a la dirección electrónica: [secretaria@confedi.org.ar](mailto:secretaria@confedi.org.ar).

#### RECEPCIÓN DE TRABAJOS

La recepción de los trabajos se efectuara en forma permanente. El Comité Editorial, previa consulta y evaluación por parte uno o más Evaluadores, decidirá sobre la publicación del material presentado.

El Director de RADi y el Comité Ejecutivo de CONFEDI convocaran a los Evaluadores especialistas de las respectivas disciplinas y, si corresponde, a los Editores Asociados.

#### INFORMES

Consultas, sugerencia o envío de material:

TEL. (54 11) 4952- 4466

E-mails: [radi@confedi.org.ar](mailto:radi@confedi.org.ar)

#### CONSULTAS POR TEMAS GRÁFICOS

E-mail: [alpintos77@hotmail.com](mailto:alpintos77@hotmail.com)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HÍDRICAS



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
Facultad Regional Bahía Blanca



UNIVERSIDAD NACIONAL  
NOROESTE | BUENOS AIRES



Universidad Nacional  
de La Matanza



UCASAL  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA





30  
años