


 **UTN**  
*Universidad Tecnológica Nacional*

 **SCTyP**  
*Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado*



**Rector**  
Ing. **Héctor Brotto**

**Vice-rector**  
Ing. **Carlos E. Fantini**

**Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado**  
Dr. **Walter Legnani**

**Subsecretaría de Posgrado**  
Lic. **Alicia Román**

Actas de las Primeras Jornadas de Intercambio y Difusión de los Resultados de Investigaciones de los Doctorandos en Ingeniería. - 1a ed. - Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional. Rectorado. , 2011. 100 p. : il. ; 23x16 cm.

ISBN 978-950-42-0141-0

1. Ingeniería. Investigación. 2. Actas de Congresos.  
CDD 378.007

*Fecha de catalogación: 29/11/2011*

# Presentación

El nivel de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional es de fundamental importancia para el sostenimiento del sistema científico-tecnológico y la formación continua de los ingenieros dado que apunta a la formación de profesionales del más alto nivel por su relevancia académica, su rol estratégico para el desarrollo científico y tecnológico, su relación con los requerimientos del mundo productivo y la capacidad de agregar valor. Asimismo, constituye el medio más idóneo para mejorar cualitativamente la calidad de la formación de grado y simultáneamente aporta a la consolidación de nuevas áreas de investigación y desarrollo. En esta línea se inscribe la carrera de Doctorado en Ingeniería con sus distintas Menciones: Química, Sistemas de Información, Electrónica, Materiales, Civil-Ambiental, Procesamiento de Señales e Imágenes, Mecánica Teórica y Aplicada, Industrial y Ensayos Estructurales. El crecimiento que ha tenido la Universidad en los últimos años en el área de investigación, se puede verificar en el incremento de unidades académicas que ofrecen el Doctorado en Ingeniería, lo que indica un crecimiento significativo de centros de investigación e investigadores con probada y reconocida trayectoria académica.

Desde la creación de la carrera, el número de estudiantes de doctorado supera los cien (100), con beca y sin ella, concentrándose el 50 % de ellos en los últimos 4 años (2006-2010), lo cual es un dato muy significativo para la Universidad Tecnológica Nacional. Esta significativa cantidad de doctorandos se puede entender en el marco del actual respaldo otorgado a la articulación entre el sistema académico-científico y el económico social. En este sentido la investigación tecnológica de nuestra Universidad tiene la oportunidad de constituirse en uno de los motores de la producción de conocimientos que den respuesta a las demandas de transferencia e innovación del sector socio productivo. Los cincuenta (50) egresados doctores en ingeniería son parte del mencionado proceso.

La realización de las primeras Jornadas de intercambio y difusión de los resultados de investigación de los doctorandos en Ingeniería fueron exitosas en dos sentidos, por la difusión en sí misma de estas investigaciones y por el intercambio generado entre los doctorandos provenientes de distintos puntos del país, que pudieron poner en común las experiencias vividas en termino de las ansiedades, temores y dudas propios del proceso de formación.

Asimismo, permitieron reforzar el diálogo y acortar las distancias espacio-temporales entre los doctorandos y las áreas de gestión de la Universidad.

La calidad de las investigaciones es puesta en evidencia en cada uno de los resúmenes contenidos en esta publicación. Algunos de estos resúmenes, cuando se repitan estas Jornadas, seguramente serán investigaciones concluidas y esto significará que la Universidad contará con nuevos doctores que se integrarán al cuerpo académico y de investigación en alguna de las 29 sedes de la UTN.

Las segundas Jornadas, a realizarse en el año 2012, además de continuar sosteniendo el propósito central de difundir los resultados de las investigaciones, tendrán el objetivo de constituir un espacio de debate y reflexión sobre la actividad científica-tecnológica y sus implicancias sociales, políticas y económicas. La determinación de que estas actividades tengan regularidad en el tiempo es un claro ejemplo del valor que la Universidad le otorga a la formación del más alto nivel académico.



Ing. Héctor Carlos Broto  
Rector

## PRIMERAS JORNADAS DE INTERCAMBIO Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DE LOS DOCTORANDOS EN INGENIERÍA

**Fecha de realización:** 22 y 23 de septiembre de 2010

**Sede:** Facultad Regional Buenos Aires de la UTN

**Pósters:** sesenta y cinco

**Resúmenes y exposiciones:** cincuenta y cinco

### **Exposiciones y expositores invitados:**

*“Estado actual de la Investigación en la Universidad Tecnológica Nacional”*

Dr. Walter Legnani. Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la U.T.N.

*“El posgrado de la UTN en relación a su misión Institucional”*

Dr. Liberto Ércoli. Decano de la Facultad Regional Bahía Blanca. U.T.N.

*“Investigación aplicada a la producción”*

Prof. Isabel Mac Donald. A cargo del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC).  
Agencia Nacional de Promoción Científica Tecnológica.

*“Investigación y colaboración internacional”*

Ing. Águeda Suárez Porto de Menvielle.

Directora Nacional de Relaciones Internacionales del MINCyT.

*“La formación de recursos humanos y la investigación en las Universidades del País Vasco”*

Dr. Juan Carlos Jimeno. Docente Investigador de la Universidad del País Vasco.  
España

*“Formación e Inserción académica y profesional”*

Dra. María Mercedes Canavesio y Dra. María Positieri

### **Programas de Investigación y Desarrollo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado:**

- \* Electrónica, informática y comunicaciones
- \* Energía
- \* Estructuras y construcciones civiles
- \* Ingeniería clínica y bioingeniería
- \* Ingeniería de procesos y productos
- \* Materiales
- \* Medio ambiente, contingencias y desarrollo sustentable

Nómina de participantes, organizados de acuerdo con el programa de I&D+I al que pertenecen sus investigaciones.

---

**1** → ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES 09

---

Alvez, Carlos Eduardo – Facultad Regional Santa Fe  
Araguás, Roberto – Facultad Regional Córdoba  
Bogado, Verónica – Facultad Regional Santa Fe  
Bortolotti, Nicolás – Facultad Regional San Francisco  
Carignano, María Celeste – Facultad Regional Santa Fe  
Chezzi, Carlos – Facultad Regional Santa Fe  
Filipussi, Dino – Facultad Regional Delta  
Gaydou, David – Facultad Regional Córdoba  
Gianetta, Hernán – Facultad Regional Buenos Aires  
González, Rodrigo – Facultad Regional Mendoza  
Lovay, Mónica Andrea – Facultad Regional Villa María  
Lucero, Luis Agustín – Facultad Regional Buenos Aires  
Martínez, Cristian – Facultad Regional Santa Fe  
Moretti, Fabián Norberto – Facultad Regional Buenos Aires  
Pérez Paina, Gonzalo – Facultad Regional Córdoba  
Riva, Guillermo Gastón – Facultad Regional Córdoba  
Roa, Jorge – Facultad Regional Santa Fe  
Rubiolo, Mariano – Facultad Regional Santa Fe  
Schlüter, Federico E. – Facultad Regional Mendoza  
Steiner, Guillermo Max – Facultad Regional Córdoba  
Wainberg, Oscar – Facultad Regional Buenos Aires  
Zerbini, Carlos Alberto – Facultad Regional Córdoba

---

**2** → ENERGÍA 40

---

Dagnino, Eliana Paola – Facultad Regional Resistencia  
Ferreira, Diego Martín – Facultad Regional San Francisco  
Rodríguez, Néstor Hugo – Facultad Regional Rosario

---

**3** → ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES CIVILES 45

---

Domini, Sebastián – Facultad Regional Bahía Blanca  
Guzmán, Alberto Marcelo – Facultad Regional Mendoza  
Piñeyro, Juan Julio – Facultad Regional Delta  
Sánchez Soloaga, Iris – Facultad Regional Córdoba

---

**4** → INGENIERÍA CLÍNICA Y BIOINGENIERÍA 51

---

Belzunce, Martín – Facultad Regional Buenos Aires  
Cymberknop, Leandro – Facultad Regional Buenos Aires  
Llamedo Soria, Mariano – Facultad Regional Buenos Aires

---

**5** → INGENIERÍA DE PROCESOS Y DE PRODUCTOS 57

---

Agú, Ulises – Facultad Regional Córdoba  
Álvarez, Dolores María Eugenia – Facultad Regional Córdoba  
Azzolina Jury, Federico – Facultad Regional Córdoba  
Cánepa, Analía – Facultad Regional Córdoba  
Carazo Rodríguez, Fernando – Facultad Regional Córdoba  
Chanquía, Corina – Facultad Regional Córdoba  
Elías, Verónica – Facultad Regional Córdoba  
Gardey Merino, María Celeste – Facultad Regional Mendoza  
Godoy, Ezequiel – Facultad Regional Rosario  
Gómez, Silvina del Valle – Facultad Regional Córdoba  
Heredia, Angélica Constanza – Facultad Regional Córdoba  
Leal Marchena, Candelaria – Facultad Regional Córdoba  
Lerici, Laura Carolina – Facultad Regional Córdoba  
Mores, Patricia Liliana – Facultad Regional Rosario  
Vaschetto, Eliana – Facultad Regional Córdoba

---

**6** → MATERIALES 76

---

Bálsamo, Nancy Florentina – Facultad Regional Córdoba  
Canosa, Guadalupe – Facultad Regional La Plata  
Dalibon Bähler, Eugenia – Fac. Regional Concepción del Uruguay  
Legnoverde Rey, María Soledad – Facultad Regional La Plata  
Luna D'amicis, Froilan Andrés – Facultad Regional Córdoba  
Mendieta, Silvia Nazaret – Facultad Regional Córdoba  
Ortiz, Mariela Gisela – Facultad Regional La Plata  
Peirani, María Valeria – Facultad Regional San Nicolás  
Sosa Zitto, María Alexandra – Fac. Regional Concepción del Uruguay  
Torrán, Eduardo Antonio – Fac. Regional Concepción del Uruguay  
Vaca, Laura Silvia – Facultad Regional Concepción del Uruguay  
Valentini, Marcelo – Facultad Regional San Nicolás

---

**7** → MEDIO AMBIENTE, CONTINGENCIAS Y DESARROLLO SUSTENTABLE 90

---

Allende, David – Facultad Regional Mendoza  
Castesana, Paula Soledad – Facultad Regional Buenos Aires  
Garat, María Eugenia – Facultad Regional Concordia  
Godoy, Sandra – Facultad Regional Rosario  
Sequeira, Martín – Facultad Regional Bahía Blanca  
Stoklas, Cecilia – Facultad Regional Bahía Blanca

---

## ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES

---

### Alcances del Programa:

Electrónica Profesional y de Consumo; Control Automático; Informática y Ciencias de la Computación; Electro medicina y Equipamiento de Apoyo Médico; Comunicaciones en todas sus formas: Radio; Radiodifusión; TV; Telefonía; Radio Enlaces: Terrestres y Satelitales, a través de ondas electromagnéticas o por medios ópticos, etc., propendiendo a la búsqueda de excelencia en los resultados en un marco de coherencia en los esfuerzos y equidad en el uso de los recursos disponibles

---

## Recuperación de imágenes por similitud en ORDBMS basada en contenido semántico y de bajo nivel

**Doctorando: Carlos Eduardo Alvez.** [caralv@fcad.uner.edu.ar](mailto:caralv@fcad.uner.edu.ar)

Director: Dr. Aldo Vecchietti

Grupo de Investigación de Base de Datos, UNER - Facultad de Ciencias de la Administración

En este trabajo, se propone una arquitectura para la recuperación de imágenes en un Sistema de Gestión de Bases de Datos Objeto-Relacionales. Esta arquitectura tiene tres niveles: basado en contenido, semántico y una interfase que los integra. De esta manera combina el uso de descriptores de bajo nivel y metadatos semánticos para la búsqueda de imágenes por similitud. Se construyó una infraestructura de UDTs (*User Defined Types*) y operadores en Oracle 11g para gestionar las imágenes y sus características. La infraestructura puede ser adaptada fácilmente para aplicaciones de dominios específicos. La arquitectura propuesta muestra que los Sistemas de Gestión de Bases de Datos Objeto-Relacionales proveen todas las herramientas necesarias para el desarrollo de sistemas de recuperación de imágenes basado en semántica y contenido de bajo nivel. Estas capacidades se pueden ver en un caso de estudio donde se utilizaron descriptores de bajo nivel basados en el estándar Mpeg-7: se utilizaron Dominant Color (DCD),

Color Layout (CLD), Scalable Color (SCD) y Edge Histogram (EHD). La extracción y carga de estos descriptores se realizaron mediante wrappers Java y PL/SQL que vinculan con la librería LIRe. Los datos semánticos fueron ingresados mediante tripletas RDF (Resource Description Framework) utilizando herramientas "Semantic Technologies" de Oracle 11g. Para el desarrollo de experimentos, se construyó un conjunto de testeo ("ground truth set") para imágenes y se propuso la tasa media de recuperación (ARR) como indicador de efectividad. Este esquema fue utilizado para implementar un caso de estudio de vehículos, simple pero genérico. Utilizando la ontología de referencia se cargaron datos semánticos de las imágenes en la base de datos. Se ejecutaron un total de 240 consultas y los resultados obtenidos del esquema propuesto mostraron una mejora importante en la búsqueda de imágenes por similitud como se muestra en la Tabla 1. En la Fig. 1 se muestran los resultados obtenidos con el descriptor *Scalable Color Descriptor*.

	<b>SCD</b>	<b>CLD</b>	<b>DCD</b>	<b>EHD</b>
Consultas por contenido de bajo nivel	0.290816	0.105442	0.068027	0.097506
Consultas semánticas y por contenido de bajo nivel	0.450397	0.321429	0.265873	0.321145

Table 1. ARR values obtained with queries performed





**Fig. 1.** Resultados obtenidos con el descriptor SCD. La imagen de la izquierda de cada fila es la que se quiere consultar, las que siguen a la derecha son las más relevantes que se obtuvieron como resultado.

#### Referencias

1. Alvez C. E., Vecchietti A. R., Combining Semantic and Content Based Image Retrieval in ORDBMS. R. Setchi et al. (Eds.): KES 2010, Part II, LNAI 6277, pp. 44--53. Springer, Heidelberg (2010).
2. Alvez C. and Vecchietti A., "A model for similarity image search based on object-relational database". IV Congresso da Academia Trinacional de Ciências, 7 a 9 de Outubro de 2009 - Foz do Iguazu - Paraná / Brasil (2009).

---

## Un Modelo de Soporte al Análisis de Arquitecturas de Software Mediante Simulación de Eventos Discretos

**Doctoranda: Verónica Bogado.** [vbogado@santafe-conicet.gov.ar](mailto:vbogado@santafe-conicet.gov.ar)

---

Director: Dr. Horacio Leone – Co-Director: Dr. Silvio Gonnet  
*Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR) CONICET- UTN – Santa Fe*

---

Actualmente, en la industria de software se sabe que los productos obtenidos en las primeras etapas del desarrollo del software, como ser la especificación de los requerimientos y el diseño de la arquitectura del software, son claves para la calidad del producto final.

La arquitectura del software proporciona una base para estudiar la calidad del producto tempranamente, pudiendo prevenir fallas o defectos, reduciendo los costos. En la literatura existen diferentes propuestas para analizar en forma cuantitativa y cualitativa atributos de calidad. Sin embargo, las mismas no han sido desarrolladas como subclases

del formalismo de la Teoría de Sistemas. Por otro lado, realizar dicho análisis, más si se desea efectuar un "trade-off" entre atributos de calidad, requiere que el arquitecto adquiera conocimiento de diferentes técnicas dispares en uso y aplicación, resultando a las empresas dificultoso hallar recursos humanos con "know-how" necesario. Por tales motivos, resulta imprescindible el desarrollo de métodos y herramientas ingenieriles que den soporte al arquitecto en la etapa de diseño, enmarcados en un formalismo basado en la teoría de sistema que proporcione flexibilidad al modelo.

**Objetivo:** desarrollar un modelo de simu-

lación de productos de software en etapa temprana a la construcción de los mismos, empleando la arquitectura, permitiendo el estudio del comportamiento para obtener medidas que permitan validar atributos de calidad, especificados en los requerimientos del software, visibles en tiempo de ejecución.

**Desarrollo propuesto:** un proceso iterativo e incremental, siendo las etapas más importantes:

1. Definición del dominio y alcance del problema (arquitectura de software, atributos de calidad).
2. Conceptualización: desarrollo de un modelo que permita la representación de la arquitectura de software y soporte actividades de evaluación del diseño obtenido.
3. Formalización: transformación del modelo conceptual a un modelo de simulación, obteniendo una jerarquía de especificaciones de modelos Discrete Event System Specification (DEVS).
4. Implementación de un ambiente prototipo: para validar los conceptos desarrollados.
5. Desarrollo de casos de estudio hipotéticos o ejemplificativos.

**Resultados actuales:** durante el desarrollo del trabajo se ha obtenido un modelo conceptual que permite capturar información tanto de los elementos que intervienen en una arquitectura de software, una solución propuesta por un diseñador para un sistema dado, como información referida al comportamiento, reflejando requerimientos funcionales, y

valores cuantitativos que permitan analizar atributos de calidad, disponiendo información necesaria para validar diferentes escenarios.

Para complementar el modelo se utilizó el formalismo DEVS, incorporando las ventajas de la simulación modular y jerárquica en el contexto de diseño arquitectónico. Dicho formalismo, provee un gran poder de expresión, abstracción y estructuración, lo cual se ajusta naturalmente a la forma en que los conceptos del dominio arquitectónico se relacionan, y a diferencia de otras herramientas de simulación permite mantener el modelo desacoplado del simulador brindando flexibilidad. Siguiendo estos principios, se especificaron los conceptos básicos del modelo que captura la información referida a la arquitectura de software, obteniendo así elementos para el modelo de simulación del formalismo propuesto.

**Trabajos futuros:** agregar al modelo de simulación elementos que representen conceptos complejos del dominio arquitectónico, como ser componentes compuestos y patrones, especificando los modelos DEVS correspondientes e implementándolos. Además, resulta interesante profundizar sobre los aspectos cuantitativos del modelo arquitectónico, incorporando parámetros relevantes en los bloques del modelo de simulación para poder evaluar atributos visibles en tiempo de ejecución.

---

## EXAVAR: Análisis de Variabilidad de Productos de Software

**Doctorando:** Nicolás Bortolotti. [nbortolotti@santafe-conicet.gov.ar](mailto:nbortolotti@santafe-conicet.gov.ar)

---

Director: Dr. Horacio Leone – Co-Director: Dr. Silvio Gonnet  
Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR) CONICET- UTN – Santa Fe

---

Existe una tendencia mundial en las organizaciones productoras de software

hacia el desarrollo y evolución de familias de productos en lugar de la cre-

ación de un producto de software para un cliente específico. Sin embargo, los productos de software existentes generalmente carecen de una arquitectura documentada que reflejen la arquitectura realmente implementada, esta problemática impide la realización de un análisis enfocado al reuso y variabilidad de los productos. Para brindar soporte al proceso de análisis de los artefactos existentes y la definición de puntos de variación y sus variantes, el presente trabajo propone emplear técnicas de reconstrucción arquitectónicas, basadas en ingeniería reversa de software, para luego analizar las dependencias entre los elementos de software, siguiendo una perspectiva top-down, desde la presentación del producto.

#### **Método Exavar**

La propuesta de exavar consiste en aplicar ingeniería reversa a los ensamblados de productos para luego poder representar arquitectónicamente un producto de software.

Con estas actividades se persigue acercar la resolución de la problemática de inconsistencia arquitectónica entre la documentación y el activo del producto de software. Luego, es posible abordar un enfoque “topdown” para analizar las capas de presentación de los produc-

tos, capa estrechamente ligada a los distintos ambientes de interacción, y finalmente brindar soporte a la detección de puntos de variabilidad que permitan una transición arquitectónica suave de crecimiento a una posible familia de productos de software.

Exavar propone un método conformado por tres fases: a) fase de incorporación, b) fase de análisis, y c) fase de retroalimentación. Cada una de estas fases se compone de actividades que están soportadas por dos modelos de representación, uno de código fuente y otro de representación de la variabilidad.

#### **Resultados Actuales**

Se lograron resultados exitosos en los casos de estudio implementados como la plataforma “Ecommerce Suite” y una solución de egovernment TownNet Suite, donde se encontraron puntos de variaciones fuertes y débiles, que representan una gran utilidad a la toma de decisiones de los ingenieros de software implicados en los proyectos de desarrollo de software.

Se cuenta con un prototipo de herramienta que permite modelar utilizando los conceptos de Exavar. Además se cuenta con un conjunto de herramientas que permiten poner en funcionamiento el método en ambientes industriales.

---

## **Representación y Recuperación de las Decisiones de Diseño de Arquitecturas de Software**

**Doctoranda: María Celeste Carignano. [celestec@santafe-conicet.gov.ar](mailto:celestec@santafe-conicet.gov.ar)**

Director: Dr. Horacio Leone – Co-Director: Dr. Silvio Gonnert  
*Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR) CONICET- UTN – Santa Fe*

---

#### **Objetivo:**

El objetivo principal de este trabajo de investigación es la definición de uno o varios mecanismos que permitan recuperar el conocimiento capturado duran-

te el diseño de arquitecturas de software con el propósito de que sea de utilidad para quienes lo consultan. Para definir dichos mecanismos será necesario previamente explicitar un modelo para la

representación del razonamiento en el diseño arquitectónico que permita capturar el conocimiento necesario.

**Resultados Actuales:** Durante el período de investigación se definió un modelo para representar el razonamiento realizado durante el diseño arquitectónico de un sistema de software.

Un concepto clave en esta línea son las decisiones de diseño arquitectónico, por lo que el modelo desarrollado incluye dicho concepto y está enriquecido con diversos aspectos que el arquitecto debe tener en cuenta al momento de diseñar una arquitectura: los requerimientos de los “*stakeholders*” que originan el diseño arquitectónico, las diferentes alternativas analizadas por los arquitectos, los fundamentos asociados a dichas decisiones y los productos arquitectónicos resultantes del proceso mencionado.

Para la representación de este modelo se utilizó el paradigma de objetos utilizando *Unified Modeling Language (UML)* como lenguaje de modelado de los conceptos involucrados, y *Object Constraint Language (OCL)* como lenguaje de restricciones para definir las reglas que las instancias del modelo deben satisfacer para ser válidas.

También, se trabajó sobre una técnica para recuperar el razonamiento capturado utilizando el modelo creado, de manera que sea útil al momento de

comenzar con el diseño de la arquitectura de un nuevo sistema. Se utilizó la técnica de *Razonamiento Basado en Casos* para materializar la recuperación.

Finalmente, para realizar la validación de manera más ágil de los dos puntos previamente descritos se desarrolló una extensión de la herramienta *Eclipse* (a la cuál se llamó *RADS: Reuse Architectural Design Solutions*), utilizando el lenguaje Java. Esta herramienta se encuentra integrada con el plugin *Rational Software Architect*, que permite diseñar la arquitectura de forma gráfica utilizando *UML 2.0* y con la librería *ILOG CPLEX* que permite realizar el cálculo de optimización para obtener los casos similares.

**Trabajos Futuros:** Los trabajos futuros tienen el objetivo de:

- Validar el modelo de representación y la técnica de recuperación. Esta validación será realizada con casos de estudio de la industria, que serán obtenidos de una empresa de desarrollo de software local.
- Ampliar el modelo de representación con conceptos relacionados a las restricciones impuestas por los “*stakeholders*” durante el desarrollo de un sistema, las cuales impactan en la arquitectura resultante.
- Actualizar la herramienta *RADS* con los resultados de los puntos anteriores.

---

## Modelado y Simulación de Desempeño de Procesos de Comercio Electrónico

**Doctorando: Carlos María Chezzi.** [carlos\\_chezzi@frcon.utn.edu.ar](mailto:carlos_chezzi@frcon.utn.edu.ar)

---

Directora: Dra. Ana Rosa Tymoschuk

*Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Sistemas de Información (CIDISI),*

*UTN – Facultad Regional Santa Fe*

---

Las tecnologías informáticas, de comunicaciones e Internet ofrecen recursos para diseñar arquitecturas de servicios

Web, como plataformas de soporte a las transacciones de comercio electrónico. Sin embargo, la implementación de es-

tas tecnologías no garantiza la rentabilidad del negocio. Esto exige contar con plataformas tecnológicas informáticas y de comunicaciones que aseguren la calidad del servicio con una navegación dinámica y a su vez planificar procesos de negocios que generen la rentabilidad necesaria como recupero del costo de inversión.

La simulación en el proceso de negocios es una herramienta utilizada para comprender la esencia del sistema de negocios, identificar oportunidades para el cambio y evaluar el impacto de las variaciones propuestas sobre métricas de desempeño. A través de ella es posible experimentar configuraciones alternativas de negocios, como evaluación previa a la implementación y orientar las decisiones sobre las inversiones y los potenciales beneficios. El problema es disponer de modelos de simulación que representen de modo integrado la tecnología y las estrategias de negocios. Por ello, el trabajo de tesis plantea el desarrollo de modelos de procesos de comercio electrónico, con el fin de obtener métricas integradas de negocio y tecnológicas, para predecir comportamientos mediante simulación y analizar la rentabilidad de las inversiones.

Además, los modelos actuales de organizaciones requieren de vinculación entre ellas a través de redes de asociados para mejorar los objetivos de negocios. Por tanto, las aplicaciones de comercio electrónico necesitan de un sitio Web y también de una arquitectura dinámica que integre e intercambie datos con otras aplicaciones, cuya ejecución soporte plataformas heterogéneas con un alto grado de interconexión de operaciones. Una propuesta a nivel de negocios para modelado, integración y automatización de operaciones es la orientada a servicios; una tecnología que soporta Arqui-

tecturas Orientadas a Servicios es la de Web services y en este sentido el desarrollo de aplicaciones que describen las funcionalidades de negocios basados en transacciones electrónicas distribuidas. Por este fin, se proponen modelos de simulación del proceso de comercio electrónico como conjunto de estados, eventos y funciones que representan el comportamiento aleatorio de las transacciones entre clientes, vendedores y asociados en un entorno virtual.

En este enfoque cada transacción es un estado que puede cambiar por la acción de un cliente (evento). A través de máquinas de transición de estados se construye un grafo con transacciones (estados) y posibles caminos entre estados (transiciones). Completa esta descripción la estructura de los recursos de software y hardware del sistema, representados como redes de cola, para obtener las métricas de performance.

El formalismo Discrete Event System Specification (DEVS), que especifica matemáticamente objetos (sistemas) a través de su representación modular y jerárquica, brinda un entorno de modelado para simulación de sistemas con manejo de complejidad y con un diseño orientado a objetos. Los modelos propuestos consideran los subprocesos: Gestión del Sitio Web, Orden y Facturación, Pago, Despacho de Productos y se evalúan de acuerdo a un framework integrado de métricas tecnológicas y de negocios. Dichos modelos se formalizan en DEVS, se implementan en la herramienta DEVS-JAVA y se simulan para diferentes escenarios de cargas de trabajo y características de recursos informáticos. La planificación de la simulación obedece a un diseño de experimentos estadístico. Para validar los modelos se compara el desarrollo con herramientas de modelado teórico

como Redes de Colas y la verificación se efectúa con la contrastación de resultados de procesos de comercio electrónico implementados en una herramienta BPEL. Con respecto a las salidas de simulación, se analizan sobre la base del framework de métricas y se replantean los modelos con la aplicación del algoritmo de búsqueda de configuraciones

favorables. De este modo se logra planificar la capacidad de los sistemas estudiados, garantizar calidad de servicio y demostrar rentabilidad. Se aplica esta metodología de modelado, simulación y experimentación a sistemas de comercio electrónico de distinta complejidad, enfatizando ambientes distribuidos y tecnologías de servicios Web.

---

## **Análisis de señales de emisión acústica y su relación con fuentes y sensores**

**Doctorando: Dino Filipussi - [filipuss@cnea.gov.ar](mailto:filipuss@cnea.gov.ar)**

Director: Dr. José Ruzzante. Co-Directora: Dra. Rosa Piotrkowski  
*Comisión Nacional de Energía Atómica - Proyecto Ices – Grupo Ondas Elásticas*

---

En geofísica se describen las fallas sísmicas y el campo de deformación de la tierra con modelos matemáticos basados en principios de la teoría de la elasticidad de los medios continuos. Estos modelos permiten calcular la amplitud del desplazamiento del material a campo lejano, lugar donde la señal emitida por la falla es detectada. Esta metodología de análisis se toma como referencia en esta tesis para describir la forma de onda de las señales detectadas por la técnica de Emisión Acústica (EA) en el caso de fracturas en materiales. Esto es posible pues la emisión acústica opera sobre distintas escalas espaciales y temporales abarcando desde la ruptura de ligaduras atómicas a fallas sísmicas. Por ello la información sísmica y la emisión acústica son complementarias tanto en sus aplicaciones como en su base teórica.

Nuestro enfoque se basa en un modelo que presupone conocida las características de la discontinuidad del desplazamiento en el plano de fractura, considerado como un foco extenso de forma rectangular. El desplazamiento obser-

vado en un punto lejano es modelado por una representación integral para un medio elástico, homogéneo e isótropo. La solución es formulada en términos de la función de Green que tiene en cuenta la propagación de la onda elástica en el medio material desde la fuente hasta el punto de observación. A partir del espectro del campo de desplazamiento del medio material en un punto lejano del mismo, se determina la señal a la entrada de un detector piezoeléctrico. Para dar cuenta de la influencia del detector se realiza la convolución en el dominio de tiempo de la señal producida por la fractura y la respuesta del sensor a un impulso. El sensor piezoeléctrico es modelado como un sistema tipo filtro pasa-banda y sus parámetros son ajustados con la respuesta en frecuencia de un sensor real. La señal a la salida del sensor representa adecuadamente la tendencia de un evento de EA real. El tiempo de subida así como la duración de la señal de salida quedan determinados por parámetros de la fuente de fractura.

El modelo presentado permite predecir



la señal detectada cuando se varían los parámetros de la fuente tales como tamaño de la fractura, cambios de ductilidad del material, cambio del ángulo de detección así también como cambios en el tipo de sensor (ancho de banda y frecuencia de resonancia). Predice también el tamaño de fractura en materiales a partir del análisis espectral de la señal de EA. Se obtiene que el espectro del campo de desplazamiento del medio material en un punto lejano del mismo presenta una frecuencia esquina; ésta se define en la zona intermedia del espectro de la señal de EA como la intersección de las tendencias a baja y alta frecuencia. Se prueba que hay una relación de proporcionalidad inversa entre

la frecuencia esquina y el tamaño de la fractura del material. La constante de proporcionalidad depende de la velocidad del sonido en el material, si éste es dúctil o frágil y del ángulo de detección de la señal. La frecuencia esquina resulta ser un parámetro del evento de EA que predice la longitud característica de la fractura.

Hasta el momento los resultados del modelo se ajustaron adecuadamente a resultados experimentales con muestras de acero. Se pondrá a prueba la validez de la simulación de la señal obtenida comparando con resultados experimentales con muestras de material acrílico sometidas a tracción hasta la rotura.

---

## Sistema para Navegación Autónoma de UAV en ambientes exteriores semiestructurados integrando información de percepción visual

**Doctorando: David Alejandro Gaydou. [dgaydou@gmail.com](mailto:dgaydou@gmail.com)**

Director: Dr. Luis Canali - Co-Directores: Dr. Miguel Re y Dr. Julián Pucheta

*Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII) – UTN – Facultad Regional Córdoba*

---

### 1. Motivación

Los vehículos voladores no tripulado, conocidos por sus siglas en inglés UAV (Unmanned Aerial Vehicle), pueden ser aeronaves de ala fija o rotante o incluso cohetes. Estos vehículos vuelan pilotados en forma remota o de manera autónoma. Aquellos UAV capaces de realizar vuelos estáticos como los helicópteros o los denominados cuatrirrotores, presentan particular interés para ciertas aplicaciones que requieren vuelos de baja altitud, entre obstáculos o incluso en espacios cerrados. Los vuelos a baja altura en ambientes con obstáculos representan un alto riesgo para las vidas de los pilotos, por esto que los vehículos no tripulados des-

piertan mucho interés en aplicaciones como inspección de edificios, inspección de líneas de alta tensión, tareas de rescate en zona de desastres o de alta montaña, filmación, etc. Otra razón por la que estos vehículos resultan atractivos es por su bajo costo de operación. En el pasado, el uso de UAVs ha estado mayormente relacionado a aplicaciones militares. En la actualidad el interés por los sistemas UAV es creciente en la dirección de aplicaciones civiles; esto como consecuencia de la reducción de costos de las tecnologías involucradas.

### 2. Desafío

En forma sintética la navegación de aeronaves implica la resolución eficiente y segura de cuatro tareas: toma

de decisiones, percepción de obstáculos, estimación del estado de la aeronave (posición, velocidades y actitud) y control de la aeronave. En la actualidad, tanto en el ámbito militar como comercial, estas tareas se resuelven satisfactoriamente en tanto y en cuanto junto a los sistemas de automatización interactúan pilotos humanos complementando aquellos aspectos en que la técnica aún no está lo suficientemente avanzada, como ser la percepción y evasión de obstáculos. Aquí se encuentra el principal desafío para permitir la introducción de UAVs en espacios aéreos no restringidos.

### 2.1. Control de helicópteros

Luego de varias décadas de estudio de la problemática del control de helicópteros, los modelos dinámicos están bien logrados, esto sumado al desarrollo de técnicas de control refinadas permiten en la actualidad, que los pequeños UAV se mantengan estabilizados aun en maniobras extremadamente agresivas. En lo que hace a la estructuración del controlador de bajo nivel, en la actualidad se aplica casi con exclusividad el método de control en cascada, donde un lazo interno estabiliza el helicóptero y desacopla las variables de estado que controlan la actitud de la aeronave y el lazo exterior es empleado para el guiado, generando los comandos de velocidad para el lazo interno. En el lazo interno se retroalimentan los estados sensados a partir de unidades inerciales en las cuales se fusionan datos provenientes de acelerómetros, giróscopos y magnetómetros.

### 2.2. Sistemas autónomos

**Percepción** En la obtención de la posición y orientación del vehículo en un marco de referencias global los pequeños UAVs utilizan en general los sistemas de posicionamiento global

(GPS), cámaras, sensores ultrasónicos, escáners láser, etc.

En la planificación de trayectorias normalmente se utiliza el conocimiento a priori del ambiente en que se desenvuelve el robot, particularmente en el caso de los helicópteros, que mayormente vuelan en espacios exteriores, se utilizan mapas GIS (Geographic Information System) aplicando las restricciones necesarias. El proceso del cálculo de la trayectoria se realiza previo al inicio de la misión, empleando algoritmos como PRM (Probabilistic Random Mapping) o RRT (Rapidexploring Random Trees) o diagramas de Voronoi, etc.

**Evasión** Los helicópteros vuelan en general en ambientes semiestructurados, o aún en lugares de los que no se tiene conocimiento a priori de la ubicación de los objetos. Aquí juega un rol fundamental en la autonomía del robot poder detectar y eludir de manera segura los obstáculos. Para ello se encadenan procesos que comienzan con los sistemas de percepción (cámara, radares, escáners, etc.), los algoritmos de procesamiento de la información que determinan la distancia a los obstáculos y los caminos libres, y finalmente intervienen algoritmos de replanificación de trayectoria que generan nuevos caminos para el movimiento del robot teniendo en cuenta la dinámica del vehículo y apartándose lo mínimo necesario de la ruta originalmente planificada.

### 3. Objetivos

Desarrollar un sistema de navegación autónomo para helicóptero aplicable al vuelo en ambientes no estructurados que integre información proveniente de sensores de percepción visual a fin de robustecer la localización y posibilitar la replanificación de trayectorias en forma dinámica para la evasión de obstáculos combinando técnicas de navegación y



control de bajo nivel en forma novedosa, para obtener una solución integrada y eficiente que permita al robot moverse de manera autónoma actuando de forma continua sobre las velocidades en cada uno de sus grados de libertad a fin de que pueda realizar maniobras agresivas.

#### 4. Actividades y Resultados

Actualmente se trabaja en la construcción y puesta a punto de una plataforma de experimentación tipo cuatrirrotor de 50 cm de lado. Para los ensayos de software y testeado de algoritmos se construyó un montaje que emula el modelo PVTOL (Plannar Vertical Take-Off and Landing) restringiendo los grados de libertad a 3 (x,y,roll); sobre este montaje se ajustan los sensores inerciales (acelerómetros y giróscopos de estado sólido) para medir

la inclinación y las aceleraciones laterales y verticales a la vez que se ensayan algoritmos de flujo óptico a través de imágenes captadas por cámaras montadas en los extremos a fin de obtener información de altura y posición lateral. A partir de la linealización del modelo dinámico del montaje se implementa un lazo de control tipo regulador a cero con compensador PID.

Los resultados experimentales muestran que es posible estabilizar el montaje en vuelo estático a partir de la información de inclinación de los sensores inerciales (lazo rápido) y corregir derivas usando la información del flujo óptico. Se pretende testear este sistema en la plataforma cuatrirrotor en corto plazo, agregando además la fusión de datos inerciales y ópticos.

---

## Primeros resultados de simulación y fabricación de un sensor MEMS de imágenes infrarrojas

**Doctorando: Hernán Giannetta. [hgiann@inti.gov.ar](mailto:hgiann@inti.gov.ar)**

Directora: Dra. Liliana Fraigi

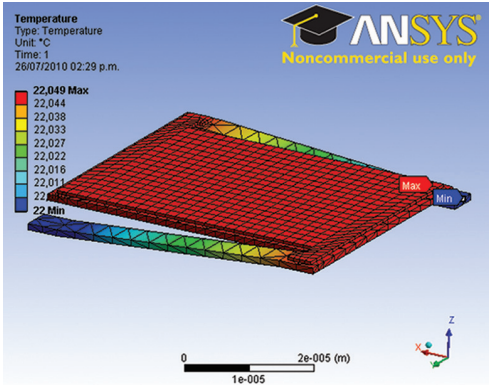
*Dpto. de Electrónica, FRBA, UTN - UT. Micro y Nano Sistemas -INTI Electrónica e Informática*

---

El estudio del espectro electromagnético es un campo extenso de investigación en la actualidad, y en particular la banda del infrarrojo, por su inherente importancia para la vida humana. Para tal fin se han desarrollado diversos sensores de imágenes infrarrojos, entre los cuales se encuentran los Microbolómetro, que poseen la particularidad de operar a temperatura ambiente sin refrigeración criogénica, utilizando para su cuantificación el principio de medición del tipo Termo-Resistivo.

La primera etapa del estudio consistió en la obtención de las ecuaciones de balance térmico que intervienen en el

proceso de medición del elemento sensor unitario (pixel) que conformará luego la matriz completa del sensor de imágenes IR. Luego se procedió a la simulación del diseño por elementos finitos, utilizando el software ANSYS, para optimizar la geometría del pixel y evaluando las características de los diversos materiales a ser utilizados durante su posterior fabricación. Los resultados obtenidos de la simulación demuestran una fuerte dependencia de la geometría del microsensado con respecto al umbral de ruido térmico obtenido, lo cual redundará en una mayor sensibilidad del dispositivo a desarrollar.



Posteriormente se procedió a la fabricación de la microestructura por procesos MEMS (Micro Electro-Mechanical System) utilizando como sustrato una oblea de silicio nitrurada en una sola de

sus caras, lo cual nos permitirá estudiar las características morfológicas, estructurales y funcionales de los materiales empleados.

El proceso MEMS incluyó desde el diseño y la fabricación de las máscaras empleadas en la litografía de las microestructuras, la conformación por ataque húmedo (Wet Etch), y la deposición de la película sensora por sputtering PVD (deposición física de fase vapor). El material utilizado como película sensora fue el VO<sub>2</sub> (dióxido de vanadio), por su elevado coeficiente térmico de resistencia (TCR).

Actualmente se encuentra bajo estudio la caracterización de los materiales y microestructuras fabricadas en los procesos MEMS de la sala limpia del INTI.

## Algoritmo de filtro de Kalman para bajos consumos en FPGA

**Doctorando: Rodrigo González. [rodraz@frm.utn.edu.ar](mailto:rodraz@frm.utn.edu.ar)**

Directores: Daniel Patiño y Gustavo Sutter

Laboratorio de Computación Reconfigurable, Dpto. Electrónica. UTN – Facultad Regional Mendoza

El filtro de Kalman (FK) es un algoritmo computacional muy empleado en sistemas de control y procesamiento de señales, presente en muchos dispositivos electrónicos usados en la industria y en nuestra vida cotidiana. Utilizado en control avanzado, filtrado, estimación, identificación, fusión sensorial y predicción de sistemas dinámicos complejos, como procesos de manufactura, control de trayectoria de satélites, sistemas de comunicación, entre otros.

El FK es un estimador del estado instantáneo de un sistema lineal dinámico perturbado por ruido blanco.

Dicho estado puede ser estimado a partir de mediciones indirectas. El estimador resultante es óptimo con respecto a un funcional de tipo cuadrático de la estima

del error. El filtro de Kalman extendido (FKE) es una versión del FK para sistemas no lineales. Una versión más avanzada del FK no lineal es la basada en redes neuronales artificiales (FKRN), la cual además de estimar los estados del sistema puede identificar su modelo.

Si bien el FK y las versiones mencionadas son herramientas muy útiles, se requiere de un poder computacional notable para llevarlas a la práctica.

El FK discreto involucra, en cada intervalo de muestreo, el cómputo de operaciones matemáticas como multiplicación y suma de matrices, y la obtención de la inversa de una matriz.

El FKE agrega complejidad al algoritmo siendo necesario la linealización de ciertas matrices, lo que requiere del cálculo

de derivadas parciales respecto a los estados del sistema. El FKRN además precisa del cálculo de una función trascendental, como la tangente hiperbólica, para modelar la función de activación de una neurona. La carga computacional aumenta cuando se requiere de una determinada precisión dada por números en formato de punto flotante.

Circuitos de lógica reconfigurable como los FPGAs (Field Programmable Gate Array) son una muy buena alternativa para implementar algoritmos complejos como el FK, debido a que su ejecución se realiza en forma paralela, mejorando notablemente su tiempo de ejecución respecto a un microprocesador, el cual ejecuta los algoritmos inherentemente en forma secuencial.

Lamentablemente los FPGA presentan consumo de potencia y energía elevados comparados con los de un microprocesador, de un orden de magnitud mayor para la misma aplicación. Conseguir bajos consumos en un FPGA es un tema, en general, abierto de mucho interés actual, principalmente entre sistemas que requieren de una elevada autonomía, como robots móviles y aéreos autónomos.

Por lo expuesto, motiva este proyecto el desarrollo de una metodología de diseño de FK, FKE y FKRN, extensible a otros algoritmos de control avanzados, considerando como prioritario el bajo de consumo de potencia y energía al ejecutarlos en un FPGA, sin degradación de su desempeño. El proyecto de investigación se encuentra en la etapa de estu-

dio del marco teórico y revisión del estado del arte del área y tema específico de la tesis a abordar.

Los pasos a seguir restantes para la concreción de los objetivos del proyecto son:

- Simulación de FK, FKE y FKRN utilizado para fusión de información proveniente de varios sensores.
- Aplicación a un INS (Inertial Navigation System) y un receptor GPS.
- Diseño de los circuitos matemáticos involucrados en la computación de los algoritmos bajo estudio para bajos consumos en un FPGA.
- Comportamiento del algoritmo FKRN al eliminar neuronas y conexiones entre neuronas.
- Estudio de desempeño versus consumo de potencia y energía.
- Síntesis en FPGA de los algoritmos en referencia. Comparación de resultados numéricos obtenidos en la síntesis con los obtenidos en la simulación.
- Desarrollo de una metodología de diseño sistemática de los algoritmos bajo estudio para bajos consumos de potencia y energía en FPGA, extensible a otros algoritmos de control complejos.
- Aplicación de la metodología desarrollada en el diseño de una INS/GPS.

El proyecto se encuadra dentro de la Tesis de Doctorado del Ing. Rodrigo González, la cual es dirigida por los Dres. Gustavo Sutter y Daniel Patiño, bajo el programa de Doctorado en Ingeniería de Sistemas de Control, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.

---

## Estrategias de test y tolerancia a fallas para sistemas analógicos y de señal mixta

**Doctorando: Mónica Lovay. [mlovay@gmail.com](mailto:mlovay@gmail.com)**

---

Director: Dr. Eduardo Romero. Codirectora: Dra. Gabriela Peretti  
*Grupo de Estudio en Calidad en Mecatrónica (GECAM), UTN – Facultad Regional Villa María*

---

Los procedimientos de test de productos electrónicos están cobrando día a día más importancia, debido fundamentalmente a que las industrias del sector pretenden minimizar la probabilidad de que los circuitos sean entregados al consumidor final sin cumplir con las especificaciones de diseño o adoleciendo de fallas en su estructura.

Para los circuitos analógicos y de señal mixta no existen soluciones de test generales que sean aceptadas por la comunidad académica e industrial.

En este sentido, sólo se han generado soluciones para circuitos específicos o, a lo más, para clases de circuitos. En este contexto, los circuitos configurables digitales y analógicos constituyen casos particulares para los cuales deben desarrollarse técnicas de test a medida. Para estos dispositivos es deseable la generación de metodologías de test en línea que permitan la detección de fallas durante la operación en campo.

Dado que éstos pueden reconfigurarse fácilmente, una alternativa interesante es la detección de la falla en línea y la posterior reconfiguración (evitando los componentes con fallas) para dotar al sistema de características de tolerancia a fallas. El test en línea y las características de tolerancia a fallas mencionadas son particularmente importantes en aplicaciones de alta criticidad o para aquellas sometidas a un gran estrés térmico, eléctrico, mecánico o radioactivo capaz de inducir fallas en los componentes. En la actualidad se dispone de sistemas integrados que ofrecen al usuario un núcleo de procesamiento de datos, memorias, una cierta cantidad de recursos digitales y analógicos (de tiempo continuo y discreto) configurables.

Esto da al sistema una flexibilidad notable que permite su aplicación a gran cantidad de sistemas y ofrecen una

plataforma que permite resolver problemas recurriendo a un único chip.

Asimismo, esta flexibilidad admite la implementación en el hardware de mecanismos de tolerancia a fallas, entre los que pueden mencionarse aquellos biológicamente inspirados.

Debe destacarse que el desarrollo de estrategias de test que permitan establecer si es necesario reconfigurar el sistema debido a la presencia de una falla es una fase de suma importancia en el proceso de generación de estrategias de tolerancia a fallas.

Teniendo en cuenta los conceptos arriba vertidos, en este trabajo se presentan resultados relacionados a la evaluación de la capacidad para detectar fallas más realistas, en entornos de test en línea, de dos estrategias de test para filtros analógicos.

La primera de ellas es la denominada test por análisis de transitorio (TRAM), mientras que la segunda es la denominada test basado en oscilaciones (OBT). La evaluación de TRAM se realiza utilizando un modelo de falla basado en especificaciones, buscando las combinaciones de diferentes atributos de test que maximicen la cobertura de fallas, métrica esencial en aplicaciones críticas.

Por otra parte, se considera un modelo de falla estadístico en los valores de los componentes para calificar el desempeño de OBT, en una perspectiva de evaluación no tradicional que permite la generación de nuevos datos y métricas. Avanzando en el desarrollo de estrategias de tolerancia a fallas basadas en hardware evolutivo, se presentan resultados exploratorios relacionados al problema de proveer tolerancia a fallas a un sistema de amplificación embebido.

El sistema presenta una ganancia objetivo que debe ser mantenida sin inter-

vención humana directa a pesar de la presencia de fallas.

Para ello se adopta como plataforma un sistema en chip programable que presenta los recursos necesarios para lograr la tolerancia a fallas.

Asimismo para detectar fallas en la

ganancia del sistema, se propone un esquema de auto-test basado en software.

La evaluación del desempeño del sistema propuesto se realiza por medio de simulación de fallas catastróficas y de desviación.

---

## Optoelectrónica con Fotomultiplicadores Multiánodos para Detectores de Muones del Observatorio Auger

**Doctorando: Luis Agustín Lucero.** [agustin.lucero@iteda.cnea.gov.ar](mailto:agustin.lucero@iteda.cnea.gov.ar)

---

Director: Dr. Alberto Etchegoyen – Co-Director: Dr. Federico Suárez

*UTN - Facultad Regional Buenos Aires e Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (CNEA, CONICET, UNSAM)*

---

El Proyecto AMIGA ('Auger Muons and Infill for the Ground Array') integra la segunda fase de la construcción del Observatorio Auger y tiene como objetivo principal la extensión del rango de energías de observación de 0,1 a 3 EeV con óptima resolución en la composición química del rayo cósmico primario, lográndose esta última con la incorporación de 85 detectores de muones (DM).

Dichos detectores están compuestos por 256 varillas centelladoras con fibras ópticas que conducen la luz generada en ellas por los muones a 4 PMTs ('Photo Multiplier Tube') de 64 ánodos cada uno. AMIGA debe caracterizar cada uno de estos PMTs, caso contrario no se podría realizar ni la toma de datos ni las simulaciones numéricas del detector.

Se destaca también que estos PMTs (Hamamatsu H8804-200MOD) son de

última generación y no han sido aún usados en emprendimientos de envergadura, dándole más relevancia a este trabajo.

Durante 2008-2009 se realizó un esfuerzo sostenido de diseño, desarrollo y puesta en marcha de un sistema automatizado de pruebas de PMTs (Fig. 1) para cada uno de los parámetros de interés: ganancia (Fig. 2), su uniformidad (Fig. 3), dark-rate, cross-talk y eficiencia cuántica) de cada píxel.

Esta primera versión del sistema tiene la capacidad de procesar las 64 señales de salida del PMT con un ancho de banda de 200 MHz, digitalizarlas 5 GS/seg y almacenarlas para que luego el software de análisis se encargue de obtener los parámetros mencionados.

En noviembre de 2009 se instaló el primer módulo detector en el Observatorio Auger con uno de estos PMTs con sus 64 píxeles totalmente caracterizados.



Fig. 1 Laboratorio de pruebas de PMTs, ITeDA. Se observa la caja negra y el sistema de toma de datos. específicamente para el sistema.

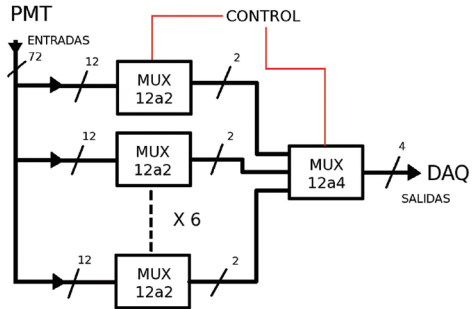


Fig. 2 Esquema interno del Multiplexor de RF diseñado

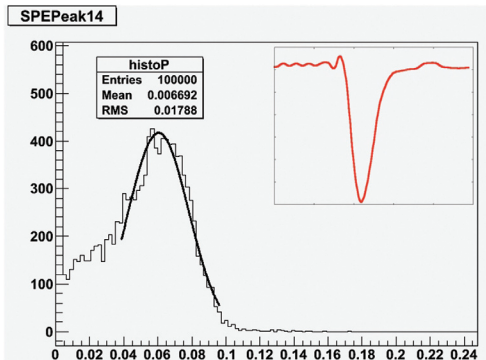


Fig. 3 Señal de salida del PMT (inserto) e histograma de carga foto electrón, ganancia para calibración con 64 pruebas de absoluta del píxel. absoluta del trigger.

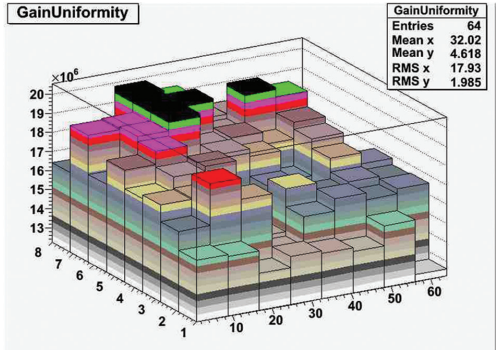


Fig. 4 Gráfico de uniformidad de ganancia del PMT

## Análisis de Modelos de Variabilidad Ortogonal empleando Redes de Petri

**Doctorando: Omar Cristian Martínez.** [ocmartinez@santafe-conicet.gov.ar](mailto:ocmartinez@santafe-conicet.gov.ar)

Director: Dr. Horacio Leone – Co-Director: Dr. Silvio Gonnet  
 Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR) CONICET- UTN – Santa Fe

Una línea de productos de software (LPS) es un conjunto de sistemas de software que comparten y gestionan un conjunto de características, las que satisfacen las necesidades de algún mercado o misión en particular, y que son desarrollados a partir de un núcleo de software común.

Uno de sus principales beneficios proviene de la reducción de costos a partir del reuso de componentes y artefactos en varios productos.

Uno de los ejes centrales de una LPS es la definición de su variabilidad, ésta prescribe las características a ser incluidas y



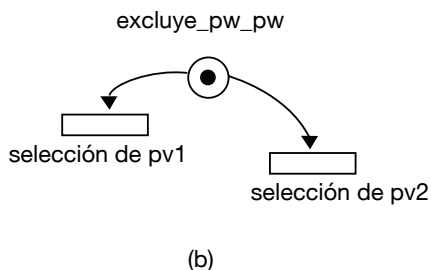
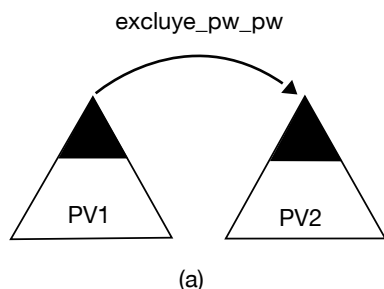
las reglas de inclusión durante la derivación de productos individuales. Para ello Pohl y colab. proponen un modelo de variabilidad ortogonal (MVO). Sin embargo en un MVO pueden observarse problemas de consistencia (pe. puntos de variación y variantes inviables) y factibilidad (pe. configuraciones inviables). En tal sentido es necesario contar con herramientas de análisis automáticas que permitan detectar tales inconvenientes.

Nuestra propuesta es la formalización de los modelos de variabilidad ortogonal empleando redes de Petri. El objetivo es utilizar la dinámica de eventos y pre/post-condiciones para representar los elementos del meta-modelo MVO junto a las principales actividades durante la

derivación de productos.

Actualmente hemos definido un conjunto de topologías para modelar todos los elementos de MVO. Para ello el marcado inicial, lugares, transiciones y arcos deben cumplir ciertas restricciones. En Fig. 1(a) ilustramos un ejemplo de una dependencia de exclusión entre dos puntos de variación (PV1 y PV2) y en (b) la topología de la red de Petri resultante. El único token en el lugar `excluye_pv_pv` asegura que sólo una de las transiciones selección de pv1 ó selección de pv2 pueda ser disparada, cumpliendo así la regla de exclusión mutua.

Si bien las redes propuestas corresponden a MVO simples, éstas pueden combinarse para dar soporte a modelos más extensos y complejos.



Algunas propiedades de las redes de Petri están estrechamente relacionadas con los problemas antes mencionados. L1-viva o potencialmente disparable permite tratar con transiciones que no pueden ser disparadas en ningún caso, en términos de MVO, puntos de variación y variantes inviables.

La alcanzabilidad posibilita descubrir

todas las posibles configuraciones de productos de la LPS y conocer si un producto es factible. La distancia sincrónica es una métrica del grado de relación entre transiciones y puede emplearse para obtener información cualitativa sobre las dependencias del MVO subyacente.

## Stratified impedance sensitivity analysis by Finite Element Method for maximizing Electrical Impedance Spectroscopy biomass detection

**Doctorando: Fabián N. Moretti.** [fnmoretti@fra.utn.edu.ar](mailto:fnmoretti@fra.utn.edu.ar)

Directora: Dra. Rossana E. Madrid

Grupo de Tecnología Biomédica (GTB), UTN - Facultad Regional Avellaneda

In Electrical Impedance Spectroscopy (EIS) measurements, high selectivity over the detection zone (above the electrode surface or in a specific region of the sensor array) is needed, although this goal is not always achieved due to sensitivity facts [1]. As is well known that bipolar impedance measurements sensitivity fields are always positive but in tetrapolar measurements negative sensitivity zones are present [2] and could mask impedance detection, i.e. in a set of coplanar electrodes immersed in an electrolyte performing a tetrapolar impedance measurement.

In Microelectrode Array (MEA) sensor design, Finite Element Method (FEM) simulation could be a useful tool for analyzing the final device behaviour and to simulate working conditions.

Although is very difficult to take into account in the computational model every physical phenomenon involved in this kind of electric measurement [3, 4], a simplification schema is possible for EIS analysis specific applications.

A brief model was analyzed using Comsol Multiphysics AC/DC module, considering the electrolytic medium as pure resistive and a quasistatic electric current system.

This work focuses on identifying major sensitivity distribution zones as a function of separation between electrodes in a Wenner Alpha configuration to maximize biomass detection.

Identifying major sensitivity zones in depth as a function of the distance between electrodes, will permit a stratified EIS analysis of the sample. An array of 8 sets of Wenner Alpha electrodes [5] was analysed by means of sensitivity distribution and tetrapolar impedance in FEM and contrasted with experimental impedance measurements for device characterization (Fig. 1).

Sensitivity maps along the z-axis

(perpendicular plane over the electrode array alignment) were obtained showing the sensitivity spectrum for each step S1 to S8 (e.g. S2 step in Fig. 2).

Sensitivity curves in critical parts of the sensor were also obtained.

Results show that sensitivity along the z-axis over the current electrodes has positive sensitivity zones (data not shown), over the voltage electrodes has both negative and positive sensitivity (Fig. 3) depending on the proximity of the current and voltage electrodes and the manner that current density distributes into the bulk causing positive and negative sensitivity lobes overlapping, as can be seen in the half plane view in Figure 2 (from left to right, current electrode and voltage electrode position is marked with a white triangle arrow, upper left corner shows the entire plane with a white square marking the zoomed area of the picture).

As the separation between electrodes is increased (S1 maximum step with Wenner constant  $a=4$ , S8 minimum step with  $a=0.5$ ), it's shown that the maximum sensitivity zones distribution gets deeper into the medium allowing a stratified analysis of the relative impedance in these sectors. For a selected array step, moving from the electrode surface along the z-axis, maximum sensitivity values will rise up to a critical value and then will start to decrease due to the attenuation of the resistive medium (Fig. 4 and 5), defining the "penetration" of the sensor.

Experimental impedance measurements were also performed for characterization purpose. For a selected electrode set, at a fixed current intensity and frequency, the impedance was registered (Solartron 1260 Impedance/Gain-phase Analyzer). Simulated impedance measurements correlate with experimental results, performed in a homogeneous medium



of known conductivity of 1.4 S/m (Fig. 6). Cell constants were also calculated from impedance simulations and experimental results (data not shown). The correlation of both results allows to validate the FEM simulation as a tool for

design. We conclude that this simplified model offers a preliminary approach for understanding the sensitivity spectrum map of an EIS sensor, useful to take into account for a final MEA chip design.

1. S. Grimnes and Ø. G. Martinsen J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 40, (2007), 9-14.
2. P. Kassanos, A. Demosthenous, RH.Bayford, IEEE BioCAS, (2008) 141-144.
3. G.A. Ruiz, C.J. Felice, M.E. Valentinuzzi, Chaos, Solitons & Fractals, Vol. 25, I.3 (2005), 649-654.
4. G. Ruiz, C.J. Felice, Chaos, Solitons & Fractals, Vol. 31, I.2 (2007), 327-335.
5. A. Neyamadpour, WATW. Abdullah, S. Taib, and B.Neyamadpour, J. Geophys. and Eng, Vol. 7 (2010), 30-40.

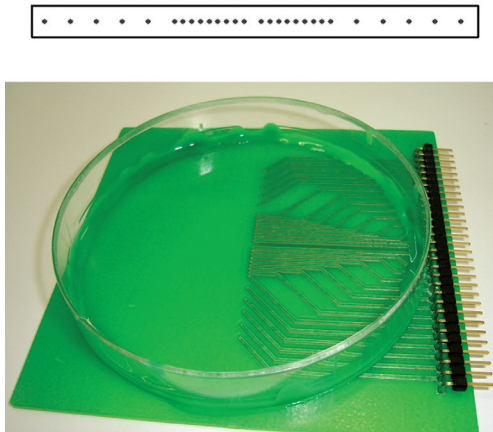


Figure 1. Elec. Array distribution and PCB design

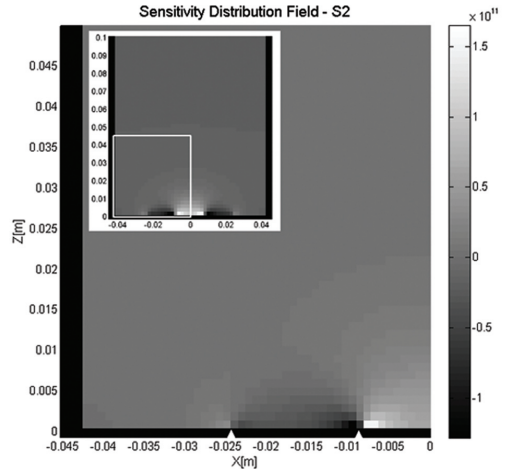


Figure 2. Sensitivity spectra for S2 half plane

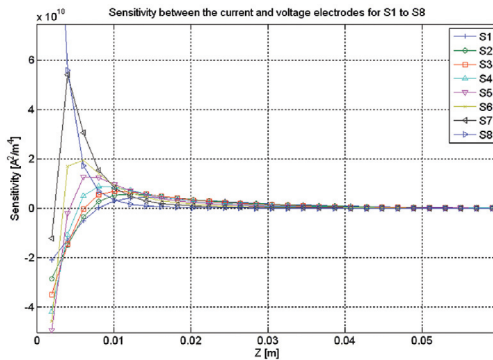


Figure 3. Sens. plot between current and voltage

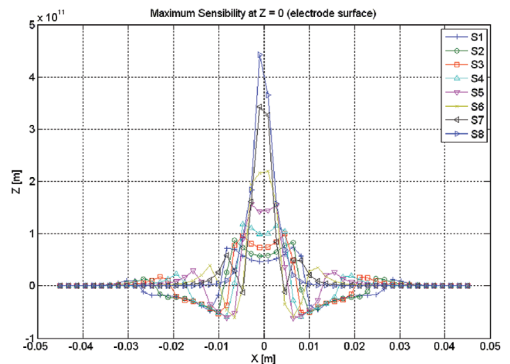


Figure 4. Maximum Sensitivity at surface Z = 0 [m]

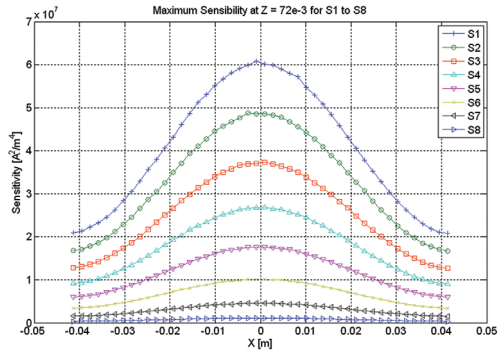


Figure 5. Maximum Sensitivity at  $Z = 72e-3$  [m]

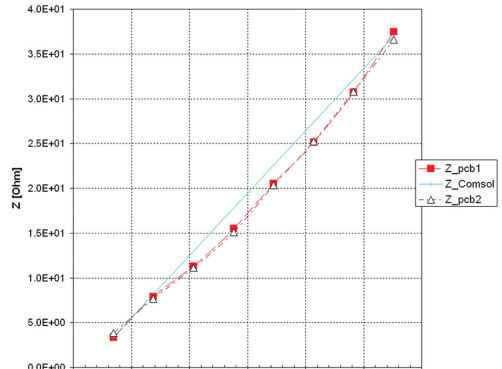


Figure 6. Impedance @ 1kHz meas. and calc.

## Algoritmos Robustos de Navegación para Vehículo Autónomo Basados en Visión

**Doctorando: Gonzalo F. Pérez Paina.** [gperez@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:gperez@scdt.frc.utn.edu.ar)

Director: Dr. Eduardo Destéfani – Co-Directores: Dres. Miguel Re y Julián Pucheta

Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CII), UTN – Facultad Regional Córdoba

### Objetivos e hipótesis del trabajo

Integrar los métodos actuales de la visión artificial como principal fuente de información sensorial para su aplicación a la navegación autónoma en robótica móvil. Estos métodos incluyen los extractores de características de bajo nivel y de alto nivel (como objetos), matching de características, flujo óptico, etc. Permitiendo obtener información relevante del entorno próximo a un robot móvil para poder interactuar en el mismo de forma autónoma. Dicha información será utilizada en los algoritmos de navegación autónoma como por ejemplo para realizar la localización y la construcción del mapa del entorno mediante la técnica de SLAM. La hipótesis del presente trabajo sostiene que mediante la combinación de características de bajo y alto nivel en la percepción visual, junto con otros algoritmos de bajo requerimiento computacional, es posible obtener información robusta para su aplicación

a la navegación autónoma basada en visión.

**Planteo del problema, resultados actuales y previstos.** Los problemas de la navegación autónoma son el mapeo, la localización, y la planificación de trayectoria, los cuales están íntimamente relacionados entre sí

**mapeo** construcción automática de un modelo del entorno físico donde opera el robot - necesita localización

**localización** determinar la pose del robot dentro de un mapa - necesita un mapa

**planificación de trayectoria** o control de movimiento - necesita la localización actual y un mapa para determinar el punto destino. La técnica conocida como SLAM (simultaneous localization and mapping) permite realizar el mapeo y localización de forma simultánea sin conocimiento previo del entorno o la localización del robot. El estudio de las técnicas actuales de navegación autónoma en robótica móvil muestra que

el paradigma general utilizado se basa en el empleo de las probabilidades, donde se tratan como problemas de estimación bayesiana. Recientemente hay un creciente interés en la utilización de cámaras como sensores de visión artificial para obtener información (observaciones en la estimación bayesiana) del entorno próximo al robot, debido a su bajo costo y gran cantidad de información que brinda. El principal problema en la utilización de cámaras es la forma de extraer información relevante del entorno para aplicarlos a los algoritmos de navegación autónoma, para lo cual se utilizan extractores de características para identificar puntos de interés en la imagen, puesto que trabajar con la imagen completa como observación resulta difícil o imposible debido a su alta dimensionalidad.

Las características visuales utilizadas pueden ser de bajo nivel como puntos 3D, líneas, patches planos, o características de alto nivel como objetos. La utilización de características de alto nivel brinda una representación estructural del entorno permitiendo realizar tareas como la planificación de trayec-

toria pero resultan más difíciles de extraer, representar y administrar dentro de un mapa. El objetivo del trabajo es obtener información visual robusta del entorno para ser utilizado en los algoritmos de navegación autónoma. La propuesta es integrar información de alto nivel, como objetos obteniendo así información estructural del entorno, junto con información de bajo nivel fácil de obtener y tratar computacionalmente. Actualmente el trabajo se centra en la extracción de características de bajo nivel como puntos de interés de Harris, y una versión modificada que lo hace más robusto ante cambios de escala y rotaciones, y en la estimación del movimiento del robot a partir de estos puntos. Esto se logra mediante la obtención de un conjunto de puntos en una secuencia de imágenes mediante matching, y las restricciones geométricas de dichos puntos y pose de la cámara. Como trabajo a corto plazo se realizará el estudio y evaluación de puntos de interés más robustos (como SIFT o SURF), y diferentes métodos de matching de los mismos, para hacer más precisa la estimación de movimiento del robot.

---

## **Análisis y Diseño de Mecanismos para el Procesamiento de la Información en Redes Inalámbricas de Sensores**

**Doctorando: Guillermo Gastón Riva.** [guilriva@gmail.com](mailto:guilriva@gmail.com)

Director: Dr. Jorge Manuel Finochietto

*Laboratorio de Comunicaciones Digitales, FCEfyN, UNC y Departamento de Ingeniería Electrónica, UTN – Facultad Regional Córdoba*

---

Las redes inalámbricas de sensores son una tecnología emergente, resultado del avance de las comunicaciones inalámbricas, de la electrónica y de la computación. Estas redes son altamente limitadas en energía y ancho de banda de comunicación, y carecen de infraestruc-

tura fija. Están compuestas por nodos autónomos alimentados por baterías que sensan su entorno recolectando información individualmente (como temperaturas, niveles de contaminación, niveles acústicos, etc.), colaborando entre sí para retransmitirla mediante co-

municación multisalto hasta una estación base o gateway. La mayoría de los protocolos de ruteo de datos usados en la actualidad en estas redes son centrados en datos. Estos posibilitan solicitar a la red información de interés propagando requerimientos a los nodos, los cuales retornan respuestas a la estación base. La necesidad de conservación de la energía es la principal consideración de diseño en este tipo de redes y es el desafío de los desarrollos actuales en esta área.

En este contexto, los esquemas actuales para solicitar y recolectar información de los nodos utilizan mecanismos costosos energéticamente.

La principal fuente de consumo energético en estas redes es la transmisión de datos. A fin de mejorar este aspecto, se prefiere realizar más computación en cada nodo con el objetivo de limitar el número de transmisiones. Muchos de los trabajos desarrollados en la actualidad se basan en la detección de eventos puntuales en un área y no en el monitoreo de datos. Muchas implementaciones requieren información a todos los nodos mediante mecanismos de propagación de requerimientos a todos los nodos (flooding), y utilizan técnicas de procesamiento en red, como agregación de datos, en el proceso de respuesta para reducir el número de mensajes transmitidos. Otras implementaciones utilizan mecanismos de caminata aleatoria (random walk). Ambas no consideran el uso de los datos sensados para dirigir la propagación del mensaje de búsqueda. El presente trabajo considera el problema del monitoreo de valores máximos, mínimos y rangos de valores en redes inalámbricas de sensores extensas, estáticas y desestructuradas, considerando que el nodo que origina el requerimiento en la red no tiene cono-

cimiento de la distribución de los datos en la mima, y el caso en el que solo un número pequeño de nodos necesita participar en el proceso de respuesta del requerimiento. En particular, se propone aprovechar la información sensada por cada nodo para rutear eficientemente el requerimiento hacia aquellos nodos que poseen información de interés. Para optimizar este monitoreo se propone una mejora al mecanismo de difusión de datos denominado onephase pull diffusion, utilizando además ruteo por múltiples caminos mediante broadcast. Este mecanismo permite readaptar los parámetros de búsqueda ante variaciones en la posición de los valores de interés del fenómeno sensado. Se utilizan técnicas de procesamiento distribuido de la información como estrategia fundamental para reducir la cantidad de mensajes transmitidos y por ende el consumo energético en la red. Se utilizan algoritmos metaheurísticos en cada nodo en el proceso de propagación del requerimiento, a fin de optimizar la búsqueda de información de interés en la red, asegurando soluciones óptimas con bajo costo de búsqueda y error. Se implementa un mecanismo de aprendizaje automático por refuerzo (reinforcement learning) para adaptar la búsqueda en la forma más eficiente. Este trabajo contribuye a la optimización del monitoreo de información en redes de sensores, brindando un modelo de procesamiento distribuido con un uso eficiente de la energía y con resultados óptimos, utilizando un protocolo de ruteo por múltiples caminos basado en gradientes de información.

A fin de analizar el comportamiento del mecanismo propuesto en forma realista, se desarrolló un simulador de redes de sensores orientado a eventos discretos, mediante el cual se comprueba

la eficiencia del modelo. Utilizando una configuración óptima de los parámetros de búsqueda, luego de la adaptación del algoritmo implementado, se logra una reducción del costo de búsqueda de aproximadamente el 50% respecto a mecanismos de flooding, con un error menor al 5%, errores de búsqueda menores al 8% respecto a variaciones de 90% de amplitud de los parámetros sensados, y errores menores al 10% respecto a fallas en el 5% de los nodos de

la red, verificándose la robustez de este modelo. Además se analiza el comportamiento de la red ante variaciones en la densidad de los nodos desplegados. Se prevee verificar el óptimo funcionamiento de este modelo en un escenario real, utilizando datos de temperatura y humedad sensados en la red Luce (Lausanne Urban Canopy Experiment), desplegada en el campus de la Escuela Politécnica Federal de Laussane como parte del proyecto Sensorscope.

---

## Métodos para Verificación y Validación de Procesos de Negocio en Colaboraciones B2B

**Doctorando: Jorge Roa. [jroa@frsf.utn.edu.ar](mailto:jroa@frsf.utn.edu.ar)**

Director: Dr. Pablo Villarreal – Co-Director: Dr. Omar Chiotti

*Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Sistemas de Información (CIDISI),  
UTN – Facultad Regional Santa Fe*

---

La globalización, la especialización, y la innovación están cambiando muchos aspectos sobre cómo los negocios son operados. Muchas organizaciones encuentran dificultades (alcance, complejidad, imprevisibilidad) para sostener sus modelos. Diferentes partes de los procesos necesitan ser llevadas a cabo por diferentes organizaciones. Esto implica que no existe realmente un único proceso, sino que muchos procesos autónomos deben operar en conjunto como un todo (una coreografía).

El modelado de procesos de negocio colaborativos es una cuestión clave para permitir que las empresas puedan implementar colaboraciones Business-to-Business (B2B). Un proceso de negocio colaborativo define la vista global de interacciones entre empresas para alcanzar los objetivos de negocio en común y coordinar sus acciones. En trabajos previos, se presentó un método basado en MDA para el modelado de procesos

colaborativos y el lenguaje UPCoIB-PIP1 que da soporte a dicho método. UP-CoIBPIP permite el modelado de procesos colaborativos independientes de la tecnología y propone el modelado del comportamiento (coreografía) de los procesos colaborativos mediante protocolos de interacción.

La verificación y validación de estos procesos es también de suma importancia, debido a que la detección de errores en etapas tardías del desarrollo puede tener impactos de costos muy altos en las colaboraciones B2B.

Por este motivo, el objetivo de este trabajo es el desarrollo de métodos, técnicas, y herramientas para el diseño, especificación formal, verificación y validación en etapas tempranas del desarrollo de los procesos de negocio que componen una colaboración B2B.

Los resultados obtenidos en este año y medio de trabajo son los siguientes:

(1) Validación y extensión del lenguaje

UP-ColBPIP para proveer un conjunto completo de primitivas que permitan el modelado de la vista global de los procesos.

(2) Formalización de las primitivas del lenguaje UP-ColBPIP mediante el uso de Redes de Petri coloreadas y Jerárquicas (HCPN). Este formalismo permite verificar si los procesos son correctos y si satisfacen un conjunto predeterminado de propiedades.

(3) Definición de un método MDA para llevar a cabo la verificación automática de modelos de procesos colaborativos en etapas tempranas del desarrollo. Este método define las transformaciones de modelos UP-ColBPIP a especificaciones HCPN y define la interpretación automática de los resultados del proceso de verificación.

Los trabajos futuros a realizar para completar el trabajo de tesis son los siguientes:

(1) Definición de un método para la validación de la semántica de los protocolos de interacción. Esto implica determinar inconsistencias en los protocolos de interacción mediante el análisis de los mensajes que son intercambiados entre los socios de negocio.

(2) Definición de un método para la validación de la alineación de los objetivos y requerimientos de negocio de una colaboración B2B con el comportamiento definido en los procesos colaborativos. De esta manera es posible determinar si los procesos de negocio cumplen con las especificaciones para las cuales fueron realmente diseñados.

(3) Definición de un método MDA para la simulación de los procesos colaborativos con el propósito de permitir un análisis de performance. Para llevar a cabo esta tarea, los protocolos de interacción deben ser transformados a Redes de Petri basadas en tiempo. Las contribuciones de este trabajo están siendo incorporadas a un IDE basado en la plataforma Eclipse para el desarrollo dirigido por modelos de procesos de negocio colaborativos.

Este IDE sirve además para llevar a cabo una validación empírica de los métodos propuestos en este trabajo a través de la definición de casos de estudio.

<sup>1</sup> Villarreal, P.: Método para el Modelado y Especificación de Procesos de Negocio Colaborativos. Tesis Doctoral. Universidad Tecnológica Nacional, Santa Fe, Argentina (2005).

---

## Nuevos modelos y algoritmos basados en redes neuronales para tareas de minería de datos

**Doctorando: Mariano Rubiolo. [mrubiolo@frsf.utn.edu.ar](mailto:mrubiolo@frsf.utn.edu.ar)**

Directora: Dra. Georgina Stegmayer

*Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Sistemas de Información (CIDIS),*

*UTN – Facultad Regional Santa Fe*

---

El proceso de Minería de Datos consta básicamente de tres etapas: pre-procesamiento de los datos, especificación del modelo y descripción del conocimiento. Dentro del proceso de modelado de un

problema de minería de datos se encuentra, entre otras, la tarea de Clasificación. Ésta es el foco actual del trabajo de investigación en el marco de mi tesis de Doctorado. Las redes neuronales



Perceptrón Multicapa (MLP, de su sigla “Multi Layer Perceptron” en inglés) son conocidas como poderosos modelos de clasificación, aunque pueden devenir en grandes modelos si se los utiliza para aprender mejor los datos de entrenamiento y mejorar su habilidad de clasificación, ya que necesitan una gran cantidad de parámetros (funciones de activación, pesos, umbrales) para obtener un desempeño aceptable.

La compresión de este tipo de modelos es una tarea necesaria cuando modelos MLP grandes y lentos son utilizados para clasificación pero deben ajustarse a restricciones de velocidad de transmisión, espacio de almacenamiento, tiempo o capacidad de cómputo.

El trabajo actual propone una técnica para comprimir un modelo MLP preservando, al mismo tiempo, su capacidad de clasificación, a través del uso de un modelo de Volterra.

Los kernels de Volterra pueden utilizarse para representar la información que un modelo de redes neuronales ha aprendido durante su entrenamiento, obteniendo aproximadamente la misma

exactitud pero con menor cantidad de parámetros.

El algoritmo de creación del modelo Volterra-NN propuesto posee dos partes. En la primera se extraen los kernels de Volterra de los parámetros asociados a la red neuronal entrenada, los que contendrán el conocimiento del clasificador. En la segunda parte se construyen modelos Volterra-NN de diferente orden para el problema original usando los kernels de la etapa anterior, reduciendo significativamente el número de parámetros.

Los resultados experimentales<sup>1</sup> que se muestran en la Tabla 1, calculados en base al problema de clasificación sobre la conocida base de datos Iris<sup>2</sup>, dan cuenta de las capacidades de compresión del modelo Volterra-NN.

En la Figura 1 se muestra un modelo especializado utilizando un arreglo de MLPs para resolver problemas de clasificación complejos, como el de reconocimiento de rostros en este caso, cuya compresión es objeto de trabajos futuros previstos dentro del marco del Doctorado.

	<b>R</b>	<b>SS</b>
<b>MLP</b> <sub>4,12,1</sub>	97,78 %	
<b>vNN-S</b> <sub>1</sub>	46,22 %	93,15 %
<b>vNN-S</b> <sub>2</sub>	60,00 %	79,45 %
<b>vNN-S</b> <sub>3</sub>	94,22 %	57,53 %

Tabla 1. Comparación de las tasas R y SS.

Comparación de las tasas de reconocimiento global R y de ahorro de espacio SS para un clasificador MLP y sus correspondientes salidas del modelo Volterra-NN de primer (vNN-S1), segundo (vNN-S2) y tercer (vNN-S3) orden. Se puede observar que, a medida que aumenta la tasa R, disminuye SS, y viceversa. El resultado de mejor compromiso entre las tasas es para la solución vNN-S3, en el que, manteniendo una tasa R alta y muy cercana al modelo original, se logra además un ahorro de espacio significativo, de aproximadamente el 60%.

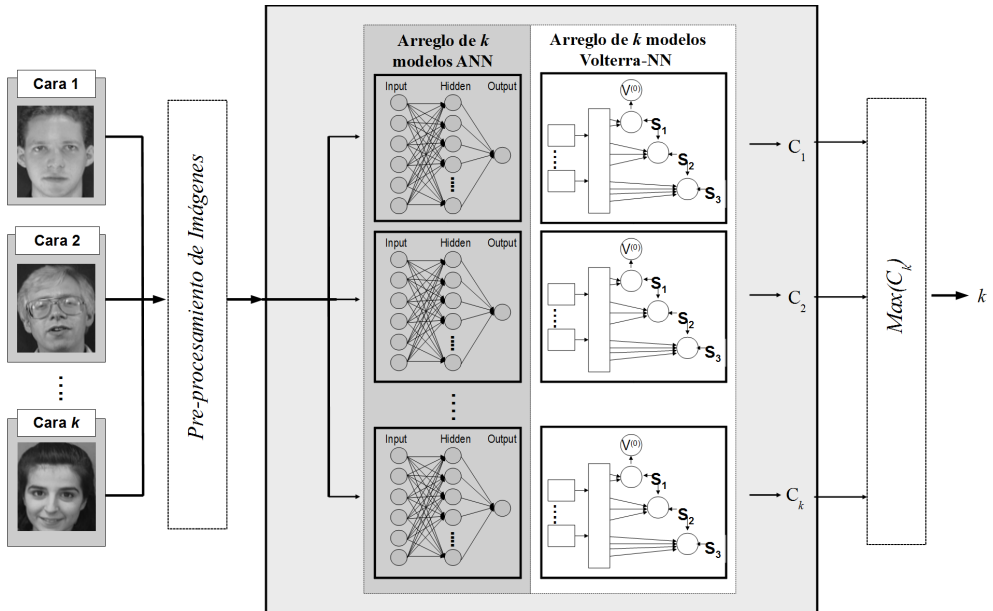


Figura 1. Compresión de un modelo de clasificación basado en un arreglo de MLPs para el reconocimiento de rostros.

1 Compressing a Neural Network Classifier using a Volterra-Neural Network model. M. Rubiolo, G. Stegmayer, D. H. Milone. IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) - Jul 2010 (en prensa)

2 <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris>

## Mejorando la calidad de algoritmos para el aprendizaje de redes de Markov

**Doctorando: Federico Schlüter.** [federico.schluter@frm.utn.edu.ar](mailto:federico.schluter@frm.utn.edu.ar)

Director: Dr. Facundo Bromberg

Laboratorio DHARMA – Dpto. de Sistemas de Información – UTN - Facultad Regional Mendoza.

Desde el mes de marzo de 2009, me he sumado a un proyecto de investigación del Laboratorio DHARMA<sup>1</sup>, de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, que se enmarca en el perfeccionamiento de las técnicas de aprendizaje de estructuras de independencia de redes de Markov a partir del análisis de datos, bajo la dirección del Dr. Facundo Bromberg<sup>2</sup>. Las *redes*

*de Markov* son modelos probabilísticos útiles para modelar distribuciones de probabilidad donde las dependencias entre las variables aleatorias son cíclicas, representándolas de un modo eficiente en términos computacionales. Estos modelos han sido diseñados para ser manipulados por diversos algoritmos que pueden razonar bajo condiciones de incertidumbre eficientemente, utilizando



la teoría de la probabilidad. En ciencias de la computación existen infinidad de aplicaciones prácticas de estas redes para representar el conocimiento de sistemas expertos en una gran variedad de ramas de la ciencia. Por citar algunos casos particulares, estos modelos son fuertemente utilizados en el área de genética, biomedicina, economía, ciencias sociales, agricultura, minería de datos, entre muchos otros.

Si bien estos modelos son útiles, en la mayoría de los casos en los que suelen utilizarse no alcanza el conocimiento experto para diseñarlos eficazmente, por lo que toman mucha importancia los *algoritmos de aprendizaje* de estos modelos a partir de los datos. Un enfoque para aprendizaje de redes de Markov que ha tomado relevancia en los últimos años es través de algoritmos *basados en independencias*, también conocidos como *independence-based algorithms*.

Estos algoritmos llevan a cabo un análisis de los datos para aprender la estructura de independencias del modelo, mediante la ejecución de un conjunto de *tests estadísticos de independencia*. La calidad de estos algoritmos depende estrictamente de la calidad de los resultados de estos tests, los cuales tienden a ser erróneos cuando los datos son insuficientes, impidiendo su uso para fines prácticos cuando éste es el caso. Cabe destacar que la calidad de los tests se degrada rápidamente a medida que más variables están involucradas en los mismos, requiriendo una cantidad de datos que resulta exponencial en el número de variables aleatorias de la distribución.

Durante este primer año de investigación hemos centrado nuestro esfuerzo en el diseño de algoritmos de aprendizaje de estructuras basados en independencias más robustos a errores en los tests, logrando incrementos de más del 50% en

la cantidad de independencias codificadas correctamente, y en algunos casos, aprendiendo correctamente alrededor del 90% de las aristas que algoritmos competidores aprenden incorrectamente.

Como resultado de esta propuesta de trabajo, se elaboraron distintos proyectos de investigación, que culminaron en diversas publicaciones, entre ellas, dos conferencias regionales, una conferencia nacional, una conferencia latinoamericana, y un artículo enviado a la revista internacional de alto impacto *Journal of Machine Learning Research*<sup>3</sup>, que está actualmente en evaluación. Para ampliar esta información, puede consultarse en mi página web<sup>4</sup>, donde están disponibles on-line dichos papers. En estos trabajos, los logros se han materializado en una serie de algoritmos que ante insuficiencia de datos cometen menos errores en la estructura de independencias aprendida. También se ha trabajado en mecanismos inteligentes de speed-up para las técnicas que hemos diseñado.

Este trabajo será publicado en el Simposio Nacional de Inteligencia Artificial<sup>5</sup>. Además, actualmente se está trabajando en dos proyectos relacionados. Uno de ellos se basa en la contrastación de la calidad de los algoritmos basados en independencia respecto de algoritmos *basados en puntaje*, que son los únicos utilizados actualmente.

En esta comparación poseemos resultados preliminares indicando que las calidades son comparables, pero con diferencias en tiempo de cómputo de varios órdenes de magnitud, en favor de nuestras técnicas. En la literatura no se encuentra ninguna comparación de esta naturaleza, por lo que consideramos esto un aporte interesante. Por otro lado, se está diseñando otra solución basada

en algoritmos evolutivos, para continuar mejorando los métodos de aprendizaje

propuestos en trabajos anteriores.

<sup>1</sup> <http://ai.frm.utn.edu.ar/>

<sup>2</sup> <http://ai.frm.utn.edu.ar/fbromberg/>

<sup>3</sup> <http://jmlr.csail.mit.edu/>

<sup>4</sup> <http://ai.frm.utn.edu.ar/fschluter/>

<sup>5</sup> <http://www.39jaiio.org.ar/asai/>

---

## Sistema de Visión Computarizada para Reconocimiento de Entorno

**Doctorando: Guillermo Max Steiner. [gsteiner@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:gsteiner@scdt.frc.utn.edu.ar)**

---

Director: Dr. Eduardo Destefanis

*Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII), UTN – Facultad Regional Córdoba*

---

### Objetivos e hipótesis del trabajo

Implementar una codificación propia para la resolución de la detección de personas por el método HOG y proponer un método novedoso para disminuir el tiempo de detección, disminuyendo la superficie de búsqueda por medio de un mapa probabilístico que permita para un tiempo acotado, descartar aquellas zonas con baja probabilidad de encontrar una persona.

Disminuir el tiempo de detección permite realizar una hipótesis del trabajo que permita la detección de personas en tiempo real desde un vehículo autónomo.

### Planteo del problema, resultados actuales y previstos

El reconocimiento de Entorno, se centra principalmente en establecer un mapa de estructuras, objetos rígidos, personas, etc. que rodea un dispositivo, este reconocimiento puede realizarse por medio de visión artificial, ultrasonido, laser, etc.

En particular la visión artificial utilizada en el reconocimiento de personas, tuvo importantes avances en los últimos años. David G. Lowe [1] introdujo el descriptor SIFT el cual caracteriza una porción de la imagen usando un espacio de gradientes, posteriormente, Dalal y Triggs [2] proponen una simplificación

de este método, pero aplicando el descriptor en forma densa y no sobre puntos característicos como lo hacia SIFT. Este método, denominado HOG (Histograma de gradientes orientados) continua siendo referencia en la detección de personas.

La búsqueda exhaustiva que realiza este método dentro de la imagen, es muchas veces un limitante en las aplicaciones de tiempo real.

Trabajos posteriores, mejoraron la velocidad de computo pero siempre realizando la búsqueda en toda la imagen. Entre ellos se pueden citar los trabajos de Zhu [3] el cual utiliza el descriptor HOG original pero empleando un esquema de boosting en cascada, o Zhang [4] el cual aplica HOG en un esquema de múltiple resolución.

Hasta el momento se ha codificado completamente el método HOG, y las primeras pruebas realizadas alcanzan scores similares a las publicaciones de Dalal y Triggs, en la segunda etapa se está analizando métodos de flujo óptico y segmentación, que permita plantear una zona de búsqueda más probable de encontrar personas.

Este trabajo se realiza en el marco de un proyecto PID UTN, “Relocalización robusta de plataforma móvil en ambientes dinámicos” 2010-2011

Referencias

1. D. G. Lowe. "Distinctive image features from scale-invariant keypoints". International Journal of Computer Vision, IJCV, 60(2):91-110, 2004..
2. N. Dalal and B. Triggs. "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection". Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR, pp 886-893, 2005..
3. Q. Zhu, M.-C. Yeh, K.-T. Cheng, and S. Avidan. "Fast human detection using a cascade of histograms of oriented gradients". Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR, pp. 1491-1498, 2006.
4. W. Zhang, G. Zelinsky, and D. Samaras. Real-time accurate object detection using multiple resolutions". International Conference on Computer Vision, ICCV, pp. 1-8,2007.

**Electrónica y Procesamiento de Señales de Detectores de Muones del Observatorio Pierre Auger**

**Doctorando: Oscar I. Wainberg. [oscar.wainberg@iteda.cnea.gov.ar](mailto:oscar.wainberg@iteda.cnea.gov.ar)**

Director: Dr. Alberto Etchegoyen – Co-Directores: Dr. Guy Paic y Dr. Zbigniew Szadkowski  
 Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Constituyentes y  
 UTN – Facultad Regional Buenos Aires

AMIGA (Auger Muon Infill for the Ground Array) está siendo instalado sobre una superficie de 23,5 km<sup>2</sup>, está compuesto por 85 pares de detectores de superficie (SD) y contadores de muones (MC) con separaciones de 750 m y 433 m. Estos contadores están compuestos por 4 módulos; dos de 5 m<sup>2</sup> y dos de 10 m<sup>2</sup>

con un total de 256 varillas centelladoras surcadas por fibras WLS. El ancho de banda de la electrónica analógica es de 180 MHz y la electrónica digital muestrea a 320 MHz (3,125 ns) con una memoria externa de 6 ms de capacidad de almacenamiento.

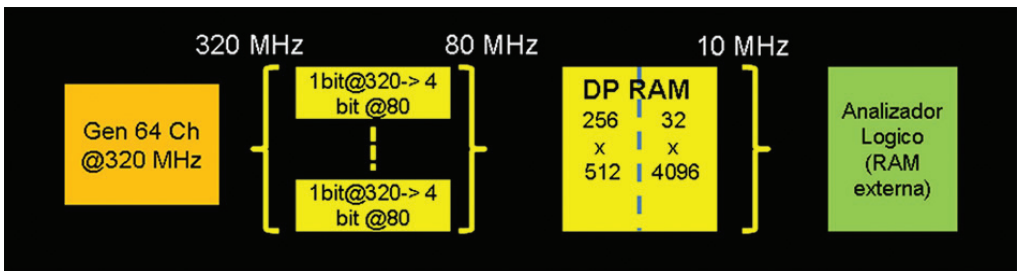


Fig. 1 Montaje experimental de la prueba del corazón del código del FPGA a 320



Fig. 2 Placa digital de 10 capas comandada por un FPGA de 324 pines con encapsulado FBGA utilizada en la prueba

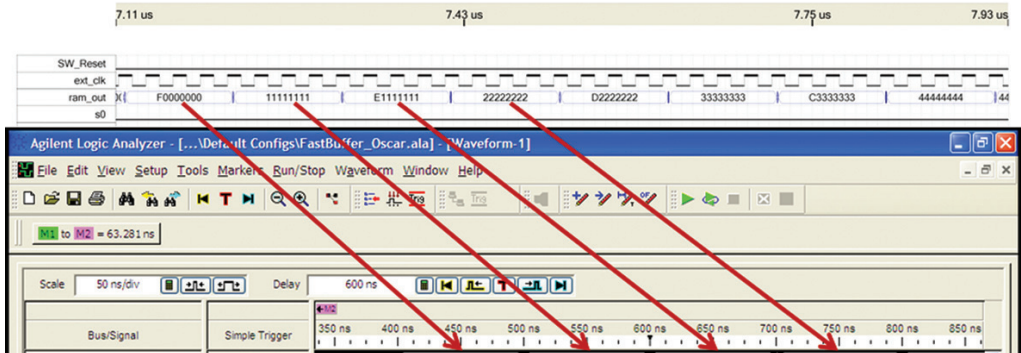


Fig. 3 Simulación y comprobación mediante analizador lógico

En junio de 2010 se probó con éxito el corazón del código de FPGA a 320 MHz (ver figs.1, 2 ,3) que será el código definitivo a instalar en todos los FPGA de los MC. En los próximos meses se terminará de escribir el nuevo código y se probará el mismo, primero mediante simulaciones y luego mediante una electrónica de prueba especialmente desarrollada.

Posteriormente, se instalarán en el Observatorio siete detectores; uno en cada uno de los vértices de un hexágono

y uno en el centro del mismo, con todos los sistemas operativos, antes de proseguir con la instalación del resto de la grilla de AMIGA. En noviembre de 2009 se instaló el primer prototipo en Malargüe con un módulo centellador de 5 m2 y el 20 de septiembre de 2010 se instalará un segundo detector con un módulo de 10 m2.

Ambos funcionarán inicialmente con un código de FPGA preliminar a 80 MHz y luego con el código de 320 MHz arriba mencionado.

## Estudio y Diseño de Arquitecturas de Conmutación en Servidores Virtualizados

**Doctorando: Carlos A. Zerbini.** [carloszerbini@gmail.com](mailto:carloszerbini@gmail.com)

Director: Dr. Jorge Manuel Finochietto

Laboratorio de Comunicaciones Digitales, FCFyN, UNC y Departamento de Ingeniería Electrónica, UTN – Facultad Regional Córdoba

El constante aumento de las tasas de transmisión de datos en las redes conmutadas por paquetes demanda el diseño de plataformas innovativas que permitan procesar paquetes en tiempo real.

En general, las mismas se implementan como arquitecturas especializadas y cerradas que difícilmente pueden inte-

grarse y/o adaptarse a las necesidades particulares que demanda cada sistema informático.

En este orden, existe una clara necesidad de integrar procesamiento de paquetes por hardware en sistemas que utilicen virtualización para implementar servidores, ya que la actual realización por software de dicho procesamiento

genera una sobrecarga innecesaria al sistema.

En este contexto, el diseño de arquitecturas de procesamiento abiertas y flexibles representa una oportunidad actual por explorar y desarrollar. Dado que las mismas deben responder a la necesidad de procesar paquetes a alta velocidad, su diseño debe estudiarse en un contexto de arquitecturas digitales (hardware) pero con la suficiente flexibilidad para integrarse a funciones implementadas en procesadores genéricos (software). Esto último ofrece la posibilidad de desarrollar sistemas híbridos (hardware/software) que ofrezcan no sólo una alta capacidad de procesamiento sino también un amplio conjunto de funciones de red. En base a esto, se propone el diseño de arquitecturas modulares de procesamiento de paquetes en hardware que permitan aumentar la efectividad y flexibilidad de los conmutadores de paquetes. Dichas arquitecturas se componen de bloques que implementan funciones simples de procesamiento (primitivas), los cuales pueden ser interconectados y configurados según la necesidad particular.

En primer término se estudian las arquitecturas utilizadas en la implementación de conmutadores de paquetes; sus ventajas e inconvenientes, exigencias tecnológicas y casos de aplicación. Se analizan mediante simulaciones los resultados esperados.

Posteriormente se implementan bloques básicos en hardware reconfigurable y se observan los efectos de la migración de

funciones de conmutación a hardware. Finalmente, se proponen escenarios reales de ensayo y se buscan puntos particulares donde pueden plantearse optimizaciones.

Se aporta una librería modular y flexible de hardware reutilizable, lo que reduce el tiempo de desarrollo y optimización de aplicaciones. Se posibilita asimismo eficiente integración de funciones adicionales a la conmutación de paquetes, tales como implementación de prioridades para soporte de Calidad de Servicio (QoS). En base a estos módulos es posible estudiar esquemas particulares. Se muestra el funcionamiento de las primitivas implementadas mediante una configuración en actual desarrollo.

El caso de ensayo es un esquema de conmutación en Redes Privadas Virtuales (VLANs). En este esquema, la transferencia de paquetes entre diferentes VLANs debe realizarse mediante conmutadores a nivel de protocolo IP (routers), los cuales deben procesar las direcciones IP para determinar la VLAN de destino e incluir esta información en los paquetes transmitidos.

Dicha arquitectura puede integrarse en un contexto de routers Linux, descargando parte del procesamiento IP a hardware.

Se planea realizar experiencias en entornos reales que permitan validar la implementación y ponderar sus características; así como integrar funciones de control y procesamiento adicional mediante incorporación de interfaz con un procesador genérico.

---

## ENERGÍA

---

**Alcances del Programa:**

Investigación y desarrollo en el campo de la energía eléctrica, los hidrocarburos líquidos y sus derivados, y en el campo de combustibles gaseosos.

Desarrollo de balances energéticos.

Planificación y prospección energética.

---

## Obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos

**Doctoranda: Eliana Paola Dagnino. [pdagnino@frre.utn.edu.ar](mailto:pdagnino@frre.utn.edu.ar)**

Directora: Dra. Silvia Romano

*Grupo de Investigación en Química Orgánica Biológica (QUIMOB), UTN – Facultad Regional Resistencia*

El bioetanol es un combustible líquido que se obtiene a partir de biomasa. El cambio climático ocasionado por el aumento de la contaminación ambiental ha originado un creciente interés en los usos alternativos de residuos agroindustriales con el fin de producir bioenergía. Los residuos lignocelulósicos ofrecen mayor potencial como materia prima para la producción de bioetanol que los materiales ricos en sacarosa y almidón, debido a que no compiten con la industria alimenticia y en general no tienen valor comercial. La desventaja es que el proceso de producción de bioetanol de segunda generación es técnicamente más complicado que cuando se utilizan azúcares simples. El proceso consta de las etapas de: pretratamiento, hidrólisis, fermentación y separación.

El Plan de Tesis propone como objetivo principal el desarrollo de un método de obtención de bioetanol utilizando material lignocelulósico proveniente de residuos agroindustriales, para contribuir al progreso socio-económico, medioambiental y productivo provincial y nacional. Para ello se busca evaluar diferentes tipos de material lignocelulósico y seleccionar la mejor combinación materia prima-proceso, teniendo en cuenta disponibilidad, costo y características estructurales.

En cuanto a los avances experimentales, se puso a punto las técnicas de caracterización: determinación de sólidos totales, carbohidratos, cenizas, lignina ácido soluble y lignina Klason. Se realizaron ensayos de pretratamientos

sobre cascarilla de arroz y aserrín, previamente caracterizados según normas estándares del NREL (National Renewable Energy Future), con soluciones de ácido diluido y con soluciones de hidróxido de sodio, además, se optimizó el equipo para el desarrollo de los mismos.

Los diseños de experimentos buscan optimizar el proceso de pretratamiento en función del tiempo de exposición y la concentración de ácido o álcalis utilizados. En los primeros diseños se utilizaron desde temperatura ambiente expuesta al aire libre hasta 100 °C utilizando soluciones ácidas de concentraciones de 0% hasta el 6% ó soluciones alcalinas de 0% al 3%. Luego se efectuaron ensayos de pretratamiento físico-químicos con vapor a 6 atmósferas de presión, utilizando para ello una autoclave.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

En el caso del pretratamiento ácido se logró hidrolizar la hemicelulosa con muy poca o nada de degradación de la misma, obteniéndose un material sólido poroso con mayor área superficial para el ataque enzimático. Por otro lado, en el pretratamiento alcalino se extrajo buena parte de la lignina dejando a los carbohidratos expuestos para la hidrólisis. Los resultados fueron presentados en talleres y congresos, nacionales e internacionales.

Se ensayó también la etapa de hidrólisis utilizando soluciones ácidas y los resultados obtenidos son aún preliminares. La siguiente etapa es evaluar



a los sólidos pretratados mediante una hidrólisis enzimática y posterior fermen-

tación evaluando los rendimientos en bioetanol.

## Localización y cuantificación de fuentes de contaminación armónica mediante estimación de estado en redes eléctricas de distribución

**Doctorando: Diego Martín Ferreyra.** [diegoferreyraing@yahoo.com.ar](mailto:diegoferreyraing@yahoo.com.ar)

Director: Dr. Claudio Reineri

*Grupo de Investigación sobre Energía (GISENER) y Centro de Investigación, Desarrollo y Ensayo de Máquinas Eléctricas (CIDEME), UTN - Facultad Regional San Francisco*

### Descripción del problema

En los sistemas eléctricos, muchos parámetros de calidad de energía han alcanzado niveles cada vez más altos en las últimas décadas, como el grado de contaminación armónica. Esta situación se produce por la creciente proporción de cargas de carácter no lineal, típicamente dado por la electrónica de potencia que incorporan. Dado el impacto negativo de estas cargas sobre las redes eléctricas, resulta de interés su localización y la cuantificación de sus efectos. A este fin, en la actualidad se aplican estrategias de medición combinadas con diversas variantes de la estimación de estado armónico. Sin embargo, esta técnica numérica se ha desarrollado en mayor profundidad para sistemas eléctricos de potencia, pero hay escasas referencias sobre su aplicación en redes de distribución.

### Propuesta de trabajo

Se pretende aplicar a modelos de redes de distribución diversas variantes de la estimación de estado armónico para evaluar sus resultados. Para ello, se plantea realizar una revisión analítica del problema e implementar simulaciones computacionales. En modelos de redes de distribución, se espera obtener resultados comparables con los obtenidos en sistemas de potencia, pero a la vez se espera determinar la incidencia que

sobre los resultados pueda tener cada parámetro del modelado y de la estimación de estado. La finalidad última del proyecto es determinar una combinación de un esquema de medición con una técnica numérica que resulte aplicable a sistemas eléctricos de distribución para localizar y cuantificar fuentes de contaminación armónica.

### Resultados obtenidos

Hasta el momento, se han implementado diversos modelos de cargas utilizando software de simulación matemática como MATLAB® y Mathematica®, y software de simulación eléctrica, como ATP-EMTP y MATLAB-Simulink® (módulo SimPowerSystems). Según la literatura, se han abarcado modelos de diversas máquinas eléctricas y de diferentes configuraciones de electrónica de potencia para describir el comportamiento no lineal de estas cargas tal como se da en las redes eléctricas de distribución.

### Trabajo previsto

Se implementará el modelo computacional de una red eléctrica de distribución y se aplicarán sobre él técnicas de estimación de estado armónico. Se espera correr estas simulaciones con datos obtenidos de los modelos de cargas ya implementados, de manera tal de evaluar el desempeño de diversas técnicas de estimación de estado armónico sobre



un mismo modelo de red.

### Resultados previstos

Para cada variante de estimación de estado armónico elegida, se espera aplicarla con una cantidad suficiente de variaciones en el modelo de la red eléctrica y en las combinaciones de cargas no

lineales que permita validar el desempeño de cada variante en cuestión. Luego se repetiría este trabajo para cada variante elegida, de manera tal de identificar los parámetros más importantes para la implementación de estas técnicas, su incidencia y sus rangos de aplicación.

---

## Diseño Óptimo de una Planta de Cogeneración de Vapor, Electricidad y Agua Dulce incluyendo el Proceso de Captura de CO<sub>2</sub>.

**Doctorando: Néstor Hugo Rodríguez. [nestorhugo\\_r@yahoo.com](mailto:nestorhugo_r@yahoo.com)**

Director: Dr. Nicolás Scenna – Co-Director: Dr. Sergio Mussati

*Centro de Aplicaciones Informáticas para el Modelado en Ingeniería (CAIMI) – UTN – Facultad Regional Rosario*

---

Este trabajo presenta resultados parciales alcanzados en el campo del modelado, simulación y optimización de una planta multipropósito la que simultáneamente produce vapor, electricidad y agua potable incluyendo el proceso de captura de CO<sub>2</sub> considerado el mayor responsable del efecto invernadero. El principal objetivo es determinar las condiciones óptimas de operación del proceso integrado de manera tal de cumplir con las demandas especificadas a un mínimo costo total (inversión y costos operativos). Las primeras tareas de investigación consistieron en modelar, simular y optimizar los tres procesos involucrados pero focalizando su estudio en forma desacoplada. Esto permitió ganar experiencia no solo en la formulación de los distintos modelos sino en el desarrollo de estrategias apropiadas de resolución que garanticen las convergencias de los mismos. Como herramienta se utilizó HYSYS®, un simulador de procesos ampliamente utilizado en el campo del modelado y simulación de procesos químicos y/o industriales. Es importante mencionar aquí, que el uso de simuladores de procesos no ha sido

ampliamente aplicado para optimizar sistemas como se propone en el presente trabajo.

En lo que respecta a la captura de CO<sub>2</sub> y sobre el cual se presentarán aquí los resultados parciales obtenidos hasta el momento, se estudió en detalle el proceso de post-combustión, en particular, el proceso de absorción química de CO<sub>2</sub> con aminas. El proceso involucra: un absorbedor, unidad regeneradora de amina que incluye a un reboiler y condensador parcial, intercambiadores de calor, bombas.

Una vez validado el modelo con datos experimentales publicados en la literatura, se abordó el siguiente problema de optimización. Datos: a) nivel de recuperación de CO<sub>2</sub> (80, 85, 90 y 95%), b) condiciones del flue-gas a tratar (flujo, presión, temperatura y composición: 4 % en moles de CO<sub>2</sub>), el problema consistió en optimizar las condiciones de operación como así también las dimensiones de los equipos que minimicen el costo total anual del proceso. Aquí, uno de los aspectos más relevantes considerado en el problema formulado fue el hecho de considerar a la composición

del solvente como una variable más de optimización lo que permite seleccionar no solo el tipo de solvente a emplear sino su composición. En general, la mayoría de los investigadores suelen compararse diferentes solventes, pero en forma individual y no como mezcla y menos aún de composición variable. En efecto, se consideró la posibilidad de utilizar mezclas de aminas, en particular de DEA y MDEA, en proporciones variables encontrándose que la relación 50%-50% de una mezcla de 40% en peso total de aminas, conduce a menores costos para iguales condiciones de flue-gas y de recuperación.

Los resultados preliminares son además alentadores en la generación de reglas heurísticas útiles para ser utilizadas en el dimensionamiento preliminar de los principales equipos, en especial las columnas de absorción y recuperación en función de dichos parámetros.

En efecto, el flujo de gas total parece incidir solamente en el tamaño de la columna absorbidora (para igual flujo parcial de CO<sub>2</sub>) mientras que un flujo variable de CO<sub>2</sub> (para flujos de gas total constantes) impacta únicamente en la columna recuperadora.

A su vez se comenzó a avanzar en el ciclo de potencia, pudiendo validar el modelo de la turbina de gas con modelos comerciales reales, lográndose resultados compatibles.

Del mismo modelo se comenzó con el estudio de un ciclo combinado para la generación de energía eléctrica y vapor de proceso. El ciclo combinado incluye una turbina de gas, una caldera de recuperación y dos turbinas de vapor operando a distintas condiciones (alta y baja presión).

Este sistema fue optimizado según dos criterios distintos: a) eficiencia termodinámica (maximización) y b) costo total anual (minimización).

Por último, con respecto al sistema de desalinización de agua de mar, se desarrollaron e implementaron dos modelos bien diferentes: a) modelo simplificado del evaporador flash múltiple etapas asumiendo al número de etapas como una variable continua y de tamaño reducido (bajo número de ecuaciones y variables) y b) modelo riguroso con número de etapas variables y de gran tamaño. Así, el primer modelo es utilizado como un estimador de valores iniciales y cotas para resolver el modelo riguroso. En forma paralela, se comenzó a trabajar en el desarrollo de un método general que permita integrar energéticamente cada uno de los procesos pero en forma individual, para luego extenderlo a un método general que permita integrar energéticamente los tres procesos (planta de electricidad, desalinizador y el proceso de post combustión) en forma simultánea.

# 3

## ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES CIVILES

Materiales estructurales de construcciones civiles; elementos y sistemas constructivos; los métodos de cálculo de estructuras; la interacción de las construcciones con las condiciones geográficas y geotécnicas; los reglamentos, normas y códigos vinculados, entre otras.

---

## Estudio de la dinámica de vigas esbeltas construidas con materiales funcionales

**Doctorando: Sebastián Domini. [dominis@frbb.utn.edu.ar](mailto:dominis@frbb.utn.edu.ar)**

---

Director: Dr. Marcelo Piovan – Co-Director: Dr. Sebastián Machado

*Centro de Investigaciones en Mecánica Teórica y Aplicada, UTN - Facultad Regional Bahía Blanca.*

---

Los diseñadores de productos tecnológicos siempre han reclamado por materiales que combinen en un solo espécimen las mejores propiedades de varios tipos de materiales como por ejemplo las cerámicas y los metales o bien los plásticos y los metales. Esto significa, a modo de ejemplo, que un material definido tenga la alta rigidez, conductibilidad eléctrica y facilidad de maquinado de los metales, y al mismo tiempo la alta resistencia al desgaste, baja densidad y la alta resistencia a la temperatura de las cerámicas. Sin embargo durante los últimos quince años, este tipo de materiales avanzados ha dejado de ser un conjunto de ideas y pruebas de laboratorio para convertirse en una realidad. Los denominados “materiales con propiedades funcionalmente graduadas” (del inglés Functionally Graded Materials o FGM) son solo un ejemplo de tales materiales. En estos materiales, la variación en las proporciones de sus constituyentes (metales y cerámicas básicamente) se puede distribuir a modo tal de diseñar un material con propiedades que varíen gradualmente en ciertas direcciones.

Los objetivos generales de este proyecto se concentran en el desarrollo de modelos matemáticos que representen la mecánica no lineal de estructuras esbeltas construidas con materiales que poseen propiedades con gradación funcional. Estos modelos serán implementados computacionalmente y serán empleados para analizar diversos aspectos del comportamiento estructural.

1. Se desarrollará un modelo general

teórico y computacional para el análisis geométrico no lineal de estructuras de vigas curvadas construidas con materiales que poseen propiedades con gradación funcional.

2. Se analizarán aplicaciones puntuales de los modelos desarrollados en cuanto a problemas de vigas rotantes, inestabilidad dinámica, entre otras de interés tanto académico como tecnológico.

3. Se analizará la dinámica y la estabilidad de tales estructuras considerando aspectos constitutivos devenidos del acoplamiento termo-elástico del material funcional. A la fecha se desarrollaron modelos simples como caso particular del general a modo de entrenamiento, se obtuvo el modelo desde un enfoque linealizado y se propusieron alternativas de solución de las ecuaciones diferenciales.

Las ecuaciones gobernantes de los modelos mencionados se formularon empleando principios variacionales, la principal herramienta variacional utilizada fue el principio de trabajos virtuales como así también el principio de Hamilton. El planteo de las ecuaciones constitutivas se hizo a partir de la óptica de la mecánica del continuo. En este aspecto se propusieron diversas hipótesis para modelar la mecánica estructural: tipo de configuración base, rotaciones finitas frente a infinitesimales, efectos de corte y alabeo dentro de la inhomogeneidad material, etc. Para la formulación de las ecuaciones y su solución fueron empleados programas tales como “Mathematica”, con la posibilidad de

trabajar en forma simbólica y obtener algunos resultados numéricos, y “FlexPDE” para encontrar las soluciones en forma numérica y analizar diversos casos. En la actualidad se están realizando los análisis estático y dinámico a partir del modelo obtenido con el uso

de programas como los mencionados anteriormente que se basan principalmente en el método de elementos finitos. También se encuentra bajo estudio, empleando parte del modelo anterior, el caso de una viga rotante que sirve, por ejemplo, para modelar un alabe.

## Estática, estabilidad y dinámica de torres atensoradas

**Doctorando: Marcelo Guzmán. [mguzman@frm.utn.edu.ar](mailto:mguzman@frm.utn.edu.ar)**

Directora: Dr. Marta Rosales Co-Director: Dr. Carlos Filipich

*Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica (CeReDeTeC), UTN – Facultad Regional Mendoza*



Las torres atensoradas o arriostradas, son uno de los sistemas estructurales más usados en la comunicación inalámbrica. Son conocidas en inglés como guyed towers.

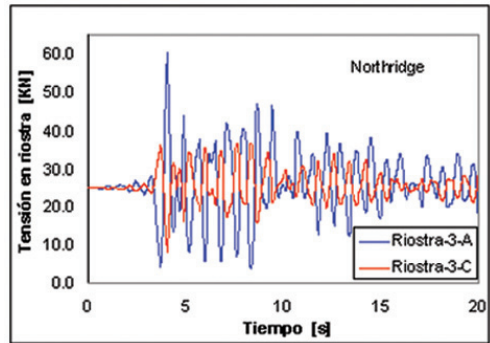
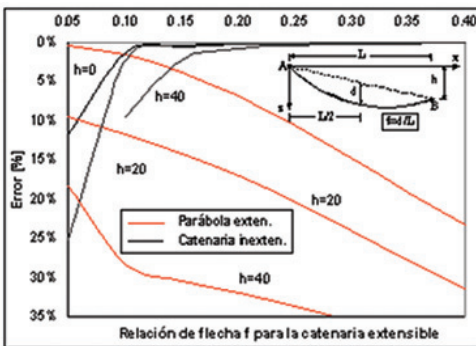
Este tipo estructural consta de dos contribuciones estructurales fundamentales: una torre o mástil usualmente reticulado, y las riostras vinculados al mismo en distintas alturas. Estas riostras están sometidas a una fuerte pretensión, lo

cual hace que la estructura resulte sensible frente a los cambios de rigidez dados en dichas riostras. Las torres arriostradas deben ser estudiadas para soportar tormentas de viento y sismos, además de las cargas de servicio, no sólo por la importancia económica de la estructura misma, sino que también desde el punto de vista estratégico, dada la relevancia que adquieren las comunicaciones frente a situaciones de catástrofes. Otra exigencia actual es la fuerte restricción a la flexibilidad de la estructura debido a cuestiones operativas. Cierta tipo de señales requieren muy bajos valores de desplazamientos para el mástil.

Resultados actuales: Los resultados actualmente obtenidos, indican que la utilización de modelos simplificados aplicados a riostras altamente pretensionadas (mod. inextensible), así como a riostras inclinadas (mod. parabólico), conducen a errores importantes en la evaluación de la respuesta. En cuanto a la simulación numérica de la riostra, ésta se abordó mediante el software de elementos finitos Sap2000, obteniéndose resultados adecuados respecto a los hallados analíticamente. Esto indicaría que la herramienta computacional uti-

lizada resultaría apropiada para modelar el comportamiento estático y dinámico de las riostras. La respuesta dinámica no-lineal de un mástil arriostrado y sujeto a distintos registros sísmicos, fue simulada numéricamente mediante la aplicación de Sap2000. Como resultados encontrados, entre otros, se pueden indicar que el máximo corte basal en la base del mástil resultó ser del orden del 20% del peso de éste, mientras que la tensión dinámica en las riostras presenta incrementos importantes, llegando a valores del 240 % de la pretensión inicialmente dada a ésta. En la búsqueda de modelos reducidos de representación, se determinó mediante la aplicación del principio variacional de Hamilton, las ecuaciones de campo (e.c.) y las condiciones de borde (c.b.) de un modelo simplificado de un mástil coplanarmente arriostrado en un solo nivel, sujeto a una carga variable en el tiempo.

Dicho modelo contempló los efectos de segundo orden (P-D). Los mástiles habitualmente resultan ser reticulados y de sección triangular. Ante ello, y con el objeto de hallar las e.c. y las c.b. que gobiernan a estas estructuras, se ha determinado analíticamente, la energía de deformación elástica almacenada en cada elemento de un mástil reticulado en zigzag. Se han tenido en cuenta efectos axiales, flexionales y torsionales. Resultados previstos: Hallar la respuesta de riostras con distintas leyes constitutivas propuestas. Evaluar analíticamente la rigidez de un mástil reticulado y con ello hallar parámetros equivalentes para un modelo viga-columna. Aplicación de la descomposición de Karhunen-Loève para hallar bases óptimas aplicadas a modelos reducidos en combinación con el método de Galerkin. Analizar la sensibilidad sísmica de torres arriostradas excitadas por acelerogramas.



## Desarrollo de metodologías para la detección e identificación de sistemas no lineales con aplicaciones

**Doctorando: Juan Julio Piñeyro.** [pineyro.julio@gmail.com](mailto:pineyro.julio@gmail.com)

Director: Dr. Vicente Lescano

Grupo Vibraciones Mecánicas (CENES), UTN – Facultad Regional Delta

La identificación de sistemas lineales es una disciplina que ha evolucionado

considerablemente. Desde el punto de vista de las vibraciones mecánicas la

aproximación más utilizada para realizar una identificación de la dinámica estructural se basa en las metodologías de análisis modal. En la actualidad el análisis de problemas no lineales conforman un dominio muy amplio de investigación tanto en ciencias como en ingeniería, y particularmente para nosotros en el área de las vibraciones mecánicas. El objetivo de nuestro trabajo está centrado en la detección y caracterización de sistemas estructurales en la presencia de no linealidades, ya que la demanda (por diversas razones) de utilizar componentes estructurales no lineales está presente de manera creciente en las aplicaciones de ingeniería. El trabajo no intenta abordar el tema crucial de estimación de parámetros de modelos, que completaría el esquema de identificación modal. Si bien oficialmente el trabajo debería haber comenzado en 2007, diversas razones pospusieron el inicio del mismo para marzo de 2010. El resumen de lo actuado hasta el presente es el siguiente:

1. Se llevó a cabo un análisis detallado de la literatura existente hasta el presente que está referida al tema de nuestro trabajo

2. El resultado de la misma permitió vislumbrar caminos alternativos no explorados para el trabajo propuesto. Los problemas de detección y caracterización serán abordados desde el dominio frecuencial utilizando una adecuada combinación de técnicas espectrales fundamentalmente de orden superior basadas en las técnicas: kurtosis espectral, espectros desplazados, densidades biespectrales y triespectrales, densidades biespectrales cruzadas, descomposición empírica de modos, las que se deben complementar con las funciones espectrales típicas densidad de potencia espectral, densidad de

potencia espectral cruzada, función coherencia, coherencias múltiples, función transferencia, cepstrum, transformada de Hilbert y el coeficiente de coherencia de la misma.

3. Debido a la necesidad de comprender estas técnicas en detalle, se ha efectuado un estudio detallado de las mismas y se ha comenzado con su programación (en lenguaje Fortran). El avance actual de los programas de estimación espectral es de aproximadamente un 70%.

4. Se han seleccionado un conjunto de modelos con distintas condiciones de no linealidades de 1, 2, 4 grados de libertad y un modelo espacial unidimensional deviga, en diferentes condiciones de excitación (paramétrica y externa) determinista y aleatorias que serán utilizados para validar las técnicas de análisis propuestas (y/o variantes que surjan durante el desarrollo del trabajo). El objetivo de los mismos es generar señales, para lo cual se hace necesario escribir los adecuados programas de simulación.

Estos comenzarán una vez que finalicemos la etapa 3. y se prevé que insumirán aproximadamente 1 mes.

5. Se encuentra en desarrollo un plan de mediciones experimentales de laboratorio. Durante el mes de septiembre se buscará un taller para el mecanizado de los elementos necesarios. Se disponen de mediciones de planta reales, cuyas señales tienen todas las apariencias de poseer características no lineales.

6. Para mediados de 2011 se estará en condiciones de estimar la deformación espectral de la respuesta de un sistema excitado aleatoriamente en forma paramétrica, utilizando los polinomios de Wiener-Hermite en uno de los modelos de 2 g.d.l. utilizados en la simulación, y hacia fin de dicho año se comenzarán con las aplicaciones.



---

## Optimización de las envolventes constructivas mediante el aprovechamiento de materiales con criterios de sustentabilidad y ahorro energético

**Doctoranda: Iris B. Sánchez Soloaga. [sanchezsoloaga@hotmail.com](mailto:sanchezsoloaga@hotmail.com)**

---

Director: Ing. Ángel Oshiro. Codirectora: Dra. María Positieri

*Grupo de Investigación en Tecnología de los Materiales de Construcción y Calidad,*

*UTN - Facultad Regional Córdoba*

---

Desde la óptica del medio ambiente de la construcción, la fabricación de algunos materiales de construcción de base cementicia implica un consumo de recursos naturales y de residuos que deben ser eliminados o minimizados.

En el caso del cemento es necesario considerar la problemática de la emisión de CO<sub>2</sub>.

Así, por ejemplo, la elaboración del clínker para fabricación del cemento portland requiere:

- alto consumo de materias primas;
- alto consumo de energía (> 5% de la energía industrial);
- la emisión de 730 y 990 kg de CO<sub>2</sub> a la atmósfera;

Teniendo en cuenta que la mayor cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> se produce por la calcinación de la piedra caliza y el empleo de combustibles fósiles, para cumplir con las cuotas de emisiones impuestas en el Protocolo de Kyoto será necesario reducir la cantidad de clínker en el cemento y aumentar la eficiencia del proceso de elaboración, y de este modo disminuir el consumo de combustibles fósiles.

Estudios realizados por Malhotra indican que "...mezclas de hormigón superfluidificado han mostrado que cuando se limita la relación a/mc a 0.3 o menos, puede reemplazarse hasta 60 por ciento de cemento con ceniza volante clase F o clase C (ASTM C 618) para obtener excelentes características de resistencia y

durabilidad.

Las cenizas volantes son los residuos sólidos que se obtienen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas que utilizan como combustible el carbón mineral.

En este trabajo, como parte del plan de la tesis, se presentan los resultados experimentales de hormigones autocompactables con alto volumen de adiciones activas como reemplazo de parte del cemento con el objeto de disminuir el contenido del mismo, como una contribución a la sustentabilidad del medio ambiente.

Se estudiaron los materiales de la zona y una adición mineral activa, diseñándose un hormigón patrón sin adición y luego las diferentes mezclas con distintos porcentajes de reemplazo. Para cada una de las mezclas se determinaron las propiedades en estado fresco y endurecido.

Los resultados obtenidos indican que es posible la sustitución de una importante proporción de cemento por la adición activa en estudio. Constituyendo así una cuota significativa a la sostenibilidad del medio ambiente y a la reducción de la emisión del CO<sub>2</sub> a través de la investigación de "materiales verdes" de posible aplicación en las construcciones civiles.

---

## INGENIERÍA CLÍNICA Y BIOINGENIERÍA

---

Potenciar el proceso de innovación, de colaboración entre las empresas y los organismos e instituciones científicas y de integración de los sectores académicos, sanitarios e industriales alrededor de la labor científica, tecnológica y productiva, apoyándose en los diferentes grupos de trabajo, que vienen desarrollando actividades en el área de las tecnologías electro-médicas, en las distintas Facultades Regionales.

---

---

## Aceleración de Método Iterativo de Reconstrucción Tomográfica mediante Procesadores Gráficos

**Doctorando: Martín Belzunce.** [belzunce@cae.cnea.gov.ar](mailto:belzunce@cae.cnea.gov.ar)

---

Director: Dr. Isaac Marcos Cohen – Co-Director: Ing. Claudio Verrastró

*Centro Atómico Ezeiza, Comisión Nacional de Energía Atómica, y Departamento de Electrónica, UTN – Facultad Regional Buenos Aires*

---

El AR-PET es el primer tomógrafo por emisión de positrones (PET) desarrollado en Argentina. El mismo es resultado de un trabajo en conjunto de grupos de trabajo de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBA). El objetivo de este trabajo de tesis es desarrollar el algoritmo de reconstrucción de imágenes para el AR-PET.

La finalidad de las técnicas de reconstrucción en un tomógrafo PET es generar imágenes precisas que cuantifiquen la distribución de positrones emitidos por el radioisótopo dentro del órgano en estudio, utilizando tanto la radiación escaneada como los algoritmos matemáticos de la tomografía computada. Esta reconstrucción es necesaria porque la información obtenida durante un estudio PET sólo brinda la posición del átomo emisor a lo largo de una línea de respuesta (LOR), también llamada proyección, que atraviesa la estructura del mismo.

Los algoritmos utilizados actualmente están basados en el algoritmo ML-EM, algoritmo iterativo que usa el estimador de Maximum Likelihood y el método de optimización Expectation Maximization. Su versión acelerada se denomina OSEM (Ordered Subsets Expectation Maximization) y es el algoritmo estándar en la actualidad. Estos algoritmos requieren una buena modelización del comportamiento de los fenómenos físicos y su detección en el tomógrafo para

obtener imágenes de buena calidad. El costo computacional involucrado es alto. Por tal razón, en esta tesis se trabaja en la modelización del tomógrafo AR-PET y en la aceleración del algoritmo a través de la utilización de procesadores gráficos (GPU).

### **Aceleración del Algoritmo**

Se desarrolló una versión del algoritmo ML-EM 3D para GPU utilizando el lenguaje CUDA y placas NVIDIA. Se compararon los tiempos de reconstrucción entre la implementación en GPU y CPU, utilizando datos de un tomógrafo PET/CT Discovery STE y datos simulados. Se logró una aceleración de los tiempos de reconstrucción de hasta 30 veces, manteniendo la calidad de la imagen reconstruida. Los primeros resultados de este trabajo fueron presentados en el Congreso AATN 2009.

### **Modelado del AR-PET**

Para la modelización del Sistema se ha trabajado con simulaciones realizadas con la aplicación GATE, basada en el simulador Montecarlo Geant4.

Esta aplicación permite simular el proceso físico de adquisición de un detector o un tomógrafo definido por el usuario a través de su geometría y de las características de su cadena de procesamiento. Utilizando el GATE se han generado y procesado múltiples simulaciones de los ensayos definidos en la norma NEMA NU2-2001, que permiten estimar y cuantificar parámetros de performance del tomógrafo AR-PET.

Esto no sólo ha sido de utilidad para obtener la información necesaria para trabajar en el modelado del equipo, sino que también permitió encontrar puntos en los que era necesario mejorar el diseño, entre los cuales se destaca la tasa de conteo de eventos. Además se evaluaron distintas optimaciones del blindaje del equipo, para evitar que esta tasa de conteo se vea afectada por radiación externa. Por último, estas simulaciones permitieron generar conjuntos de datos a reconstruir para evaluar los algoritmos desarrollados y a desarrollar. Se espera lograr una publicación con los resultados de las simulaciones realizadas.

### Trabajo a Futuro

En la próxima etapa se introducirán los parámetros obtenidos de las simulaciones en el modelo utilizado en el algoritmo de reconstrucción para GPU, ya que actualmente solo se han tenido en cuenta consideraciones geométricas. Continuando con esta línea de trabajo, se generarán nuevas simulaciones que incorporen el movimiento rotatorio que forma parte del diseño del AR-PET. Ésta es una característica que no posee ningún PET comercial, por lo que será importante obtener resultados de la influencia del movimiento rotatorio en la calidad de la imagen reconstruida.

---

## Ingeniería Cardiovascular: Control y procesamiento de señales para la detección no invasiva de aterosclerosis infraclínica

**Doctorando: Leandro Cymberknop. [ljcymber@yahoo.com.ar](mailto:ljcymber@yahoo.com.ar)**

Director: Dr. Walter Legnani - Co-Director: Mg. Franco Pessana  
 Departamento de Electrónica, UTN – Facultad Regional Buenos Aires

---

La aterosclerosis infraclínica describe puntualmente estados iniciales de la aterosclerosis (formaciones de placas en el interior de las arterias, producidas por un crecimiento de células de músculo liso en la túnica íntima-media de las mismas, llegando a calcificarse), que se manifiestan a nivel arterial en diversas zonas del cuerpo de manera asintomática. La capacidad de mensurar la aterosclerosis infraclínica permite evaluar el riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular. El endotelio, principal mediador del comportamiento arterial ante condiciones de flujo, presenta reacciones distorsionadas ante la presencia de fenómenos que inciden sobre el normal desenvolvimiento del complejo mecanismo arterial. Las estrategias primarias de prevención se fundamentan en la identificación temprana y precisa

de individuos que se encuentren dentro del grupo de riesgo [1]. Es ineludible, la necesidad de contar con marcadores precoces que permitan en forma directa, reproducible y no invasiva, detectar la presencia de la enfermedad [2]. La rigurosidad del estudio de la respuesta endotelial, para la detección de indicadores tempranos, sugiere el establecimiento de etapas de análisis perfectamente inidentificables.

**Etapas I (Cumplida):** Comportamiento del flujo y aplicabilidad de modelos en arterias musculares para diferentes estados hemodinámicos [3]. El análisis del comportamiento arterial requiere de un conocimiento dinámico y preciso de los estímulos y reacciones involucradas. La cuantificación de los parámetros que intervienen en el proceso se efectúa mediante la adquisición de datos (perfiles

de velocidad de flujo por Velocimetría Doppler Multipuerta, VDM) y aplicación de modelos existentes. Sin embargo, el comportamiento del flujo sanguíneo, la tensión de cizallamiento y la distensibilidad arterial manifiestan una alta dependencia respecto a su ubicación anatómica. El objetivo central de esta etapa consistió en analizar las relaciones funcionales existentes entre el fluido y la pared arterial, en zona determinada (arteria radial), y determinar la aplicabilidad de modelos específicos, tales como el modelo de Poiseuille (en valores medios) y el de Womersley (flujo pulsátil, conducto rígido). En consecuencia, resulta factible asegurar la obtención de parámetros como la tasa de cizallamiento, entre otros, a partir de mediciones directas de la velocidad central (de fácil adquisición), con un grado de precisión razonable. Adicionalmente, y debido a la disponibilidad de los datos, se evaluaron respuestas dinámicas diferenciales en relación al género.

**Etapas II (En desarrollo):** Respuesta endotelial: Geometría fractal, Onditas y Modelización adaptativa. Determinadas señales biológicas o "bioseñales", presentan un aspecto altamente llamativo en términos del análisis mediante técnicas de procesamiento en tiempo - frecuencia: la autosimilaridad. Ligada a esta última puede contemplarse, en numerosas ocasiones, el comportamiento fractal (señales constituidas por estructuras que se repiten a distintas escalas temporales). La aplicación de herramientas como la transformada ondita (caracterización de una señal en tiempo

y frecuencia en forma simultánea) permiten detectar el comportamiento fractal de una serie temporal a partir de la información constitutiva de la serie en sus sucesivos niveles (coeficientes y bandas frecuenciales). Esta última característica constituye además una herramienta imprescindible para la detección de marcadores funcionales [4]. La identificación y cuantificación de la dimensión fractal (grado de irregularidad de la serie temporal) se manifiestan como altamente relevantes en la evaluación de la actividad de sistemas biológicos donde, para el presente caso, se busca su vinculación con la respuesta endotelial. Adicionalmente, se utilizará la capacidad de la transformada ondita para la caracterización de la viscosidad sanguínea (de variabilidad considerable para fluidos no Newtonianos). Para este último fin, se está trabajando en el acondicionamiento y mejora del Banco de ensayos arteriales in vitro (Simulador circulatorio), perteneciente al Dpto. de Electrónica de la FRBA, para que conjuntamente con el Velocímetro Doppler Multipuerta donado al mismo, puedan adquirirse nuevas series para procesamiento. Como último eslabón de análisis, la modelización adaptativa revelará información concerniente a la relación estímulo - respuesta, para la caracterización del sistema de control endotelial. **Palabras clave:** perfiles de velocidad, aterosclerosis, respuesta endotelial, modelo de Womersley, análisis multiresolución, transformada ondita, geometría fractal, procesamiento adaptativo de señales.

#### REFERENCIAS

1. Fernandes V et. al, Subclinical Atherosclerosis and Incipient Regional Myocardial Dysfunction in Asymptomatic Individuals. The multiethnic study of atherosclerosis (MESA), *Journal of the American College Cardiology* 2006, 2420-8.
2. Poblete S, Marcadores precoces de aterosclerosis, en *Rev. Chilena de Cirugía*, (2005), 57, 2:101-108.

3. L. J. Cymberknop, F.M Pessana, R.L. Armentano, W. Legnani, A. Furfaro, Flow behavior and applicability of models for different hemodynamic states, en 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'10), Buenos Aires, 2010. (aceptado).
4. Mirko De Melis et al., Blood Pressure analysis by means of wavelet transform, en Med. Biol. Eng. Comput., 2009, 47, pp. 165–173.

---

## Procesamiento y clasificación automática del electrocardiograma para la detección de índices de riesgo

**Doctorando: Mariano Llamedo Soria. [llamedom@electron.frba.utn.edu.ar](mailto:llamedom@electron.frba.utn.edu.ar)**

---

Director: Juan Pablo Martínez Cortés

*Departamento de Electrónica, UTN – Facultad Regional Buenos Aires y Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón, Universidad de Zaragoza*

---

Las enfermedades cardiovasculares son en la actualidad la mayor causa de muerte individual en los países desarrollados [1], por lo tanto cualquier mejora en las metodologías para el diagnóstico podrían mejorar la salud de muchas personas. La clasificación de latidos es un análisis importante para el estudio de arritmias, que se puede realizar a partir del electrocardiograma (ECG).

La automatización de esta tarea podría mejorar la calidad diagnóstica, especialmente en registros Holter. En esta línea de investigación se estudió el desempeño en la clasificación de modelos de características hallados mediante un algoritmo de búsqueda flotante [2], focalizando en la capacidad de generalización. Estas características fueron extraídas de la serie de intervalos RR, de todas las derivaciones presentes y de varias escalas de la transformada wavelet.

La generalización fue estudiada usando dos bases de datos disponibles de manera gratuita, la de arritmias del MIT-BIH y la de arritmias supraventriculares, también del MIT-BIH [3].

En ambas bases de datos se siguieron las recomendaciones de la AAMI-EC57 [4] para el etiquetado de clases y la pre-

sentación de resultados.

Se utilizó un algoritmo de búsqueda de características flotante para obtener los mejores modelos en los sets de entrenamiento y validación, para distintos parámetros de búsqueda.

El mejor modelo encontrado consta de 8 características y fue entrenado y evaluado en conjuntos de datos completamente disjuntos. Los resultados obtenidos fueron: exactitud global de 93 %; para la clase de latidos normales, sensibilidad (S) 95 %, valor predictivo positivo (P+) 98 %; para la clase de latidos supraventriculares S 77 %, P+ 39 %; para los latidos ventriculares S 81 %, P+ 87 %. Adicionalmente se evaluó la capacidad de generalización del modelo en la base de datos pública del INCART, con resultados comparables a los obtenidos en el set de prueba.

Este modelo de clasificación se desempeña mejor que otros actuales y los resultados obtenidos sugieren mejor capacidad de generalización.

Los resultados presentados han dado lugar a diversas colaboraciones en congresos internacionales [5], [6], [7], y a un artículo de revista internacional [8]. Actualmente se está trabajando en la ampliación de los modelos de clasificación

para admitir un set arbitrario de derivaciones de ECG [9] en colaboración con la empresa alemana Biosigna GmbH; como también en métodos de adaptación al paciente bajo estudio para mejorar el desempeño.

#### REFERENCES

1. Cardiovascular diseases. World Health Organization. [http://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/en/](http://www.who.int/cardiovascular_diseases/en/).
2. P. Pudil, J. Novovicova, and J. Kittler, "Floating search methods in feature selection," *Pattern Recognition Letters*, vol. 15(11), pp. 1119–1125, 1994.
3. A. L. Goldberger et al., "PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals," *Circulation*, vol. 101, no. 23, pp. e215–e220, 2000.
4. Testing and reporting performance results of cardiac rhythm and ST-segment measurement algorithms, American National Standard, ANSI/AAMI/ISO EC57, American National Standard Std., 1998–(R)2008.
5. M. Llamedo and J. Martínez, "An ecg classification model based on multilead wavelet transform features," in *Computers in Cardiology 2007*, vol. 34. IEEE Computer Society Press, 2007, pp. 105–108.
6. —, "Analysis of multidomain features for ecg classification," in *Computers in Cardiology 2009*, vol. 36. IEEE Computer Society Press, 2009, pp. 561 – 564.
7. —, "Evaluation of an ecg heartbeat classifier designed by generalization-driven feature selection," in *Engineering in Medicine and Biology Society. EMBC 2010. Annual International Conference of the IEEE*, 2010.
8. —, "Heartbeat classification using feature selection driven by database generalization criteria," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, In press.
9. —, "Analysis of 12-lead classification models for ecg classification," in *Computers in Cardiology 2010*, vol. 37. IEEE Computer Society Press, 2010.



---

## INGENIERÍA DE PROCESOS Y DE PRODUCTOS

---

### Alcances del Programa

I+D+i en el área de Procesos y Productos Industriales de variado tipo, teniendo en cuenta los tres niveles que ello implica:

1. Investigación en escala laboratorio o micro escala
  2. Simulación, optimización energética y económica
  3. Ajuste de parámetros en planta piloto para proyectar el cambio de escala al proyecto industrial.
-

## Degradación de efluentes fenólicos a través de procesos heterogéneos de oxidación avanzada

**Doctorando: Ulises Ariel Agú.** [uagu@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:uagu@scdt.frc.utn.edu.ar)

Director: Dra. Mónica E. Crivello - Co-Director: Dra. Sandra Casuscelli  
Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) - Grupo Zeolitas,  
UTN - Facultad Regional Córdoba

Las principales causas de la contaminación del agua superficial y subterránea son las descargas industriales, el uso de agroquímicos, y el vertido de residuos domésticos. Dentro de estos contaminantes, el fenol y sus derivados son compuestos orgánicos que presentan alta toxicidad. Una alternativa para la degradación éstos y otros contaminantes, son los denominados procesos de oxidación avanzada (AOPs), tales como el proceso Fenton y foto-Fenton (en presencia de energía UV), los cuales emplean sales de Fe (II) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en fase homogénea. Los mayores inconvenientes que presenta la aplicación de estas tecnologías, son: el bajo pH de trabajo requerido, y la generación de grandes cantidades de lodos de hidróxidos metálicos.

El hecho de poder inmovilizar cationes redox sobre materiales sólidos, permite mejorar la eficiencia de los procesos de oxidación homogéneos, ya que se facilita la separación y recuperación del catalizador sólido para su posterior reutilización. Dentro de los materiales viables a ser utilizados como catalizadores y/o fotocatalizadores heterogéneos, se encuentran los óxidos mixtos provenientes de hidróxidos de doble capa, y los materiales mesoporosos tipo MCM-41. El propósito principal de este plan de trabajo, es la degradación de efluentes fenólicos (fenol y fenoles halogenados) vía catálisis y fotocatalisis heterogénea en fase acuosa, a través de procesos de

oxidación avanzada, utilizando peróxido de hidrógeno como agente oxidante.

Para ello, se sintetizarán hidróxidos de doble capa (HDC) de diferentes cationes de metales de transición, mientras que como anión de la intercapa se utilizará CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. La síntesis se realizará por coprecipitación de los distintos iones, evaluando el envejecimiento por vía hidrotérmica y a temperatura ambiente. Dichos materiales serán calcinados a diferentes temperaturas para, de ésta manera, obtener los óxidos mixtos correspondientes.

Además, se sintetizarán tamices moleculares mesoporosos del tipo MCM-41 modificados con Fe y Cu, empleando tetraetoxisilano como fuente de silicio y un surfactante catiónico como agente plantilla. Se evaluarán los siguientes métodos de síntesis: 1) La incorporación directa del ión metálico como precursor durante la etapa inicial, por síntesis hidrotérmica convencional a temperatura ambiente. 2) La incorporación del metal mediante técnicas post-síntesis.

Las propiedades estructurales, superficiales y texturales de los materiales sintetizados serán caracterizadas empleando diversas técnicas físico-químicas. Los sólidos obtenidos, se evaluarán inicialmente en la degradación del fenol (molécula modelo) en solución acuosa vía proceso tipo Fenton. La misma se realizará en un reactor batch de vidrio a presión atmosférica. En cuanto a las reacciones fotocatalíticas, se llevarán a

cabo en un reactor batch cilíndrico con recirculación.

Para lograr la mayor degradación del fenol, se estudiara el efecto de distintas variables tales como: concentración de contaminante, agua oxigenada, masa de catalizador utilizado, radiación y potencia utilizada, pH del medio, etc. Para seguir el avance de la reacción se determinará la concentración de fenol remanente mediante cromatografía líquida de alta presión (HPLC) con detector UV. Por otro lado, la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se determinará por iodometría o

permanganometría. Además, se llevará a cabo la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mediante el método estándar 5220-D (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-2</sup>/Cr+3).

Con el objeto de obtener los materiales más activos en la degradación, se analizarán los resultados de la caracterización de cada material sintetizado y su evaluación catalítica para, de ser necesario, reformular los sólidos.

Los resultados obtenidos serán difundidos en reuniones científicas y en revistas internacionales.

## Obtención de aceitunas negras naturales: estudio de procesos fermentativos que optimicen la calidad del producto

**Doctoranda: D. M. Eugenia Álvarez.** [dalvarez@tecnicatura.frc.utn.edu.ar](mailto:dalvarez@tecnicatura.frc.utn.edu.ar)

Directora: Dra. Alicia Lamarque

UTN – Facultad Regional Córdoba y UNC – Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**Objetivos:** Determinar, a escala laboratorio, el procedimiento fermentativo más adecuado para obtener aceitunas negras naturales de óptimas características organolépticas (color: tonalidades más oscuras, textura: mayor dureza y

menor % de alambrado); y evaluar la influencia de factores tecnológicos, a nivel industrial, sobre las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas, ligados al sistema de fermentación.

### Materiales y métodos:

Campañas	Escala	Variedad	Fermentaciones ensayadas
1	Piloto - laboratorio	Farga	Aeróbica y anaeróbica, con y sin CaCl <sub>2</sub>
2	Piloto - laboratorio e industria	Farga/Manzanilla	Aeróbica y anaeróbica, con y sin CaCl <sub>2</sub>
3	Escala industrial	Manzanilla - Arauco	Aeróbica y anaeróbica, con y sin CaCl <sub>2</sub>

Los parámetros físico-químicos medidos en la salmuera fueron pH, NaCl, acidez libre, azúcares reductores y CO<sub>2</sub>. El estudio microbiológico incluyó levaduras, bacterias Gram - y lactobacilos. Los parámetros de calidad evaluados en el producto final fueron color (espec-

trofotometría), textura (compresión-cizallamiento) y composición proximal: humedad (60°), lípidos (Soxhlet, n-hexano), proteínas (Kjeldahl). En el período 3, además, se midió en la salmuera el O<sub>2</sub> y en el producto final el porcentaje de cenizas (Mufla 600 °C) y se calculó

el porcentaje de carbohidratos y valor calórico. En ambos casos se determinó el contenido fenólico (Folin-Ciocalteu). Se evaluó sensorialmente el producto final de var. Manzanilla. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza (LSD Fisher).

**Resultados logrados:** Se observó en todos los períodos, variedades y escalas ensayados que las aceitunas obtenidas a través del sistema aeróbico mostraron valores de reflectancia inferiores (tonalidades más oscuras) que las elaboradas anaeróbicamente, y se determinó que las levaduras dominaron todas las fermentaciones probadas. A su vez, en el *Período 1* se evidenció que los frutos fermentados a través del sistema aeróbico con CaCl<sub>2</sub> mostraron mejor textura sin observarse diferencia en la composición proximal. En el *Período 2* se detectó que la textura de las aceitunas var. Farga obtenidas por fermentación aeróbica en laboratorio e industria fue similar, y de mayor consistencia que las elaboradas anaeróbicamente, mientras que en la var. Manzanilla se observó diferencia entre escalas, pero la aireación mejoró

la textura en ambos casos. La mayoría de los parámetros químicos del fruto en ambas variedades no se vieron afectados por el proceso o la magnitud de los fermentadores. En el *Período 3* se observó que las aceitunas var. Manzanilla obtenidas con incorporación de aire y CaCl<sub>2</sub> presentaron mayor dureza, mientras que las de la var. Arauco mostraron mejor textura en las fermentaciones realizadas en presencia de CaCl<sub>2</sub>, independientemente del sistema de aireación. Sensorialmente, los jueces consumidores mostraron mayor aceptabilidad general y de textura en aceitunas obtenidas aeróbicamente, sin diferenciar el sabor con las elaboradas en ausencia de aire. Nutricionalmente, no se observaron diferencias en el valor calórico entre sistemas y variedades.

**Resultados previstos:** Identificación de los géneros de microorganismos mayoritarios presentes en la fermentación aeróbica de las aceitunas negras naturales (mediante pruebas bioquímicas). Obtener el diseño del proyecto de ingeniería del sistema aeróbico a aplicar a gran escala en la industria.

---

## Preparación y caracterización de zeolitas modificadas con cationes de transición. Medición de propiedades dieléctricas y magnéticas y su aplicación en la síntesis de compuestos químicos bajo radiación microondas.

**Doctorando: Federico Azzolina-Jury.** [azzolinafederico@gmail.com](mailto:azzolinafederico@gmail.com)

Directores: Dra. Liliana Beatriz Pierella - Dr. Lionel Estel

CITeQ-Grupo Zeolitas Facultad Regional Córdoba- UTN; LSPC (Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques) INSA de Rouen

---

Los materiales microporos del tipo zeolitas se utilizan como adsorbentes, intercambiadores iónicos, catalizadores selectivos y anfitriones moleculares. Las estructuras bien definidas y uniformes de sus poros inducen al control de tamaño, forma y químico. Las nano-

partículas de elementos de transición, tanto de óxidos de metal como de especies formadas con entidades propias interaccionando con la red, pueden potencialmente ser utilizados como “materiales hospedaje” con aplicaciones en la transmisión de radiación electromagné-

tica o posibles emisiones moleculares: óptica, electrónica, sensores, materiales magnéticos; control de la contaminación, catálisis en general y procesos de separación.

El requerimiento de procesos tecnológicos ambientalmente más limpios, ha ejercido presión para el desarrollo de novedosos catalizadores industriales que cumplan con estos requisitos. La tecnología con aplicación de microondas es de gran interés para procesos de intensificación. Para sistemas de reacción catalíticos polifásicos, las velocidades de reacción son aceleradas y la selectividad a productos puede ser modificada cuando la radiación microonda es utilizada en lugar de los métodos tradicionales de calentamiento. Se busca un rápido calentamiento, un control selectivo de calentamiento, un incremento en la producción (mayor selectividad y pureza) de los productos buscados, favoreciendo por lo tanto el ahorro energético.

Las zeolitas dotadas de metales de transición podrán presentar propiedades iónicas y magnéticas que contribuirán igualmente a cierta actividad bajo microondas. La respuesta en términos de conversión de energía y de selectividad bajo microondas se examinará en función de la naturaleza y cantidad de metal introducido, además de la posición de los contraiones en las cavidades, supercavidades y canales.

Existen varias reacciones candidatas a ser estudiadas en el presente plan de trabajo: las reacciones de oxidación cuyo interés es evidente en síntesis orgánica y las reacciones de transesterificación empleadas en síntesis clásica y más particularmente en la valorización de la biomasa.

La oxidación selectiva de alcoholes primarios y secundarios a aldehídos y ce-

tonas respectivamente, constituye una importante transformación en síntesis orgánica.

Ciertos catalizadores que posean propiedades ácido-base podrán ser utilizados para la transesterificación de ésteres y ácidos grasos a partir de la biomasa. Se trata de sintetizar moléculas sustituyendo el glicerol (C3) por el sorbitol (C6) con el fin de obtener biolubricantes altamente biodegradables.

Estos productos ya fueron estudiados en los laboratorios del grupo francés y presentaron propiedades muy interesantes, con una ausencia total de toxicidad para el ser humano y el medioambiente.

Por otro lado, se ha estudiado la reacción de transesterificación con el uso de zeolitas como catalizadores, sin embargo, no hay bibliografía acerca de este tipo de reacción, catalizada por zeolitas bajo microondas.

En el presente plan de trabajo se propone el estudio de la regeneración de los materiales zeolíticos empleados en actividad catalítica (particularmente zeolitas ZSM o BEA), con el empleo de radiación microondas. Así también, se plantea estudiar el efecto de esta radiación, en el proceso de eliminación del agente plantilla de alguna de las dos zeolitas mencionadas, esperando disminuir los tiempos empleados en la desorción de la molécula orgánica. De tal forma, la preparación de materiales zeolíticos y su aplicación en sistemas catalíticos de reacción con calentamiento convencional sería parte del aporte del grupo argentino, además de estudiar el comportamiento magnético de alguno de los materiales. En el grupo francés, se estudiaría el comportamiento dieléctrico y catalítico de las mismas reacciones pero bajo el efecto microondas, e inclusive también algún comportamiento magnético en los últimos años de la Tesis. En

ambos grupos se realizarían ensayos de caracterización fisicoquímica de los materiales zeolíticos.

---

## Oxidación de Terpenos mediante Catálisis Heterogénea. Una alternativa de Química Limpia

**Doctoranda: Analía Laura Cánepa. [acanepa@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:acanepa@scdt.frc.utn.edu.ar)**

Director: Dra. Sandra G. Casuscelli - Co-Director: Dra. Griselda A. Eimer

*Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) - Grupo Zeolitas - UTN - Facultad Regional Córdoba*

---

Los terpenos constituyen un grupo de hidrocarburos de fórmula molecular  $[(C_5H_8)_n]$  que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal y sus productos oxidados a menudo son materiales de partida para la síntesis de fragancias, saborizantes y sustancias terapéuticamente activas. De aquí la importancia de estudiar la reacción de oxidación de terpenos con más detalle.

Actualmente, las reacciones de oxidación homogénea para obtener derivados de mayor valor agregado, continúan utilizando sales de metales solubles como catalizadores; sin embargo, la tendencia de los últimos años ha sido soportarlas o incorporarlas en tamices moleculares para disminuir la producción de subproductos y efluentes contaminantes. En consecuencia, se tiende a la oxidación heterogénea tanto en fase gaseosa como en fase líquida.

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de productos de interés industrial de alto valor agregado provenientes de las reacciones de oxidación de  $\alpha$ -pineno y Linalol. Dentro de los productos de oxidación del  $\alpha$ -pineno se encuentran: verbenol, verbenona, epóxido de  $\alpha$ -pineno y aldehído canfolénico, los cuales son de gran importancia como intermediarios para la manufactura de químicos finos incluido citral, mentol, taxol y vitamina A y E y como fragancias. Se proyecta el desarrollo de estos

materiales base para la industria química fina a través de nuevas tecnologías o bien mejorando las existentes por procesos catalíticos heterogéneos, con menor impacto ambiental, que eviten la utilización o generación de compuestos contaminantes. Es por esto que se seleccionó como oxidante el  $H_2O_2$ , debido a su elevado porcentaje de oxígeno activo y bajo costo. Los catalizadores utilizados son tamices moleculares de la serie MCM-41 modificados con metales de transición tales como Ti, Cu, V. Estos materiales se evalúan mediante la reacción prueba de oxidación de ciclohexeno con el objeto de realizar una preselección al estudio de la oxidación de los terpenos mencionados y sugerir posibles mecanismos que expliquen el comportamiento catalítico observado.

En una reacción típica se coloca la mezcla (sustrato, oxidante ( $H_2O_2$ ), solvente (acetónitrilo) y el catalizador en un reactor de vidrio pirex equipado con un agitador magnético y un condensador a reflujo se sumerge en un baño termostático a  $70^\circ C$ . Se toman muestras a diferentes tiempos de reacción a través de una tubuladura lateral, sin apertura del reactor. Las alícuotas se filtran y analizan por Cromatografía Gaseosa y el  $H_2O_2$  remanente se determina por titulación iodométrica.

Se evaluaron materiales mesoporosos modificados con distintos contenidos

de cobre los cuales se mostraron activos a la oxidación del ciclohexeno con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, evidenciando una mayor conversión a medida que se incrementa el contenido de Cu en el catalizador (8% mol de ciclohexeno a 5h). Los productos que se obtuvieron mayoritariamente fueron aquellos provenientes de la oxidación alílica, generados a partir de radicales libres vía un mecanismo redox. El catalizador más activo fue utilizado en la reacción de oxidación de  $\alpha$ -pineno bajo las mismas condiciones alcanzando una conversión del 12% mol a las 7h de reacción. A los fines de aumentar la conversión de la olefina, se duplicó la cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> obteniéndose una conversión de  $\alpha$ -pineno cercana al 20%. En ambos

casos la conversión de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a la hora de reacción, fue superior al 90% en mol. Ante este elevado consumo de oxidante, se realizó una experiencia adicionando más H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a la media hora de reacción para re establecer la concentración inicial de peróxido relación (4/1), alcanzando un valor de conversión cercano al 24%. Con estos materiales se obtuvo, como era de esperar, una elevada selectividad a productos alílicos, alcanzando la verbenona un valor superior al 40%. Se evaluaron también catalizadores modificados con Vanadio en la oxidación de ciclohexeno alcanzando conversiones cercanas al 24% en mol para una relación 4/1; dicha reacción continúa en estudio.

---

## Síntesis y caracterización de tamices moleculares mesoporosos modificados con metales de transición para su aplicación en reacciones de interés en química fina

**Doctoranda: Corina M. Chanquía. [cchanquia@gmail.com](mailto:cchanquia@gmail.com)**

---

Director: Dr. Eduardo R. Herrero - Co-Directora: Dra. Griselda A. Eimer

*Centro de Investigación y Tecnología Química (CITEQ) - Grupo Zeolitas - UTN - Facultad Regional Córdoba*

---

Con el objeto de preparar catalizadores con propiedades redox, durante el transcurso de esta tesis fueron sintetizados y caracterizados tamices moleculares mesoporosos tipo MCM-41 modificados con Titanio, Cobre y Vanadio mediante métodos de síntesis directa e intercambio ión-surfactante.

Se estudió la influencia de diversas variables de síntesis sobre las propiedades morfológicas, texturales, estructurales y superficiales de estos materiales nanoestructurados, prestándole especial atención a la naturaleza, localización y distribución de las diferentes especies metálicas generadas, así como también a sus propiedades ácidas y redox.

Las técnicas de caracterización empleadas fueron: XRD, ICP, AAS, Isoter-

mas de fisisorción de N<sub>2</sub>, DTA, TGA, H<sub>2</sub>-TPR, UV-Vis-DR, IR-TF-Pyr, XPS, XAS (XANES y EXAFS), EPR, SEM y TEM.

Estos catalizadores presentaron morfología esférica con una estrecha distribución de tamaño de partículas entre 2-4  $\mu$ m. Todos los materiales presentaron altas áreas superficiales específicas (~1000 m<sup>2</sup>/g), característica de materiales con estructura mesoporosa bien definida. Mediante el análisis sinérgico de las técnicas de caracterización empleadas se pudo inferir la existencia de tres diferentes especies metálicas en estos catalizadores: cationes mononucleares aislados M $\delta^+$ , posiblemente coordinados con oxígenos de la red; "clusters" oligonucleares lineales ( $\cdots M\delta^+ \cdots O\delta^- \cdots M\delta^+ \cdots$ ), probablemente in-



sertos en los canales mesoporosos; y, óxidos metálicos segregados de la estructura silíceo. Se determinó que la distribución de estas nano-especies depende de la naturaleza, fuente y contenido del catión metálico empleado como así también del tipo de tratamiento del gel y método de síntesis. Se realizaron dos “test” catalíticos durante el desarrollo de esta tesis de doc-

torado (oxidación de ciclohexeno con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y deshidrogenación de isopropanol) con el objeto de indagar sobre la naturaleza de los sitios activos de estos materiales y seleccionar estos materiales para ser empleados en reacciones de interés en química fina, tales como epoxidación de terpenos y deshidrogenación de alcoholes.

#### Referencias

1. Eimer G.A., Casuscelli S.G., Chanquía C.M., Elías V., Crivello M.E., Herrero E.R. *Catalysis Today*. 133-135, 2008, 639-646. Elsevier. Netherlands.
2. Eimer G.A., Chanquía C.M., Sapag K.M., Herrero E.R. *Microporous and Mesoporous Materials*. 116, 2008, 670-676. Elsevier. Netherlands.
3. Moyano E.L., Eimer G.A., Lucero P.L., Chanquía C.M., Herrero E.R., Yranzo G.I. *Applied Catalysis A*. 373 (1-2), 2010, 98-103. Elsevier. Netherlands.
4. Chanquía C.M., Sapag K.M., Rodríguez-Castellón E., Herrero E.R., Eimer G.A. *Journal of Physical Chemistry C*. 114 (3), 2010, 1481-1490. ACS Publications. EE.UU.
5. Chanquía C.M., Andirini L., Fernández J.D., Crivello M.E., Requejo F.G., Herrero E.R., Eimer G.A. *Journal of Physical Chemistry C*. 114 (28), 2010, 12221-12229. ACS Publications. EE.UU.

---

## **Análisis y comparación de diferentes modelos del cambio de fase eutectoide de una fundición de grafito esferoidal**

**Doctorando: Fernando Diego Carazo. [fcarazo@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:fcarazo@scdt.frc.utn.edu.ar)**

---

Director: Dr. Luis A. Godoy

*Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII), Dpto. de Ingeniería Mecánica, UTN – Facultad Regional Córdoba*

---

En este trabajo se comparan los resultados obtenidos de la simulación numérica del enfriamiento de una fundición de grafito esferoidal de composición eutéctica según diferentes modelos de la transformación eutectoide estable y metaestable. El cambio de fase eutectoide estable se simula aplicando tres modelos: el primero considera la difusión del carbono desde la austenita hacia los nódulos de grafito y hacia la austenita no transformada, asumiendo que en la interfase ferrita/grafito ocurre una reacción interfacial y en la interfase ferrita/austenita equilibrio, el segundo modelo considera que la concentración

de carbono en la interfase ferrita/grafito es la de equilibrio, finalmente, el tercer modelo sólo contempla la difusión del carbono desde la austenita hacia los nódulos de grafito asumiendo que las concentraciones de carbono en todas las interfases son las de equilibrio. Para el estudio de la transformación eutectoide metaestable se analiza la influencia que en el modelado de dicha transformación tiene la ley de nucleación de la perlita; para esto se proponen tres leyes de nucleación: una instantánea función de la velocidad de enfriamiento, una continua función del sobreenfriamiento y, finalmente, una ley continua del tipo

exponencial. La ecuación de energía, planteada a nivel de escala macroscópica, se resuelve mediante el método de los elementos finitos y el acoplamiento térmico-microestructural se realiza por el método del calor latente. Se discuten

las diferencias y se identifican ventajas y dificultades de cada modelo. Por último, los resultados numéricos son validados con los resultados obtenidos de los ensayos realizados con probetores para determinación de carbono equivalente.

---

## Síntesis y Caracterización de Materiales Mesoporosos para su Aplicación en Reacciones de Degradación Foto-catalítica

**Doctoranda: Verónica R. Elías. [velias@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:velias@scdt.frc.utn.edu.ar)**

---

Directora: Dra. Griselda A. Eimer - Co-Directora: Dra. Sandra G. Casuscelli.

*Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) - Grupo Zeolitas - UTN - Facultad Regional Córdoba*

---

Es conocido que los métodos de degradación convencionales no son capaces de remover completamente ciertos compuestos presentes en efluentes de la industria textil.

Entre estos compuestos, los colorantes azoicos presentan una particular dificultad debido a que no son biodegradables, y a que a su hidrólisis y oxidación parcial, generan sustancias carcinógenas, tóxicas y mutagénicas.

Por esta razón, en las últimas décadas se han desarrollado los llamados procesos de oxidación avanzados como métodos alternativos para el tratamiento de este tipo de sustancias. La fotocatalisis heterogénea es uno de los métodos principalmente utilizados en la remediación de la contaminación acuosa.

El mecanismo de una reacción de oxidación foto-catalítica heterogénea se basa en la absorción de un fotón cuya energía sea superior a la barrera energética entre la banda de valencia y de conducción del semiconductor utilizado como foto-catalizador. Este fotón absorbido permite el salto de un electrón generando en el sólido un par electrón-vacancia.

Este par puede recombinarse rápidamente liberando energía en forma de

calor o migrar a la superficie del catalizador. Cuando en el medio de reacción existen diferentes sustratos adsorbidos como moléculas de H<sub>2</sub>O o iones (OH)<sup>-</sup> se generan radicales libres (OH<sup>\*</sup>) responsables de la oxidación de la materia orgánica.

Los procesos foto-catalíticos tienen la ventaja de ser de naturaleza destructiva pudiendo ser llevados a cabo bajo condiciones ambientales utilizando O<sub>2</sub> atmosférico como oxidante para alcanzar la completa mineralización de carbono orgánico a CO<sub>2</sub>.

El propósito principal de este plan es el diseño, síntesis, caracterización y evaluación de materiales mesoporosos que presenten actividad foto-catalítica ya sea mediante la modificación de su estructura con diversos metales foto-sensibles y/o empleándolos como soporte de óxido de titanio.

Se pretende evaluar estos materiales en la degradación de efluentes de la industria textil intentando desplazar la foto-sensibilidad hacia la radiación visible para desarrollar nuevas tecnologías con menor impacto ambiental y con mayor aprovechamiento de la energía solar.

Hasta ahora se sintetizaron y probaron tamices moleculares del tipo MCM-

41 modificados con: Cr, Fe, Co y Ti en la degradación del colorante Acido Naranja 7 (AO7) utilizando radiación UVvis ó visible. Los foto-catalizadores fueron preparados por impregnación vía húmeda utilizando  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  y n-butóxido de Ti como fuentes de los metales.

La caracterización de los materiales se llevó a cabo por: DRX, UVvis-RD, TPR, ICP y medidas de área superficial por adsorción de  $\text{N}_2$ .

Todos los materiales presentaron elevadas áreas superficiales y alto ordenamiento estructural a pesar de ser ambos parámetros ligeramente afectados por la incorporación de Cr, Fe, Co y Ti. Por UVvis-RD se observó que los mate-

riales con Cr y Co presentan mayor absorción en el visible que los modificados con Fe.

La incorporación de  $\text{TiO}_2$  reforzó aún más la absorción a mayores longitudes de onda principalmente para los materiales previamente modificados con Cr y Fe. En cuanto a la actividad fotocatalítica, empleando radiación UVvis, los tamices modificados con Cr y  $\text{TiO}_2$  alcanzaron una degradación similar a la observada con el  $\text{TiO}_2$  comercial bulk. Cuando se emplea radiación visible, solo los catalizadores modificados con Cr presentaron actividad importante. Particularmente cuando en estos se depositó  $\text{TiO}_2$  se alcanzó una disminución en la concentración de AO7 de hasta 75% a 5 h de reacción.

---

## Síntesis de películas delgadas en base a óxidos mixtos de Co-Si para su empleo como superficies selectivas en colectores solares

**Doctoranda: María Celeste Gardey Merino.** [mcgardey@frm.utn.edu.ar](mailto:mcgardey@frm.utn.edu.ar)

Directora: Dra. Patricia G. Vázquez - Codirector: Dr. Gustavo E. Lascalea

*Grupo Energía Ambiente y Desarrollo Sustentable (CLIOPE), UTN – Facultad Regional Mendoza*

---

El objetivo general de la tesis es mejorar la eficiencia energética de colectores solares planos de baja temperatura, para calentamiento doméstico de agua, mediante el uso de nano y micropartículas constituyentes de películas delgadas. Estas películas delgadas se aplican sobre la placa colectora solar y a ambos se los denomina superficies selectivas solares.

La mejora de eficiencia energética a partir del uso de estas superficies selectivas se debe a que el sustrato presenta una baja emitancia en el infrarrojo con  $\lambda > 3\text{mm}$  que evita pérdidas térmicas y la película una alta absorbancia en el espectro solar ( $0,25 < \lambda < 3\text{mm}$ ). Esta película puede estar formada por una

pintura cuyos pigmentos se componen óxidos de metales de transición como el  $\text{Co}_3\text{O}_4$ . Hasta el momento se han obtenido pigmentos de  $\text{Co}_3\text{O}_4$  mediante síntesis por combustión (SC) mediante dos vías de SC, una estequiométrica y otra con exceso de combustible, con el uso de cuatro combustibles: lisina (LIS), ácido aspártico (ASP), ácido etilendiaminotetracético (EDTA) y tridihidroximetilaminometano (TRIS). Los productos de la combustión son cenizas que son calcinadas a  $500^\circ\text{C}$  y se obtienen los pigmentos.

Una vez obtenidos los pigmentos fueron caracterizados por las siguientes técnicas: Difracción de Rayos X (DRX) para conocer su estructura cristalina y tama-

ño de cristalita, Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM) para determinar el tamaño promedio y forma de la partícula, Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) para conocer su microestructura, mediante propiedades texturales, entre ellas superficie específica BET, para conocer el área de los pigmentos y, mediante reflectometría para determinar su absorción en el espectro solar.

#### Resultados actuales

Se han obtenido en todas las síntesis llevadas a cabo la fase deseada del  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , con partículas aglomeradas de tamaño promedio entre 50 y 100 nm y de cristalita entre 59 y 90 nm, además los valores de área específica se encuentran entre 4 y 30  $\text{m}^2/\text{g}$ .

De las mediciones de reflectometría se obtuvieron los valores de absorción para los pigmentos sintetizados por vías estequiométricas utilizando LIS y ASP como combustible que fueron de 88,3 y 86,3% ( $0,25 < l < 3\text{mm}$ ), respectivamente, y sobre recubrimientos elaborados con los pigmentos obtenidos de muy baja adhesividad, se obtuvieron valores de

absorbancia espectral entre 86 y 96% ( $0,4 < l < 1\text{mm}$ ).

Los valores de absorción obtenidos son prometedores para el uso en pinturas selectivas.

#### Resultados previstos

Los pigmentos obtenidos mediante las síntesis estequiométricas con LIS y ASP se utilizarán para preparar pinturas que serán aplicadas sobre diferentes sustratos, obteniendo así diferentes superficies selectivas a las cuales se les realizará mediciones para determinar los valores de absorción en el espectro solar y de emitancia en el infrarrojo.

Luego con estas placas se construirán banco de datos para determinar de forma aproximada el rendimiento energético de un colector solar, donde se espera que sea mayor en relación de los sustratos sin pintar y, similares a las pinturas importadas, utilizadas actualmente.

Se intentará también recubrir un colector solar real y determinar su rendimiento energético.

---

## Optimización Orientada al Ciclo de Vida de Sistemas de Generación de Energía

**Doctorando: Ezequiel Godoy.** [ezgodoy@frro.utn.edu.ar](mailto:ezgodoy@frro.utn.edu.ar)

Directora: Dra. Sonia Benz –Co-Director: Dr. Nicolás Scenna

*Centro de Aplicaciones Informáticas para el Modelado en Ingeniería (CAIMI) – UTN – Facultad Regional Rosario*

---

Se desarrollaron Modelos Matemáticos Funcionales Multiperiodo tipo NLP de plantas de generación de energía, que posibilitan obtener el diseño óptimo y las características operativas de las mismas considerando todos los escenarios incluidos dentro del horizonte de tiempo que comprende su ciclo de vida (arranque, operación, desarme).

Como casos de estudio de creciente complejidad, se consideraron:

*Ciclo Combinado* tipo GT + 1PSH HRSG (pequeña escala, constituye un caso base): corresponde a una planta de potencia conformada por una turbina de gas, un recuperador de calor de un nivel de presión, y una turbina de vapor.

*Ciclo Combinado* tipo GTPR2 + 3PRSH HRSG (gran escala, constituye el estado del arte en sistemas de generación de energía): corresponde a una innovadora planta de potencia conformada por dos

turbinas de gas (con poscombustión, recalentamiento y regeneración), dos recuperadores de calor de tres niveles de presión (con recalentamiento y secciones de intercambio en paralelo), y tres turbinas de vapor (de alta, media y baja), en una configuración 2 x 1.

La dificultad del enfoque multiperiodo radica en la necesidad de considerar la variabilidad de los parámetros que influyen sobre la planta (condiciones ambientales, condiciones operativas, condiciones de mercado), de manera que el sistema pueda hacer frente a la amplia gama de escenarios que afrontará a lo largo de su ciclo de vida.

La aplicación a la optimización de las características de diseño y operación de los ciclos combinados se realizó de acuerdo a distintos criterios de performance:

*Optimización Termodinámica*, la cual resulta útil en las etapas preliminares de diseño de una planta, ya que posibilita identificar tendencias en el comportamiento de la misma y revelar oportunidades de ahorro energético.

*Optimización Económica*, la cual brinda acceso a la evaluación de la rentabilidad de diferentes opciones de inversión, y permite seleccionar aquel proyecto que

exhiba los mejores valores de los indicadores financieros analizados.

El estudio de las características de las plantas de potencia óptimas permitió se estructure una metodología de resolución que posibilita hallar puntos de inicialización factibles a partir de conjuntos de ecuaciones que describen el comportamiento en el óptimo de las variables de decisión. Esta metodología probó ser de gran utilidad, al permitir la optimización de los modelos desarrollados con valores aceptables de los requerimientos computacionales.

Por medio de la optimización del valor presente neto, se identificaron las características de las plantas que minimizan los valores de los costos de inversión y operativos asociados a cada una de las fases del ciclo de vida de la planta, y por lo tanto, redundan en valores máximos del beneficio obtenido a largo plazo. Más aún, la comparación de las características de las plantas óptimas, con los resultados obtenidos mediante métodos tradicionales, resaltaron los beneficios que ofrece una metodología orientada al ciclo de vida, ya que permite que se alcancen mayores beneficios económicos y una mejor utilización de los recursos disponibles.

---

## **Zeolitas Modificadas con metales de transición y su reactividad fotocatalítica en la degradación de contaminantes acuosos**

**Doctoranda: Silvina del V. Gómez.** [silvi.v.gomez@gmail.com](mailto:silvi.v.gomez@gmail.com)

---

Directora: Dra. Liliana B. Pierella. Co-director: Dr. Luis R. Pizzio

*Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) - Grupo Zeolitas - UTN - Facultad Regional Córdoba*

---

La protección y conservación de los recursos naturales constituyen hoy en día una de las principales preocupaciones sociales. Entre estos recursos se destaca en primer lugar el agua como un bien preciado y escaso, lo que conduce a su

adecuado uso y reciclaje. Para la minimización de los impactos causados en las aguas por altas concentraciones de pesticidas, metales pesados y colorantes, entre otros contaminantes, en los últimos años se han implementado los

procesos de oxidación avanzada (POA) como una alternativa tecnológicamente viable y novedosa para el tratamiento de los efluentes líquidos.

Entre los procesos más utilizados se encuentra la fotocatalisis heterogénea que consiste en la aceleración de una fotoreacción mediante un catalizador, un método atractivo y eficiente para la degradación de los contaminantes medioambientales tóxicos o no biodegradables presentes en efluentes acuosos de origen doméstico, industrial o agropecuario.

Las prácticas agrícolas actuales han impulsado el constante crecimiento del uso de pesticidas, cuyo empleo intensivo ha dado como resultado la migración de los mismos desde las tierras tratadas hacia el aire, cuerpos de agua y otras tierras no tratadas, lo que va en detrimento de la cantidad medioambiental. La mayoría de los pesticidas requieren para su eliminación tratamientos altamente efectivos debido a su toxicidad, alta estabilidad química y/o baja biodegradabilidad. Los pesticidas organofosforados han sido empleados como insecticidas de amplio espectro y están comprendidos entre los diez más usados a nivel mundial.

El presente trabajo consta en realizar fotocatalisis heterogénea utilizando como catalizadores zeolitas microporosas de poro medio ZSM-11 y poro grande BEA, las cuáles serán sintetizadas y modificadas con iones de metales de transición. Se evaluará la influencia de la concen-

tración del metal y el tratamiento térmico sobre las propiedades texturales y especies químicas generadas en los materiales sólidos. Se realizará caracterización de los materiales zeolíticos por diversas técnicas fisicoquímicas como difracción de rayos X (XRD), Infrarojo (FTIR), área superficial (AA), entre otras.

Y, por último se evaluará la actividad de los materiales preparados anteriormente en la fotodegradación catalítica dos pesticidas organofosforados: Diclorvos (2,2-diclorovinil, dimetil fosfato) y Monocrotofos (dimetil (E) -1-metil-2-(metilcarbamoil) vinil fosfato) presentes en cursos acuosos y ampliamente utilizados en el control de plagas.

La misma se efectúa utilizando como fuente luminosa una lámpara de mercurio de 125W, colocada dentro de una camisa de vidrio Pirex, termostatzada mediante la circulación de agua, la que se sumerge en la solución del sustrato a degradar, contenida en un reactor discontinuo cilíndrico de 300 ml termostatzado, en la cuál se mantiene suspendido el catalizador mediante agitación y se burbujea aire en forma continua. Se estudiará la influencia de la concentración y tipo de catalizador, el pH y concentración inicial de pesticida sobre la velocidad y el porcentaje de mineralización alcanzado para distintos tiempo de reacción.

El análisis de reactivos y productos se realizará fundamentalmente por cromatografía gaseosa (GC), cromatografía Líquida (HPLC) y UV-Vis.

---

## Síntesis y caracterización de óxidos metálicos mixtos obtenidos a partir de compuestos tipo hidrotalcitas y su aplicación en reacciones orgánicas

**Doctoranda: Angélica C. Heredia. [angelicacheredia@gmail.com](mailto:angelicacheredia@gmail.com)**

---

Director: Dr. Eduardo R. Herrero. Co-Directora: Dra. Mónica Crivello

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITEQ) - UTN - Facultad Regional Córdoba

---

En los últimos años, el interés por la catálisis heterogénea básica ha ido en aumento, debido a que son muchas las reacciones de interés industrial tales como condensaciones, isomerizaciones, oligomerizaciones, alquilaciones, ciclaciones, deshidrogenaciones, etc.

En tales reacciones actualmente se utilizan bases líquidas.

Con el propósito de reemplazar dichos líquidos se sintetizaron sólidos básicos tales como: arcillas a-niónicas y óxidos metálicos mixtos con precursores tipo hidrotalcita. Dichos compuestos fueron utilizados como función activa en reacciones de deshidrogenación de etilbenzeno y condensación de citral.

Los cationes utilizados en la síntesis fueron Mg<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Al<sup>+3</sup> y Li<sup>+1</sup>, se variaron parámetros de síntesis, como temperatura y presión de envejecimiento, obteniendo, de ésta manera, distintas estructuras.

Por tratamiento térmico de los precursores en atmósfera de aire se producen óxidos mixtos. La caracterización fisicoquímica se realizó por DRX, XPS, SEM, TGA-DSC, UV-vis-DRS, BET y

propiedades magnéticas.

Las reacciones de actividad catalítica se llevaron a cabo en un reactor de lecho fijo a una temperatura de 550 °C y presión atmosférica, utilizando 0.1 g de catalizador.

El gas portador utilizado en una primera etapa fue N<sub>2</sub>, luego se seleccionó el catalizador más activo y se estudió su comportamiento frente al CO<sub>2</sub>.

La reacción de condensación se llevo a cabo en un reactor batch a 70 °C con una relación molar de acetona/citral de 5 y un 5% en peso de catalizador.

Los productos de la reacción se analizaron por cromatografía gaseosa utilizando un cromatógrafo HP 5890 con detector FID y columna tipo capilar (crosslinked methyl-silicone gum, 30 m x 0.53 mm x 2.65 mm de espesor de film).

En la tabla 1 se muestran los resultados de composición y actividad catalítica de los óxidos mixtos de Mg, Al, Zn, Fe en la reacción de deshidrogenación con N<sub>2</sub>, los subíndices indican el porcentaje de Zn en las muestras.

Muestras	Zn (% mol)	% Zn (only M <sub>2</sub> <sup>+</sup> )		M <sup>2+</sup> /M <sup>3+</sup>		Conversión de Etilbenzeno	Selectividad (% mol)			Area Superficial (m <sup>2</sup> /g)	
		Teórico	ICP	Teórico	ICP		Estireno	Benceno	Tolueno	Precursor	Calcinaadas
HT <sub>0</sub>	0	0	0	3	3.75	54.7	12.9	0.05	0.13	119	26
HT <sub>25</sub>	25	25	19	3	2.85	31.5	87.1	0.31	0.90	105	37
HT <sub>50</sub>	50	50	51	3	2.76	24.6	26.0	0.13	0.36	76	39
HT <sub>75</sub>	75	75	79	3	4.19	16.3	43.5	0.62	0.56	38	40
HT <sub>100</sub>	100	100	100	3	3.19	19.1	12.8	0.10	0.36	20	54

Tabla 1. Datos de composición, Áreas superficiales y actividad catalítica de los materiales en la reacción de deshidrogenación



## Síntesis, caracterización y evaluación catalítica de fotocatalizadores basados en polioxometalatos con estructura Keggin inmovilizados en zeolitas

**Doctoranda: Candelaria Leal Marchena.** [candelm@hotmail.com](mailto:candelm@hotmail.com)

Director: Dr. Luis R. Pizzio – Co-Directora: Dra. Liliana B. Pierella

*Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) – Grupo Zeolitas – FRC – UTN*

La producción y emisión de agentes químicos contaminantes provenientes de actividades industriales y domésticas, es un problema que está ganando cada vez más relevancia debido al incremento en la generación de los mismos, afectando gravemente tanto al medio ambiente como la calidad de vida de los habitantes del entorno. Por lo tanto, es esencial la introducción y ejecución de controles para tratar su deposición temporal o final y restringiendo o minimizando los riesgos que producen estos contaminantes.

Uno de los contaminantes de mayor importancia tanto por el volumen que representa como por la movilidad, son las aguas residuales que, en muchos casos pueden unirse a cuerpos subterráneos o superficiales. Estas aguas residuales pueden contener compuestos orgánicos tales como: fenoles, colorantes, herbicidas y pesticidas, de elevada toxicidad. Es por esta razón que es necesario un tratamiento antes de ser descargados a algún cuerpo de agua.

La creciente demanda de la sociedad para la descontaminación de aguas contaminadas de diversos orígenes, materializada en regulaciones cada vez más estrictas, ha impulsado, en la última década al desarrollo de nuevas tecnologías de purificación, las llamadas Tecnologías o Procesos Avanzados de Oxidación (TAOs, PAOs).

Estas tecnologías son útiles como pretratamiento antes de un tratamiento biológico para contaminantes resistentes a

la biodegradación o como proceso de postratamiento para efectuar un pulido de las aguas. Es posible clasificarlas en procesos fotoquímicos y no fotoquímicos. Dentro de los fotoquímicos se encuentra la fotocatalisis heterogénea, la cual se basa en la absorción directa o indirecta de energía radiante (visible o UV) por un sólido (fotocatalizador heterogéneo).

Para aumentar la eficiencia del proceso fotocatalítico, se ha intentado la modificación del semiconductor, ya sea para extender se respuesta a radiaciones de mayor longitud de onda o bien para incrementar la eficiencia en la separación electrón-hueco y minimizar su recombinación. Los polioxometalatos (POM) obtenidos a partir de heteropolicompuestos con estructura tipo Keggin, han recibido una creciente atención como catalizadores y fotocatalizadores en diversas reacciones. La posibilidad de fotoinducir la múltiple transferencia de electrones sin que experimenten cambios en su estructura primaria, los torna sumamente atractivos para su uso en la oxidación de diferentes sustratos.

La inmovilización de los POM en sólidos de alta superficie específica permite obtener catalizadores híbridos fáciles de recuperar y reutilizar. El empleo de zeolitas en la inmovilización de POM para la obtención de fotocatalizadores ha sido hasta el presente muy poco explorado. De lo expuesto anteriormente surge la importancia de encarar el desarrollo de una serie de catalizadores en los que se

conjuguen las propiedades de los POM como fotocatalizadores y de las zeolitas del tipo ZSM-5 e Y para la inmovilización de los mismos, para ser empleados en

la eliminación de contaminantes representativos del agua, colorantes azoicos y fenoles sustituidos, altamente solubles y refractarios.

---

## Reciclado químico de residuos poliméricos a hidrocarburos de interés para la industria petroquímica

**Doctoranda: Laura Carolina Lericí. [l.lerici@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:l.lerici@scdt.frc.utn.edu.ar)**

Directora: Dra. Liliana Beatriz Pierella – Co-Director: Dr. Ulises Sedrán

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) – Grupo Zeolitas – FRC – UTN

---

El aumento en el consumo de los materiales plásticos trae aparejado un incremento en el volumen de los desperdicios provenientes de estos materiales. Este hecho combinado con la gran resistencia a la degradación natural y a los impactos biofísicos de su acumulación y/o disposición final representan un grave problema ambiental que requiere de inmediata atención. La degradación termo-catalítica de los residuos plásticos se convierte en una alternativa que permite obtener una mezcla de hidrocarburos con valor comercial para la industria petroquímica.

El uso de catalizadores con respecto a los ensayos puramente térmicos, permite la reducción de la temperatura de trabajo y genera productos en un rango de números de átomos de carbono más acotado. La caracterización fisico-química de los catalizadores se realizó por difracción de rayos X (XRD), espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), absorción atómica (AA) y área superficial (método BET). La determinación de las propiedades ácidas se realizó por FTIR de piridina adsorbida.

El polímero fue estudiado por análisis térmicos (TG y DSC). Los ensayos de degradación fueron realizados en un reactor tubular de vidrio a 500°C, presión atmosférica y flujo constante de N<sub>2</sub>. Los

productos de reacción se analizaron por cromatografía gaseosa (CG) y cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CG-masas).

Se realizó un estudio comparativo de la actividad catalítica de polietileno de baja densidad (LDPE) sobre Zn- Beta, H-Beta, Zn-ZSM-11 y H-ZSM-11. Los resultados obtenidos mostraron que tanto la forma protónica como la intercambiada con Zn<sup>2+</sup> de la zeolita Beta, presentaron un rendimiento elevado hacia la fracción de gases licuados de petróleo (C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>) y mayor porcentaje de coque (> al 2%p/p) con respecto a los dos catalizadores ZSM-11 en las mismas condiciones operativas.

Además, la Zn-ZSM-11 fue la más selectiva hacia los hidrocarburos aromáticos efecto atribuido a la mayor cantidad de sitios Lewis presentes.

Por otra parte, se realizaron estudios de desactivación sobre Zn-ZSM-11 y H-ZSM-11, encontrándose que los residuos carbonosos acumulados fueron de 3.28 %p/p para H-ZSM-11 y 4.49 %p/p para Zn-ZSM-11. Se pudo concluir que ambas zeolitas mantuvieron una importante actividad/estabilidad catalítica, a lo largo del tiempo de reacción de 300 min con rendimientos que oscilan entre 27 y 39%p/p para la fracción líquida y 61 y 73%p/p para los productos gaseosos.

Se realizó también un estudio para evaluar la variación de los rendimientos hacia los productos líquidos, gaseosos y coque sobre la zeolita Zn-ZSM-11, en función del flujo de gas de arrastre. Los rendimientos obtenidos oscilaron entre 27 y 42 %p/p para los líquidos, entre 58 y 72 %p/p para los gases y 0.25 y 0.77 %p/p para el coque.

Se observó que un flujo de gas portador intermedio (25 ml/min) favorece la generación de productos líquidos (~42%p/p), mientras que los caudales extremos (15 y 45 ml/min) producen mayores porcentajes de productos gaseosos (~71%p/p).

Para flujos bajos, esto podría adjudicarse al sobrecraqueo producido por el

mayor tiempo de contacto entre polímero y catalizador, mientras que a altos caudales, el tiempo de contacto no es suficiente para que se produzcan las reacciones secundarias responsables de la formación de hidrocarburos aromáticos.

Actualmente se está realizando un estudio de desactivación de H-Beta y se planifica hacer lo mismo con Zn-Beta. Por otra parte, se realizarán ensayos de actividad catalítica sobre las matrices zeolíticas Y, Beta y ZSM-5 modificadas con la incorporación de Co<sup>2+</sup>.

Se tiene previsto hacer pruebas en un reactor de lecho fluidizado tipo Riser con aquellos catalizadores que hayan presentado mejor desempeño.

---

## Proceso de captura de CO<sub>2</sub> mediante absorción química con aminas: Modelado y optimización utilizando programación matemática

**Doctoranda: Patricia L. Mores.** [patricia.mores@gmail.com](mailto:patricia.mores@gmail.com)

---

Director: Dr. Sergio Mussati – Co-Director: Dr. Nicolás Scenna

*Centro de Aplicaciones Informáticas para el Modelado en Ingeniería (CAIMI) – UTN – Facultad Regional Rosario e Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR) CONICET- UTN – Santa Fe*

---

Las emisiones crecientes de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) son causantes en gran medida de los efectos de calentamiento global del planeta (efecto de los gases de invernadero) y en consecuencia, del cambio climático, por lo que su captura es una de las principales metas propuestas por casi la totalidad de los organismos oficiales a nivel mundial.

La captura del CO<sub>2</sub> presente en los gases de combustión puede realizarse eficientemente mediante procesos de absorción química con solventes, adsorción física, separación por membranas, entre otros. De estos procesos, la

absorción química con aminas es el más desarrollado y con mayores potenciales en el futuro.

Este trabajo presenta un modelo matemático del proceso de captura de CO<sub>2</sub> mediante la absorción química con MEA (Monoetanolamina) que permite determinar las condiciones operativas que maximicen la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbida.

Básicamente, el proceso de captura consiste en el contacto y reacción de los gases de combustión con una solución acuosa de MEA en una torre de absorción, y la posterior recuperación del solvente en una unidad de regeneración.

Para el modelado, las columnas se han

dividido en una serie de etapas en contracorriente asumiendo mezcla perfecta entre la fase líquida y fase gas. El modelo matemático se desarrolló a partir de balances de materia y energía, relaciones de equilibrio químico debido a las reacciones y disociación de las especies en la fase líquida y relaciones de equilibrio liquido-gas asumiendo que solo el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O pueden ser transferidos entre fases.

Por otro lado, se estimó la eficiencia de cada etapa a fin de considerar el estado real de no-equilibrio. Dicha eficiencia depende de las velocidades de reacción CO<sub>2</sub>-amina, de las propiedades del líquido y del gas (densidad, viscosidad, difusividad y tensión superficial) y del tipo y dimensiones globales del relleno. El modelo resultante, no lineal y no convexo, fue implementado en GAMS (General Algebraic Modeling System). CONOPT, un algoritmo de optimización "local" basado en el método del gradiente reducido generalizado fue utilizado como resolvidor no-lineal.

Los resultados obtenidos de la validación y optimización del sistema han sido discutidos mediante varios casos de estudio. En todos los casos la validación mostró una concordancia satisfactoria

con datos experimentales y aquellos obtenidos utilizando simuladores comerciales. Por otro lado y con el objetivo de maximizar la eficiencia de remoción usando un requerimiento mínimo de servicios auxiliares, dadas las condiciones de los gases de combustión y las dimensiones globales de las columnas, se han obtenido las condiciones operativas óptimas así como los perfiles internos de temperatura, composición y caudal a lo largo de las columnas permitiendo una evaluación detallada de todas las variables del proceso.

El objetivo general del trabajo de tesis consiste en estudiar y comparar desde el punto de vista energético, económico y ambiental, la integración de la planta de producción de energía eléctrica con la planta de captura de CO<sub>2</sub> mediante absorción química con aminas.

De esta manera, el modelo desarrollado hasta el momento (NLP) será utilizado como base para desarrollar un modelo de optimización más riguroso y detallado del proceso de captura acoplado a una planta de generación de energía que podrá utilizarse, como último objetivo, para abordar la síntesis y el diseño del proceso completo (MINLP o disyuntivo).

---

## Desarrollo de Tamices Moleculares Mesoporosos a Partir de Precursores Zeolíticos para su Aplicación en la Síntesis de E-Caprolactama

**Doctoranda: Eliana Gabriela Vaschetto. [elivaschetto@hotmail.com](mailto:elivaschetto@hotmail.com)**

Directora: Dra. Griselda A. Eimer - Co-Directora: Dra. Sandra G. Casuscelli.

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) - Grupo Zeolitas - UTN - Facultad Regional Córdoba

---

El polímero Nylon 6 es el material de partida para una gran variedad de fibras sintéticas y plásticos y su monómero es la  $\epsilon$ -caprolactama. La ruta de síntesis clásica para su producción involucra la ciclohexanona oxima catalizada

por ácido sulfúrico fumante en fase líquida. Este proceso resulta ecológica y económicamente cuestionable, debido al uso de un ácido concentrado altamente corrosivo y contaminante. Se plantea entonces el desarrollo de

catalizadores tipo MCM-41 preparados a partir de precursores zeolíticos en la síntesis de la  $\epsilon$ -caprolactama utilizando como reactivo ciclohexanona oxima.

De esta manera se intentará implementar un método que revele un incremento en el rendimiento de la caprolactama mediante un proceso económico, más eficiente y ambientalmente compatible y que resulte muy atractivo en virtud de la gran demanda mundial de este importante intermediario para la fabricación de fibras sintéticas y plásticos.

El principal propósito de esta tesis es el diseño, síntesis, caracterización y evaluación catalítica de tamices moleculares mesoporosos, desarrollando así nuevos materiales del tipo MCM-41 con actividad catalítica incrementada con respecto a los materiales mesoporosos tradicionales.

Como objetivos específicos podemos mencionar:

1- Sintetizar materiales mesoporosos del

tipo Al-MCM-41 y B-MCM-41 a partir de soluciones que contengan precursores de zeolitas.

2- Evaluar las distintas variables de procesamiento de la mezcla de síntesis del catalizador sobre el sólido obtenido y sus propiedades estructurales y superficiales.

3- Evaluar y optimizar las condiciones de reacción (solvente, tiempo de contacto, temperatura de reacción, etc) que maximicen el rendimiento a caprolactama.

4- Analizar la posible desactivación del catalizador en función de sus propiedades físicas y de las condiciones de reacción.

5- Reformular los catalizadores sintetizados en función de los resultados de la evaluación catalítica, en la búsqueda de un mayor rendimiento y selectividad al producto deseado.

6- Divulgar los resultados en congresos y revistas científicas y/o llevar a cabo la transferencia al medio productivo.

## ▶ 6

### MATERIALES

#### **Alcances del Programa**

Incrementar el conocimiento (y la consecuente formación de RRHH), de las Técnicas de Caracterización para el análisis de las distintas características y/o propiedades estructurales, morfológicas, fisicoquímicas, reológicas, etc. de los materiales.

## Transesterificación selectiva de glicerol mediante el uso de catálisis heterogénea

**Doctorando: Nancy F. Bálsamo.** [nancybalsamo@gmail.com](mailto:nancybalsamo@gmail.com)

Director: Dra. Mónica E. Crivello – Co-Director: Dra. Griselda A. Eimer

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ), UTN - Facultad Regional Córdoba

Numerosos compuestos pueden ser producidos por el uso de materiales base tales como aceites vegetales.

Las propiedades específicas y la renovabilidad de estos materiales es de creciente interés para la industria. Ejemplo de ello es la producción de biodiesel, que viene acompañada de la generación de glicerol como subproducto. Los monoésteres de glicerol tienen importantes aplicaciones como emulsionantes o agentes de estabilización en la producción de fármacos, cosméticos y alimentos. Siendo la transesterificación de glicerol con ésteres de metilo uno de los métodos usados en su producción. En los procesos industriales generalmente se utiliza catálisis homogénea ácida o básica, lo que produce mezclas de mono-, di- y en algunos casos también tri-ésteres.

Estos procesos convencionales generan gran cantidad de subproductos provenientes de la necesidad de neutralizar y remover el catalizador usado, que pueden evitarse mediante catálisis heterogénea.

El objetivo de este proyecto es favorecer la formación selectiva de monoglicéridos mediante la reacción de transesterificación de glicerol con ésteres metílicos, usando como catalizadores, óxidos mixtos de precursores tipo hidrotalcita y materiales mesoporosos del tipo MCM-41 modificados con metales.

Los compuestos tipo hidrotalcitas o también llamados hidróxidos de doble capa pueden representarse con la siguiente fórmula general:  $[M_{2+(1-x)} M_{3+x} (OH)_2]$

$(An-x/n). mH_2O]$ , donde M es el metal (di o trivalente) y A es el anión, generalmente carbonato. Para materiales tipo hidrotalcita, los cationes metálicos se encuentran homogéneamente distribuidos en capas tipo brucita  $[Mg(OH)_2]$ . Por descomposición térmica se obtienen óxidos mixtos, los que presentan alta área superficial, estabilidad térmica y dispersión homogénea del metal.

Los materiales mesoporosos del tipo MCM-41 son silicatos o aluminosilicatos que se caracterizan por un arreglo hexagonal regular de poros cilíndricos. El diámetro de poro es mayor que en el caso de las zeolitas (típicamente 3 nm o más) con un área superficial específica de más de 1000 m<sup>2</sup>/g.

Para la síntesis de los compuestos tipo hidrotalcita se utilizaron como cationes metálicos  $Al^{3+}$  y  $Mg^{2+}$  y para impartirle con mayor carácter básico se adicionaron cationes monovalentes como  $Li^+$ ,  $K^+$  y  $Cs^+$ . Como aniones de la intercapa se usaron  $CO_3^{2-}$ ,  $OH^-$  y  $Cl^-$ .

Dichos materiales fueron calcinados a 450°C para obtener los correspondientes óxidos mixtos.

Los tamices moleculares mesoporosos del tipo MCM-41 modificados con Cu se sintetizaron mediante la incorporación directa del ión metálico como precursor durante la etapa inicial, variando la relación Si/Cu.

Las características estructurales de los materiales se analizaron por Difracción de Rayos X, área superficial y Espectroscopía de Infrarrojo (FT-IR).

Las propiedades ácidas o básicas de



los catalizadores se evaluaron a través de la reacción test de descomposición de alcohol isopropílico. En base a los resultados obtenidos en la

reacción prueba de descomposición del alcohol isopropílico se elegirá el catalizador óptimo para la reacción de transesterificación.

---

## Resistencia al fuego de la araucaria angustifolia impregnada con silicatos inorgánicos

**Doctoranda: Guadalupe Canosa. [guadalupecanosa@yahoo.com.ar](mailto:guadalupecanosa@yahoo.com.ar)**

---

Director: Dr. Carlos A. Giudice – Co-Directora: Dra. Andrea M. Pereyra  
*Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT) y  
UTN – Facultad Regional La Plata*

---

Debido a que ninguna sustancia química, desde un punto de vista técnico-económico, puede transformar la madera en un material incombustible, su protección frente a la acción del fuego está limitada a un efecto retardante para prevenir pequeños focos de incendio y prolongar el comienzo de la ignición.

En este trabajo se usaron silicatos de sodio, de potasio y de litio con diferentes relaciones molares sílice / álcali con el objeto de establecer el comportamiento de paneles de Araucaria angustifolia sin tratar con respecto a aquellos impregnados con los diferentes silicatos solubles. Para lograr el adecuado curado de los silicatos de baja relación molar sílice/álcali (2,5/1,0 y 3,0/1,0) se empleó una catálisis por temperatura (90 °C durante 24h) y otra ácida con una solución alcohólica de fosfato de dibutilamina.

Para el caso de los silicatos de intermedia relación molar sílice/álcali (3,5/1,0 y 4,0/1,0) también se usó como catalizador el fosfato de dibutilamina.

Por su parte, los silicatos de alta relación molar sílice/álcali (mayor que 4,0/1,0) curan por reacción con el dióxido de carbono del aire por una reacción de autocurado.

Resulta oportuno mencionar que para obtener estos impregnantes con alto contenido de sílice se partió de una solución comercial cuya relación molar sílice / álcali fue incrementada empleando una solución acuosa, de tipo alcalino, de nanosílice.

Las impregnaciones se llevaron a cabo usando el proceso Bethell, a 45 / 50 °C en un autoclave vertical.

La resistencia al fuego se evaluó en Cámara LOI (índice de oxígeno límite) y en un Túnel Inclinado (índice de propagación de llama, pérdida de peso del panel y tiempos de permanencia de la llama y de la incandescencia).

Los resultados de los ensayos de laboratorio indicaron que en general los polímeros inorgánicos formados en los poros de la madera presentaron una reducida expansión térmica y una mínima lixiviación en medios de diferente naturaleza química.

Además, se observó que algunos de los silicatos alcalinos ensayados evidenciaron una elevada eficiencia ignífuga, con una prácticamente nula cantidad de humos liberados durante la acción del fuego.

## Tratamientos superficiales de difusión y recubrimientos asistidos por plasma para aceros inoxidables de uso industrial

**Doctoranda: Eugenia I. Dalibón.** [dalibone@frcu.utn.edu.ar](mailto:dalibone@frcu.utn.edu.ar)

Directores: Dra. Sonia Patricia Brühl y Dr. Amado Cabo  
*Grupo de Ingeniería en Superficies (GIS), Departamento Electromecánica,  
UTN - Facultad Regional Concepción del Uruguay*

Los aceros inoxidables han mejorado constantemente sus propiedades mecánicas a través de los años, sin embargo aún están en desarrollo estudios para mejorar su comportamiento en superficie.

Para modificar las propiedades superficiales de los aceros, sin afectar sus propiedades másicas, se pueden utilizar técnicas asistidas por plasma que consumen poca energía, no son contaminantes, ofrecen máxima seguridad operativa y permiten obtener rendimientos no alcanzables por otros medios.

Dentro de las tecnologías asistidas por plasma se distinguen los tratamientos por difusión (nitruración, carburación, oxidación, etc.) y los recubrimientos (PVD-Physical Vapor Deposition, CVD-Chemical Vapor Deposition).

La aplicación secuencial de dos o más tratamientos de superficie se denomina proceso “dúplex” y se han reportado resultados inalcanzables con una técnica individual.

El objetivo de este trabajo es generar los conocimientos necesarios para diseñar procesos de modificación de la superficie de componentes fabricados en aceros inoxidables de uso industrial, mediante técnicas asistidas por plasma, que consideren en forma individual o combinada, procesos de difusión termoquímica y recubrimientos tipo CVD. La meta es determinar la combinación más adecuada que otorgue óptima resistencia al desgaste y a la corrosión si-

multáneamente.

### Resultados actuales y previstos

Si bien hay estudios en la bibliografía de procesos dúplex sobre aceros inoxidables, cada recubrimiento y cada sustrato requieren un estudio específico que determine su comportamiento a la fricción, al desgaste y a la corrosión. Los aceros inoxidables martensíticos y endurecibles por precipitación nitrurados por plasma presentaron buena resistencia al desgaste y a la erosión pero el comportamiento a la corrosión fue inferior que el del material patrón; esto podría estar vinculado a la precipitación de nitruros de cromo durante el proceso. Se comenzaron a aplicar recubrimientos CVD asistidos por plasma del tipo DLC (“diamond like carbon”) y nitruro de silicio sobre aceros inoxidables martensíticos nitrurados y solo templados y revenidos para preservar la resistencia al desgaste que otorga la nitruración pero mejorar la resistencia a la corrosión por picado. En ambos recubrimientos se observó su microestructura con el SEM y se determinó su espesor.

Se realizaron ensayos de desgaste por deslizamiento recíproco y se estudió el comportamiento a la corrosión en cámara de niebla salina.

Se están realizando ensayos de desgaste abrasivo y de erosión corrosión, ensayos de corrosión por inmersión y electroquímicos; de evaluación de la adhesión de los recubrimientos, estudio de su composición y estructura.

---

## Síntesis de sílices mesoporosas ordenadas para su uso como reservorios en procesos de liberación controlada de fármacos

**Doctoranda: María Soledad Legnoverde.** [mariasol\\_l@hotmail.com](mailto:mariasol_l@hotmail.com)

---

Directora: Dra. Elena Basaldella – Co-Director: Dr. Carlos Giudice  
*Centro de Investigación en Ciencias Aplicadas (CINDECA)*

---

Los estudios relacionados con la síntesis de sílices mesoporosas han generado un gran interés no sólo en el campo de los materiales avanzados sino también en el de la catálisis y adsorción. Los materiales silíceos mesoporosos ordenados son químicamente inertes, tienen un grado de hidrofiliicidad variable, son de fácil síntesis, alta resistencia mecánica, poseen estabilidad térmica en amplios rangos de temperatura y una alta biocompatibilidad.

A este grupo de materiales pertenece la SBA-15. El propósito de esta tesis es sintetizar materiales con modificaciones en las propiedades superficiales. Con el objetivo de realizar una caracterización más completa, se evaluaron sus propiedades adsorptivas y catalíticas.

Se realizaron ensayos de preparación de sílices porosas tipo SBA-15 de acuerdo a la metodología descrita en [1], variando condiciones de síntesis (tiempo de reacción, relación TEOS/estructurante) con el objeto de estudiar la influencia de estos parámetros sobre las características texturales del producto. Se usó tetraetil ortosilicato (TEOS) como fuente de sílice y poly(ethylene glycol)-block-poly(propyleneglycol)-block-poly(ethylene glycol) (PE-PP-PE) como agente director de estructura. Luego de obtener las estructuras ordenadas, se estudiaron las diferentes posibilidades de modificación de la superficie por funcionalización.

Se obtuvieron superficies funcionalizadas con grupos aminos [2] y con grupos

sulfónicos [3,4]. Las funcionalizaciones se realizaron por dos métodos: co-condensación y post-síntesis.

Estas muestras sólidas se impregnaron con el antibiótico cefalexina. Para esta impregnación se usaron dos metodologías diferentes: llenado de poro y equilibrio. En el primer caso se estudió la posterior liberación en agua destilada a temperatura ambiente.

Se estudió la reacción de acilación quimioselectiva de aminas con anhídridos utilizando sílice mesoporosa SBA-15 amino funcionalizada como catalizador heterogéneo. Las reacciones de acilación selectiva de los grupos amino en presencia de alcoholes, fenoles y tioles proceden con muy buenas conversiones cuando se trabaja en aire a temperatura ambiente, usando tolueno como solvente.

El catalizador fue reutilizado sin pérdida apreciable de su actividad. Por otro lado, a los fines de evaluar la actividad catalítica de los materiales mesoporosos ácidos preparados, los mismos fueron ensayados en la reacción de alquilación de isobutano con 1-butenol. Además, se realizaron experiencias de adsorción/desorción

dinámica para asistir en la interpretación de la interacción entre la olefina y la superficie de los catalizadores.

Para la caracterización de las muestras sintetizadas se utilizaron las técnicas de EDAX, FT-IR, TGA/DTA, Adsorción-desorción de nitrógeno, titulación potenciométrica, espectroscopía UV-VIS y SEM.

Los estudios actuales están dirigidos a determinar la influencia del pH en la adsorción del medicamento y la liberación en un fluido corporal simulado a 34° C.

#### Referencias

1. Zhao D, Feng J, Huo Q, Melosh N, Fredrickson G.H, Chmelka B.F, Stucky G.D, Science 279 (1998) 548.
2. Nguyen TPB, Lee JW, Shim WG, Moon H. Micropor. Mesopor. Mater 110 (2008)560–569.
3. Margolese D, Melero J. A, Christiansen S. C, Chmelka B. F, Stucky G. D. Chem. Mater. 12 (2000) 2448-2459
4. Niknam K, Saberi D, Baghernejad M. Chinese Chemical Letters 20 (2009) 1444–1448

## Desarrollo, Caracterización Físico-Química y Aplicaciones de Nuevos Materiales Nanométricos en Procesos Prioritarios: Generación y Reservorios de Energía

**Doctorando: Froilán Andrés Luna D'Amicis. [lunadamicis@gmail.com](mailto:lunadamicis@gmail.com)**

Director: Dr. Oscar A. Anunziata - Co-directora: Dra. Andrea R. Beltramone

*Grupo Físicoquímica de Nuevos Materiales, UTN – Facultad Regional Córdoba*

Al confinar polímeros conductores dentro de materiales nanoestructurados, como aluminosilicatos mesoporosos tipo SBA's, éstos presentan propiedades distintas a las del polímero puro; como mayor estabilidad y mayor área superficial, debido a que el mismo se encuentra dentro de los poros y adherido a la pared, con tamaño en el orden de los nm. El polipirrol (polimero del pirrol), ha demostrado tener capacidad de adsorber hidrógeno tanto a bajas temperaturas como a temperatura ambiente y altas presiones.

Por tal motivo, se espera que un composite híbrido polímero/material nanoestructurado tenga capacidad de adsorción de hidrógeno distinta a la del polímero solo.

La búsqueda de nuevos materiales con capacidad de almacenamiento de hidrógeno es fundamental para que éste sea un vector energético viable. Con este objetivo es que empleando como hospedaje Al-SBA-3, se diseñó y preparó, el composite nanoestructurado híbrido polipirrol/Al-SBA-3 (Ppy/AISBA-3). Tanto el hospedaje como el composite (huésped/hospedaje), fueron caracterizados por FTIR, XRD, BET. El

material base Si-SBA-3, se obtuvo empleando el método sol-gel, para luego incorporarle Aluminio mediante un proceso post-síntesis.

El nuevo material nanoestructurado Al-SBA-3 se expuso a vapores de pirrol al vacío. El FTIR del material con pirrol adsorbido mostró un corrimiento en las bandas de absorción asignadas a los enlaces C=C del anillo de pirrol, indicando que la adsorción sobre Al-SBA-3 se realizó a través de este grupo, mientras que la vibración asimétrica del enlace C-N no se desplazó, indicando que este grupo no interacciona directamente con el hospedaje.

El composite Ppy/Al-SBA-3 se desarrolló por la polimerización del material con pirrol adsorbido, utilizando persulfato de amonio mediante oxidación controlada. Estudios de FTIR muestran que el composite contiene bandas características del polipirrol y en menor medida, de su oligómero terpirrol, indicando que la polimerización no fue completa.

Los patrones de XRD presentan señales del hospedaje nanoestructurado, demostrando que no hubo colapso de la estructura, luego de la polimerización del pirrol en los canales.

---

## Hidróxidos de doble capa: síntesis, caracterización y aplicación como catalizadores o matrices de productos de interés farmacéutico

**Doctoranda: Silvia Nazaret Mendieta.** [smendieta@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:smendieta@scdt.frc.utn.edu.ar)

---

Directora: Dra. Mónica E. Crivello - Co-director: Lic. Celso F. Pérez

*Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ), UTN - Facultad Regional Córdoba*

---

Las estructuras tipo Hidrotalcita o hidróxidos de doble capa (HDC) son materiales que pueden ser utilizados como catalizadores, precursores catalíticos, intercambiadores de aniones, adsorbentes, etc. Por sus características estos materiales se encuentran dentro de las nanoarcillas.

La estructura de esta familia de compuestos se basa en láminas de hidróxidos de unos pocos nanómetros entre las que se sitúan aniones de compensación intercambiables; los mismos pueden ser representados por la fórmula  $[MII1-xMIIIx(OH)_2]x+(An^-)x/n.mH_2O$ , en donde MII, MIII, y  $An^-$  son cationes di, trivalentes y aniones intercalados, respectivamente. Una de las propiedades más interesantes que presentan dichos materiales es que luego de su calcinación, pueden recuperar su estructura original al ponerse en contacto con disoluciones que contengan el anión inicial u otro diferente, en determinadas condiciones se puede producir con el simple contacto con vapor de agua o  $CO_2$ .

Dicho fenómeno se llama efecto memoria. Esta reconstrucción será completa si se ha producido la calcinación a bajas temperaturas. Los HDC de Mg-Al son biocompatibles y tienen aplicaciones en el campo farmacéutico como antiácidos, sistemas de liberación controlada de fármacos, biomoléculas y permiten dar mayor estabilidad a componentes sensibles a la luz, oxígeno, etc.

La inserción de aniones o compuestos aniónicos entre las láminas inorgánicas

se puede lograr mediante dos rutas: una directa, en la que el anión se inserta por auto ensamblaje o coprecipitación, y otra indirecta, en la que se prepara, en primer lugar, el sólido laminar "anfitrión" y a continuación, se introduce el compuesto a intercalar. Esta segunda forma, a su vez se puede realizar de dos maneras diferentes: utilizando el efecto memoria que presentan estos materiales (forma indirecta) o por intercambio directo del anión.

Por otro lado, los HDC pueden ser utilizados como nanocatalizadores en diferentes reacciones para la obtención de agentes antiinflamatorios o chalconas.

En este trabajo se presentan los estudios realizados utilizando HDC Mg-Al-Cl en los cuales se han intercalado agentes antiinflamatorios: Indometacina (Indo) e Indometacina Sódica (IndoNa) por el método de intercambio aniónico.

El sólido anfitrión HDC-Cl se sintetiza utilizando el método de coprecipitación de soluciones de Cloruros metálicos e NaOH manteniendo el pH=10, con una relación catiónica  $(Mg^{2+}/Al^{3+})=3$ .

La intercalación de los fármacos en el HDC-Cl se realizó por el método de intercambio aniónico variando el tiempo de intercambio. Una solución con el fármaco seleccionado, se pone en contacto con una suspensión del sólido anfitrión. Se alcanza pH=8 con NaOH. Dicha mezcla se coloca en un baño a 70°C, con corriente de  $N_2$  y agitación, durante 40 hs o 3 días, dependiendo del

método utilizado. El producto es lavado y filtrado al vacío, para luego secarlo a temperatura ambiente. Las muestras fueron caracterizadas por Difracción de rayos X (DRX), Espectroscopía de Infrarrojo (FT-IR), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). El contenido del fármaco fue determinado con absorción UV a  $\lambda=320$  nm.

El estudio de la incorporación de los fármacos se realizó por DRX, observándose un aumento de aproximadamente 3 veces mayor al valor sin incorporar. En el análisis de FT-IR no se observan bandas correspondientes al grupo carboxílico, lo cual indica que el fármaco

se encuentra en su especie aniónica e incorporada. Por absorción UV se determinó el contenido de droga obteniéndose mayor incorporación con INDO.

Las tareas planificadas luego de lograr la incorporación en el sólido anfitrión, es evaluar el tiempo de liberación de los fármacos seleccionados, de manera de comprobar su efectividad como sistema de liberación controlada de fármacos. También está previsto probar la incorporación con otros fármacos, por ejemplo: diclofenac sódico, naproxeno e ibuprofeno. Se sintetizarán HDC para la obtención de chalconas, en reacciones de condensación.

---

Efecto del contenido de politetrafluoretileno en el desempeño de electrodos porosos de hidróxido de níquel

**Doctoranda: Mariela G. Ortiz.** [mortiz@inifta.unlp.edu.ar](mailto:mortiz@inifta.unlp.edu.ar)

Directora: Dra. Silvia G. Real - Co-Directora: Dra. Elida B. Castro  
*Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA)*

---

El hidróxido de níquel es un compuesto de importancia por ser utilizado en numerosas aplicaciones, entre ellas las que más se destacan son las referidas a su uso como material activo en electrodos positivos de baterías alcalinas del tipo Ni-Cd, Ni-Fe, Ni-Zn, Ni-H y Ni-MH. El almacenamiento electroquímico de energía en dicho material se basa en las características reversibles de la reacción de óxido-reducción: hidróxido/oxhidróxido de níquel. El electrodo de hidróxido de níquel presenta destacadas propiedades: alta densidad de potencia, buena ciclabilidad, alta actividad catalítica y elevada energía específica, por lo cual es de sobresaliente importancia en aplicaciones en dispositivos electrónicos portátiles.

En este trabajo se utilizan técnicas electroquímicas (voltamperometría cí-

clica, curvas de carga-descarga y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE)) como herramientas para caracterizar electrodos preparados impregnando, sobre un sustrato poroso de esponja de níquel, el material activo de hidróxido de níquel (Aldrich). Este fue previamente disuelto en una solución acuosa (60%) de PTFE<sup>1</sup> y tomando dos concentraciones: a) 17% y b) 23% se prepararon distintos electrodos agregando cobalto como aditivo para mejorar su desempeño<sup>1-3</sup>.

Estos electrodos pueden ser descriptos como estructuras porosas inundadas, donde los procesos electroquímicos de carga/descarga tienen lugar en la interfase de contacto entre el material activo y el electrolito y por lo tanto los parámetros característicos de dichos procesos son relevantes en la optimización del

desempeño del electrodo.

Consecuentemente, mediante el ajuste de los datos experimentales de EIE en términos de un modelo fisicoquímico desarrollado en el laboratorio<sup>4</sup>, se pueden identificar parámetros tales como el área activa por unidad de volumen (ae) y otros parámetros estructurales y cinéticos dependientes del estado de descarga (SOD) del electrodo.

El análisis de los resultados obtenidos mediante técnicas electroquímicas permite concluir que los electrodos pre-

parados con 23% de concentración de PTFE presentan el mejor desempeño en el proceso de carga/descarga, en la estabilidad durante el ciclado y por tanto en sus funciones de aplicación. Este contenido de PTFE permite un óptimo contacto entre las partículas de material activo, superior al mostrado por los que contienen 17%, al aportar mayor soporte y actuar como una red que proporciona elasticidad y amortigua así los cambios volumétricos que se producen durante los procesos de carga/descarga.

#### Referencias

1. S. Nathira Begum, V.S. Muralidharan, C. Ahmed Basha, *Journal of Hydrogen Energy* 34 (2009) 1548-1555.
2. Zhaorong Chang, Yujuan Zhao, Yunchang Ding, *Journal of Power Sources* 77 (1999) 69-73.
3. Ken-ichi Watanabe, Mitsuru Koseki, Naoaki Kumagai, *Journal of Power Sources* 58 (1996) 23-28.
4. E.B. Castro, D.J. Cuscueta, R.H. Milocco, A.A. Ghilarducci, H.R. Salva, *International Journal of Hydrogen Energy* 35 (2010) 5991-5998.

---

## Efecto de los fenómenos interfaciales en los procesos de corrosión de refractarios de colada continua

**Doctoranda: María Valeria Peirani.** [vpeirani@frsn.utn.edu.ar](mailto:vpeirani@frsn.utn.edu.ar)

Director: Dra. Elena Brandaleze

*Fisicoquímica de Alta Temperatura, Departamento de Metalurgia – DEYTEMA*

*UTN – Facultad Regional San Nicolás*

---

Los requerimientos de calidad en la producción de aceros de productos largos y planos han promovido en las acerías la aplicación de buzas sumergidas, en los moldes del proceso de colada continua. Esta tecnología exige el empleo de polvos coladores que constituyen sistemas complejos de óxidos y que poseen compuestos fluorados. En la actualidad, debido a la necesidad de proteger la salud de los operarios, cuidar el medio ambiente y evitar problemas de corrosión en los equipos se trabaja en la sustitución de dichos compuestos. Las buzas sumergidas, constituyen piezas

refractarias que representan un insumo de alto costo por tonelada de acero producido.

Debido a que durante la operación se hallan en contacto con acero y polvo colador a temperaturas del orden de los 1500 °C, ambos agentes agresivos provocan un desgaste localizado del material refractario. Se sabe que los fenómenos ligados a la corrosión de las buzas involucran fenómenos asociados con variaciones de tensión interfacial cíclica del líquido en contacto con el refractario (acero o polvo colador fundido).

**Objetivos:** En este trabajo se pretende,



por un lado, identificar los mecanismos de desgaste que ocasionan los polvos coladores comerciales que contienen flúor a través de estudios post mortem sobre piezas usadas en la industria y, por otro, evaluar en forma comparativa el efecto de los nuevos polvos coladores en desarrollo sin flúor que contienen compuestos de boro y litio, tanto sobre las buzas utilizadas en el colado de palanquillas como de planchones.

### Resultados

El estudio post mortem realizado sobre una buza sumergida utilizada en el colado de palanquillas ha permitido evaluar que existe en la zona crítica una pérdida del 45 % del material refractario por contacto con polvos coladores con flúor. Además, a través de técnicas de microscopía óptica y electrónica de barrido se han podido identificar los

mecanismos de desgaste ocasionados durante el proceso.

A través de ensayos de corrosión estática se identificaron en forma comparativa las reacciones de interacción entre polvos sin y con flúor sobre el material de la buza a 1400 °C. Estos datos se correlacionaron con las propiedades físicas tanto de las buzas como el comportamiento de los polvos coladores a las temperaturas de interés.

Finalmente, se corroboraron los mecanismos hallados con un estudio termodinámico.

En forma paralela, se ha trabajado en el montaje de un ensayo de corrosión dinámica denominado "dipping test" mediante el cual se simularán condiciones de proceso para poder determinar el efecto de los nuevos polvos coladores sobre el material de la buza.

---

Comportamiento resistente y elástico de uniones construidas con elementos de fijación de acero tipo clavija en piezas aserradas de *Eucalyptus grandis* cultivado en Argentina

**Doctoranda: María Alexandra Sosa Zitto.** [sosazitto@frcu.utn.edu.ar](mailto:sosazitto@frcu.utn.edu.ar)

---

Director: Dr. Juan Carlos Piter

*Departamento de Ing. Civil, UTN – Facultad Regional Concepción del Uruguay*

---

El presente informe reporta los resultados encontrados en la primera etapa del plan de tesis. El objetivo fue investigar las características de resistencia y deformación de la madera de *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia Argentina cuando es sometida al aplastamiento, tanto en dirección paralela como perpendicular a las fibras, por un único elemento de fijación de muy reducida esbeltez. Los ensayos de esta etapa se ejecutaron conforme a la norma EN 383 (2007). Los elementos de fijación utilizados para llevar a cabo el programa

empírico fueron los más usados en el país: bulón, pasador y clavo, construyéndose 100 probetas de cada tipo. Para las uniones con un bulón rígido, se encontraron diferencias altamente significativas entre la resistencia al aplastamiento en las direcciones paralela y perpendicular a las fibras, lo cual está en línea con el criterio de normas de relieve internacional. También se encontró que el valor característico de la resistencia calculado siguiendo los lineamientos del Eurocódigo 5 (2005) fue 45% y 176% mayor que el obtenido en esta investi-

gación para las direcciones paralela y perpendicular al grano respectivamente. Para las uniones con un pasador rígido los resultados encontrados fueron similares a los exhibidos por las uniones con un bulón, lo cual está en línea con los criterios internacionalmente aceptados. Las uniones realizadas con un clavo no evidenciaron diferencias significativas entre la resistencia al aplastamiento en las direcciones paralela y perpendicular a las fibras, lo cual es congruente con reportes previos y con reglas de diseño adoptadas por numerosos países. No se encontraron tampoco diferencias significativas entre probetas con clavos colocados con pretaladrado y sin él, lo cual es contrario al criterio adoptado por el Eurocódigo 5 (2005) y por la norma chilena NCh 1198 (2007) que sostienen que el pretaladrado aumenta la resistencia al aplastamiento en

este tipo de uniones, pero estos resultados están en línea con el criterio de la regla de diseño de EEUU (NDS 2005) que ignora la influencia del pretaladrado sobre la resistencia al aplastamiento. El valor característico de la resistencia al aplastamiento calculado siguiendo los lineamientos del EC5 para uniones clavadas fue 37% mayor que los hallados en esta investigación para orificios pretaladrados y contrariamente alcanzó solo el 83% del valor hallado en este programa para orificios sin pretaladrar. Los resultados encontrados en esta investigación demuestran que estimar la resistencia al aplastamiento en uniones con elementos de fijación tipo clavija en piezas de *Eucalyptus grandis* cultivado en Argentina siguiendo los lineamientos del Eurocódigo 5 (2005), puede afectar severamente la seguridad estructural.

---

## Comportamiento mecánico de barras esbeltas de madera laminada encolada de *Eucalyptus grandis* de Argentina sometidas a esfuerzos de compresión

**Doctorando: Eduardo Antonio Torrán. [etorran@yahoo.com.ar](mailto:etorran@yahoo.com.ar)**

Director: Dr. Juan Carlos J. Piter - Co director: Dr. Jochen Köhler. Institute for Structural Engineering, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland (ETH Zurich).

*Grupo de Estudio de Maderas (GEMA), UTN – Facultad Regional Concepción del Uruguay*

---

Se diseñó y se encuentra en ejecución una investigación orientada a estudiar el comportamiento de las barras comprimidas de madera de *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia Argentina. La misma presenta un fuerte componente empírico, consistente en ensayar el comportamiento de columnas con esbeltez comprendida entre 30 y 100, además de ensayos de flexión estática y compresión paralela. En total se ensayarán 440 probetas de escala estructural. Con los datos obtenidos se realizará la simu-

lación numérica del problema planteado, con el propósito de encontrar un modelo que se ajuste al comportamiento de este tipo de estructuras.

### Los objetivos planteados son:

- Conocer el comportamiento resistente y elástico de barras esbeltas de madera laminada encolada de *Eucalyptus grandis* cultivado en Argentina sometidas a esfuerzos de compresión.
- Desarrollar un modelo de cálculo que interprete, con la seguridad requerida en el moderno diseño estructural, el

comportamiento mecánico de este tipo de barras construidas con la especie estudiada, con el fin de aportarlo para una norma nacional CIRSOC de diseño estructural.

**El plan de tesis incluye las siguientes actividades:**

- Continuación del análisis del estado actual del conocimiento y de la normativa de relevancia en el plano internacional.
- Revisión y ajuste del programa experimental.
- Ejecución del programa experimental.
- Análisis de los resultados del programa experimental.
- Diseño de un modelo numérico que interprete el comportamiento de las barras estudiadas.
- Comparación de resultados numéricos y experimentales. Ajuste del modelo numérico teniendo en cuenta los valores obtenidos empíricamente. Elaboración de conclusiones acerca del comportamiento mecánico de los elementos

estructurales investigados.

- Diseño de un método de cálculo estructural para barras esbeltas comprimidas del material estudiado, considerando que el mismo se incorpore al nuevo Reglamento CIRSOC-INTI para diseñar estructuras de madera.
- Redacción del Trabajo de Tesis.
- Publicación de los resultados más relevantes en revistas científicas y en congresos

El estado de avance del programa en el inicio del segundo año se encuentra dentro de los plazos previstos. Las actividades realizadas a la fecha son la obtención de la madera y construcción de los cuerpos de prueba, lo cual se materializó con la colaboración de dos empresas privadas, además del ajuste del equipamiento de laboratorio. Estas actividades se encuentran dentro de los dos primeros puntos mencionados anteriormente, en el transcurso del corriente año y el próximo se preve realizar el programa experimental.

---

## Comportamiento a la corrosión de acero inoxidable Aisi 316l nitrurado y recubierto por plasma

**Doctoranda: Laura S. Vaca [vacal@frcu.utn.edu.ar](mailto:vacal@frcu.utn.edu.ar)**

Directora: Dra. Sonia P. Brühl

*Grupo de Ingeniería de Superficies (GIS), UTN – Facultad Regional Concepción del Uruguay*

---

El acero inoxidable austenítico AISI316L presenta una muy buena resistencia a la corrosión por cloruros, y resulta un material muy atractivo para la fabricación de productos alimentarios y farmacéuticos, en plantas para el tratamiento de aguas potables y residuales, plantas químicas y petroquímicas y también para la industria médica.

Este acero tiene sin embargo otras propiedades superficiales que limitan

su aplicación, como lo son su baja resistencia al desgaste y un coeficiente de fricción elevado.

Por ello es necesario encontrar un tratamiento de endurecimiento que sea una solución de compromiso entre propiedades mecánicas, tribológicas y resistencia a la corrosión, para aumentar la vida útil de las componentes y mejorar el rango de aplicación industrial de este material.

Se propone en este trabajo una combinación entre el endurecimiento por nitruración iónica y la deposición de nitruro de titanio por un arco de plasma. Se mide el espesor de capa nitrurada y el recubrimiento con microscopía óptica y electrónica, se analiza estructura con difracción de RX y se mide dureza en superficie.

Se analiza la conservación de la pasivación por hisopado con solución de sulfato de cobre pentahidratado, la resistencia a la corrosión en cámara de niebla salina así como la sensibilidad a la corrosión en bordes de grano por ataque con ácido oxálico, comparando la muestra duplex, es decir nitrurada y recubierta, con una muestra sólo nitrurada y una sólo recubierta.

La nitruración iónica se desarrolló a baja temperatura, 390 oC, y permitió obtener una capa nitrurada de 6 micrones de espesor y de dureza 980 HV0,05 que se mostró pasiva al ataque con solución de sulfato de cobre.

La difracción de rayos X indicó que se obtuvo una capa de austenita expandida sin precipitación de nitruros y un recubrimiento de TiN cristalino.

El recubrimiento de TiN se obtuvo mediante un arco de 120 A sobre un blanco de titanio y en atmósfera de nitrógeno, resultando en una película cuyo espesor deberá confirmarse con mediciones en el SEM.

Las probetas recubiertas, tanto duplex como sólo recubiertas no mostraron deposición de cobre en la prueba de sulfato y en el ensayo de sensibilización por ácido oxálico, no se detectaron signos de corrosión en bordes de grano.

También superaron sin signos de corrosión el ensayo de niebla salina, lo mismo que el acero 316L, sin ningún tratamiento. Por el contrario, el acero nitrurado mostró algunos signos de sensibilización en bordes de grano, que denota una disminución de cromo en esos sitios, y algunos signos de corrosión general en el ensayo de niebla salina, aunque su comportamiento se considera aceptable, al contrario de ensayos de nitruración a temperaturas algo más altas, que si bien logran algo más de dureza, pierden totalmente la resistencia a la corrosión en ambientes salinos.

---

## Estudio de fenómenos asociados a la tensión de interface aplicados a los procesos metalúrgicos

**Doctorando: Marcelo A. Valentini. [mvalentini@frsn.utn.edu.ar](mailto:mvalentini@frsn.utn.edu.ar)**

Director: Dra. Elena Brandaleze

*Grupo Físicoquímica de Alta Temperatura, Dep. de Metalurgia- DEYTEMA UTN – Facultad Regional San Nicolás*

---

Los requisitos de la industria actual muestran que existe una necesidad urgente de obtener datos confiables en cuanto a propiedades físicoquímicas de los materiales involucrados en los procesos de alta temperatura (metales, escorias y refractarios). La tensión de

interfase, viscosidad, fluidez facilitan la comprensión de fenómenos ligados a la solidificación de metales, interacción metal – escoria en procesos de reducción, conversión y metalurgia secundaria tanto como de corrosión por interacción entre escorias y refractarios. En par-

ticular, el comportamiento de escorias sintéticas o polvos coladores, que se utilizan en la colada continua representa el punto principal de estudio en este trabajo. Dichas escorias constituyen sistemas complejos de óxidos y materiales carbonosos. Se colocan sobre el acero líquido en el molde de colada continua para proteger el metal líquido de la reoxidación, brindar lubricación y proporcionar una adecuada extracción térmica durante la solidificación del producto. Estas funciones se hallan determinadas por el comportamiento de las mismas a altas temperaturas.

#### Objetivo

Este trabajo tiene por objetivo determinar las propiedades físicas y el comportamiento de las escorias antes mencionadas a altas temperaturas (1500°C). Dentro del trabajo se prevé el desarrollo de un equipo para la medición de ten-

sión de interfase a altas temperatura.

#### Resultados

Se estudiaron sistemas de silicatos complejos con compuestos florados y con adición de compuestos de boro y litio, como sustitutos del flúor para analizar la incidencia de los diferentes integrantes de la composición sobre las propiedades físicas a altas temperaturas. Se determinó la viscosidad (teórica mediante el Modelo de Riboud), la fluidez (en forma experimental), el índice de basicidad binario y según Branión (contemplando la composición química completa). Estos datos se correlacionaron con estudios de la tendencia a la cristalización relacionados con la extracción térmica requerida durante el proceso de colada continua. Los resultados obtenidos pueden observarse en la tabla 1.

<b>Polvo colador</b>	<b>Viscosidad (dPa.s = Poise)</b>	<b>IB binario</b>	<b>IB Branión</b>
Pm10F	1,3	0,82	1,86
Pm10B	4,04	0,85	1,35
Pm6B	2,18	0,86	1,66
Pm6B4Li	1,08	0,86	1,93

---

## MEDIO AMBIENTE, CONTINGENCIAS Y DESARROLLO SUSTENTABLE

---

### Alcances del Programa

Uso sustentable de los Recursos Naturales. Contaminación. Catástrofes y Contingencias. Salud y ambiente. Cambio climático. Ordenamiento Territorial.

Gobernabilidad ambiental. El sistema de información ambiental. Tecnologías para la remediación de ambientes contaminados.

---

---

## Modelo de Calidad de Aire para la Ciudad de Buenos Aires. Integración multiescala de modelos de emisión y dispersión de contaminantes

**Doctorando: David Allende.** [david.allende@frm.utn.edu.ar](mailto:david.allende@frm.utn.edu.ar)

---

Director: Dr. Enrique Puliafito – Co-Director: Dr. Pablo Arena

*Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales (GEAA), UTN – Facultad Regional Mendoza*

---

La contaminación urbana es un problema mundial significativo, ya que en varias zonas urbanas metropolitanas se presentan niveles de polución elevados de acuerdo a las guías de la Organización Mundial de la Salud.

La Ciudad de Buenos Aires (CBA) forma parte de uno de los conglomerados urbanos más grandes de América Latina, siendo el tráfico vehicular la principal causa del deterioro en calidad de aire.

El trabajo realizado responde a la necesidad de relacionar elementos de calidad de aire local con políticas necesarias para cumplir con las metas referentes a límites nacionales e internacionales de concentración de contaminantes. Se presenta con tal fin el análisis de la calidad de aire en la Ciudad de Buenos Aires correspondiente a la evolución espacial y temporal de las emisiones de fuentes móviles y fijas de la Ciudad de Buenos Aires.

Las emisiones por fuentes móviles se determinaron por calle, a partir de flujos de tránsito en avenidas, considerando tipos de vehículo, tamaño, combustible utilizado, composición modal y cercanía

a los centros de actividad.

Los factores de emisión se tomaron del modelo COPERT.

Las emisiones se agruparon en celdas de 300 m de lado, conformando un mapa de emisión gridado.

Esta información, junto las condiciones topográficas y meteorológicas de la zona analizada, se usa como entrada de datos de un modelo de dispersión que permite establecer el nivel de contaminantes en cada celda.

El modelo de dispersión utilizado fue CALPUFF a partir de los datos meteorológicos generados por WRF y radiosondeo local.

El mapeo de concentraciones representa un gran avance debido a que en el área bajo estudio no hay en funcionamiento aún una red estable de monitoreo de contaminantes con una densidad de estaciones suficientes como para determinar la calidad del aire en forma espacial. Se espera que la complementación de este tipo de información geográfica con la nueva red de monitoreo pueda contribuir a determinar las áreas más crítica de la ciudad.

---

## Modelado Matemático de las Emisiones Antropogénicas de Carbono

**Doctoranda: Paula Castesana.** [pcastesana@gmail.com](mailto:pcastesana@gmail.com)

---

Director: Dr. Enrique Puliafito

*Departamento de Ingeniería Química, UTN – Facultad Regional Buenos Aires*

---

El aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera debido a emisiones an-

tropogénicas, provenientes del consumo de energía de fuentes fósiles, está



incrementando el efecto invernadero adicional, generando probablemente, entre otras modificaciones climáticas, cambios en la temperatura global, variación de los patrones de lluvia, aumento del nivel del mar, modificaciones en la salinización del mar, reducción de los glaciares cordilleranos y polares, huracanes de gran magnitud, incendios forestales, etc.

Actualmente, en el debate sobre el cambio climático global, el análisis de la relación entre las transiciones demográficas y el crecimiento económico, ha cobrado relevancia, dado que el impacto de dichas transiciones influye directamente sobre el consumo de bienes, energía primaria, y sobre las emisiones de carbono, modificando la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Este trabajo se centra en el desarrollo de un modelo matemático, basado en ecuaciones diferenciales, capaz de describir los cambios y comprender las relaciones no lineales entre la población y las variables macroeconómicas como PBI o PBI/cápita, y el consumo de energía y emisiones de carbono.

Los resultados obtenidos están en buen acuerdo con los datos históricos y las proyecciones realizadas por distintas agencias.

A su vez, el trabajo propone un análisis de los principales indicadores tecnológicos relacionados con dichas magnitudes, como intensidad energética, intensidad de las emisiones, e índice de carbonización en función de variables económicas, poblacionales y tecnológicas. El análisis se realiza sobre los datos históricos mundiales y de diferentes países con distintos patrones de desarrollo, con el fin de evaluar tendencias y así poder desagregar la influencia de factores socio-económicos (nivel de

desarrollo, tipo de industrias, grado de consumo, etc.) y tecnológicos (principalmente fuentes de energía primaria) sobre las emisiones de carbono hacia la atmósfera. Los resultados muestran que existe una fuerte relación entre los mismos y dichas variables. A nivel global, se observan tendencias favorables o de estabilización, y a nivel regional, llama la atención la relación entre el comportamiento de dichos indicadores y el grado de desarrollo o tipo de economía asociada a cada país, como así también con factores de tipo tecnológicos.

Paralelamente, se está trabajando sobre un modelo de flujo de carbono, organizado en bloques, capaz de cuantificar la porción de carbono de origen antropogénico absorbida por océanos, sumideros terrestres, y acumulada en la atmósfera, para así estimar la concentración de dióxido de carbono atmosférico y los cambios de temperatura.

A futuro se propone continuar trabajando para ajustar el modelo demográfico propuesto y ampliar el modelo energético, incluyendo parámetros y relaciones entre variables hasta el momento omitidos, con el fin de obtener los entornos y condiciones necesarios para lograr distintos escenarios futuros.

El estudio de dichas condiciones, el análisis de sensibilidad frente a perturbaciones de las mismas, y las proyecciones de las emisiones obtenidas a partir de la aplicación del modelo resultante, nos indicarán las medidas y esfuerzos necesarios para producir una estabilización o reducción efectiva de las emisiones antrópicas de CO<sub>2</sub>. Una vez hecho esto, se procederá a conectar los módulos presentados, con el objetivo de analizar la influencia de las variables demográficas sobre las emisiones antropogénicas, la influencia de dichas emisiones sobre el balance de carbono

del planeta, y a su vez, realimentar los resultados en el módulo económico, obteniendo así un modelo dinámico de ecuaciones acopladas.

---

## Impacto de las fuentes de incertidumbre en la información básica para el dimensionado de una red de macrodrenaje urbano.

**Doctoranda: Eugenia Garat.** [eugarat@yahoo.com.ar](mailto:eugarat@yahoo.com.ar)

---

Director: Dr. Adolfo Villanueva – Co-Director: Dr. Gerardo Riccardi

*Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada, UTN – Facultad Regional Concordia*

---

**Tema:** el objetivo de la Tesis consiste en la evaluación de las fuentes de incertidumbre que afectan los modelos y procedimientos de diseño de los sistemas de drenaje urbano. Esto implica evaluar los cambios en los resultados obtenidos a partir de la simulación hidrológica de sistemas urbanos. Se propone utilizar el Análisis de Sensibilidad como metodología para evaluar los efectos de la incertidumbre en el diseño de una red de macro-drenaje. El mismo se aplicará a la red de drenaje de la ciudad de Concordia, en la Provincia de Entre Ríos. Como caso de estudio específico se plantea el estudio y la planificación del sistema de drenaje la cuenca del Arroyo Manzores, la cual abarca una superficie de 675 Ha.

**Estado de avance:** se ha realizado el relevamiento de información general del sistema de macrodrenaje de la cuenca del Arroyo Manzores, identificando las principales características de la cuenca y la morfología del cauce. Se cuenta con la subdivisión de la cuenca en áreas parciales de aporte al sistema de macrodrenaje, con los planos de curvas de nivel, puntos acotados y líneas de escurrimiento elaborados por el Consejo Federal de Inversiones en el año 1990. Se dispone de fotografías aéreas de la cuenca suministradas por el Municipio de Concordia a partir de las cuales se

estimaron los porcentajes de superficies permeables e impermeables directamente conectadas al sistema de microdrenaje. Se cuenta con la caracterización geométrica e hidráulica de los principales tramos del Arroyo suministrada por la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos. Los parámetros han sido incorporados al modelo hidrológico-hidráulico Storm Water Management Model (SWMM) - U.S.Environmental Protection Agency (Figura 1), dando inicio a la etapa de calibración de las simulaciones del comportamiento del sistema.

Se han obtenido los hidrogramas en la desembocadura del Arroyo para tormentas de diseño correspondientes a recurrencias comprendidas entre dos años y cincuenta años.

**Próximos desarrollos previstos:** la etapa de calibración de las simulaciones tiene por objeto identificar las principales variables que determinan el comportamiento del sistema. De acuerdo al Plan de tareas previsto, resulta necesario sistematizar la información de los sistemas de microdrenaje de la ciudad, actualmente dispersa en distintos organismos municipales y provinciales, e identificar los eventuales cambios de la traza de los conductos existentes y de las características de las áreas de aporte al sistema. A partir de la misma

se prevé realizar la caracterización del sistema de macrodrenaje para el Escenario de referencia (situación actual), y

dar inicio a la etapa de definición de los parámetros de base, y simulación para las condiciones actuales de diseño.

---

## Determinación de zonas de impacto ante la dispersión en aire de bacterias en plantas de tratamiento de aguas negras municipales

**Doctoranda: Sandra Mariela Godoy. [sm\\_godoy@yahoo.com.ar](mailto:sm_godoy@yahoo.com.ar)**

---

Director: Dr. Nicolás Scenna – Co-Directores: Dres. Oscar Anunziata y Alejandro Santa Cruz  
*Centro de Aplicaciones Informáticas para el Modelado en Ingeniería (CAIMI), UTN – Facultad Regional Rosario*

---

La generación y dispersión en la atmósfera de aerosoles conteniendo microorganismos patógenos como bacterias, virus, hongos, endotoxinas y olores son inevitables en actividades asociadas a plantas de tratamiento de residuos (sólidos o líquidos), estaciones de transferencia, plantas de compostaje, rellenos sanitarios, etc.

Estudios realizados con objeto de evaluar el riesgo biológico de la exposición de la población a bioaerosoles tanto de origen natural como antropogénicos, demuestran que las consecuencias en la salud van desde molestias, a reacciones alérgicas, sinusitis, infecciones pulmonares hasta exacerbar cuadros de asma.

Lo que se pretende al respecto es determinar las zonas de afectación ante escenarios de riesgos causados por la dispersión de microorganismos (bioaerosoles) en la atmósfera. Factores locales, como la topografía y rugosidad del terreno, temperatura, humedad relativa, estabilidad atmosférica y velocidad y dirección del viento, afectan fuertemente tanto a la multiplicación y supervivencia de los bioaerosoles como los niveles de dispersión de los mismos. Por ello es de suma importancia proveer información a los tomadores de decisiones en la evaluación de actividades con potencial de

generar bioaerosoles, que contemple la variabilidad estocástica de los parámetros meteorológicos, permitiendo determinar las zonas de impacto significativas desde esta perspectiva.

Muchos autores han utilizado modelos Gaussianos en el pronóstico de dispersión de virus transportados por el aire, encontrando muy buenos resultados en comparación con datos reales correspondientes a casos de epidemias de aftosa. También para la estimación de difusión de microorganismos en basurales a cielo abierto y estaciones de transferencia se han utilizado algoritmos desarrollados para el análisis de consecuencias (difusión de gases) con las modificaciones pertinentes. Sin embargo, en ningún caso se han empleado herramientas que contemplen la variabilidad estocástica de los parámetros meteorológicos para establecer las zonas de impacto.

En esta etapa se presenta una metodología y una herramienta computacional que permite realizar una simulación estocástica basada en los mencionados modelos de difusión atmosférica.

Como resultado se obtienen distribuciones de concentración de bioaerosoles en los puntos de interés. Dicha información puede utilizarse para trazar mapas geo-referenciados de concen-

tración y de riesgo, así como para establecer distancias o zonas de impacto, cuya aplicación mas relevante es proveer información valiosa para el gerenciamiento del riesgo medioambiental y por lo tanto contribuir a minimizar el potencial riesgo de infección e incluso epidemias al que puede estar expuesto la población.

Se presenta como caso de estudio la determinación de zonas de afectación para una emisión continua de bacterias provenientes de una planta de tratamiento de efluentes líquidos municipales (aguas negras), considerando información meteorológica correspondiente a la zona geográfica de la ciudad de Rosario.

---

## Rediseño acústico óptimo de recintos industriales

**Doctorando: Martín E. Sequeira.** [martins@frbb.utn.edu.ar](mailto:martins@frbb.utn.edu.ar)

---

Director: Dr. Víctor Cortínez

*Centro de Investigaciones en Mecánica Teórica y Aplicada (CIMTA), UTN – Facultad Regional Bahía Blanca*

---

El ruido industrial está invariablemente asociado a los procesos productivos. Por un lado se trata de un problema ocupacional que afecta a los operarios de las plantas industriales y por el otro se trata de un problema urbano cuando la emisión sonora de las industrias afecta zonas aledañas urbanizadas. Por tal razón, el control de ruido industrial resulta una actividad de creciente importancia.

El enfoque más eficiente para evitar situaciones indeseadas de contaminación acústica es el diseño acústico de los recintos industriales en base a la utilización de modelos predictivos a los efectos de estimar la eficiencia de diferentes soluciones técnicas para lograr un ambiente acústico adecuado.

Existen diversos modelos computacionales para tal fin, pudiéndose utilizar desde simples formulaciones analíticas (limitadas, muchas veces, en función de la complejidad de la situación considerada) hasta métodos computacionales más complejos basados en acústica geométrica (cuyos tiempos de cálculo suelen ser importantes).

Además de la investigación sobre mé-

todos predictivos adecuados, un problema asociado para su aplicación a casos reales corresponde a la calibración de los mismos, es decir, el ajuste de los parámetros a los efectos de reproducir situaciones conocidas mediante medición directa. Este tipo de problema aparece cuando es necesario efectuar un diseño de un sistema de control de ruido en un recinto en condiciones de operación, siendo la tendencia en los últimos años la de utilizar el propio modelo en conjunto con técnicas inversas para obtener dichos parámetros desconocidos.

De tal manera, el problema consiste en identificar las distintas condiciones acústicas en los recintos, a partir de mediciones in situ del campo acústico en condiciones de operación y resolver las ecuaciones en forma inversa (conociendo los efectos, determinar las causas).

Posteriormente, se está en condiciones de realizar el diseño acústico óptimo, es decir, seleccionar ciertas modificaciones (apantallamiento de fuentes, agregado de dispositivos de absorción, encapsulamiento de máquinas),

involucrando múltiples simulaciones del ambiente bajo estudio con diferentes parámetros de diseño hasta satisfacer los requisitos de eficiencia preestablecidos.

Esta actividad requiere la formulación de algoritmos de optimización con técnicas de simulación computacional, no solamente precisos, sino también que requieran un tiempo de CPU relativamente bajo, a efectos de poder realizar el diseño requerido en tiempos razonables desde el punto de vista de las aplicaciones prácticas.

En tal sentido, en este trabajo se presentan los principales enfoques estudiados hasta la fecha, a fin de lograr un método eficiente y de bajo costo computacional para poder abordar el problema del rediseño optimal en recintos industriales. Para ello, se propone un modelo de difusión para la acústica de recintos, el cual presenta una aceptable precisión y

puede ser fácil y rápidamente resuelto mediante el método de los elementos finitos. Asimismo, se presenta un enfoque alternativo, para modelar las distintas relaciones acústicas involucradas en recintos industriales, a partir de la utilización de las redes neuronales artificiales y combinaciones con modelos empíricos.

Además, se exponen distintos métodos inversos desarrollados a los efectos de caracterizar acústicamente los recintos industriales en condiciones de operación, mediante una combinación de los modelos aludidos y técnicas de optimización matemática, con especial énfasis en los métodos heurísticos.

Finalmente, se plantean las líneas futuras en función del desarrollo de meta-modelos y en la aplicación de técnicas de optimización, destinadas a la solución de los problemas inversos, basadas en las distintas metodologías estudiadas.

---

## Un Modelo Computacional para el Estudio de Contaminación en Cuerpos de Aguas Poco Profundas

**Doctoranda: Cecilia I. Stoklas.** [stoklas@frbb.utn.edu.ar](mailto:stoklas@frbb.utn.edu.ar)

Director: Dr. Víctor H. Cortínez

*Centro de Investigaciones en Mecánica Teórica y Aplicada (CIMTA), UTN – Facultad Regional Bahía Blanca*

---

El vertido de aguas servidas en cuerpos de agua (tales como un río, lago o estuario) aledaños a grandes ciudades es una situación muy seria de contaminación ambiental. El nivel de tales contaminantes en general, supera las posibilidades de autodepuración de los sistemas naturales, implicando la necesidad de efectuar un tratamiento adecuado de tales vertidos para minimizar sus efectos nocivos. Sin embargo, la depuración de efluentes urbanos no es perfecta ni tampoco gratuita, por lo que debe llegarse a

una ecuación de compromiso técnico – económico – ambiental en su diseño. Si bien deseable, en general es imposible o al menos muy costoso resguardar la totalidad del medio ambiente aledaño a un centro urbano. Sin embargo es viable, desde el punto de vista práctico, definir algunas áreas específicas de resguardo ambiental dedicadas a diferentes usos tales como: toma de agua potable en el caso de ríos o lagos, zonas de pesca, zonas de recreación marina, playas, etc. De esta manera el problema puede

ser planteado de la siguiente manera: se desea establecer la localización de la salida de la tubería de los efluentes urbanos tratados en plantas de depuración, así como el grado de tratamiento necesario para garantizar un nivel de contaminación tolerable en las zonas previamente aludidas considerando además aspectos económicos. Para solucionar tal problema se ha desarrollado una herramienta computacional basada en la formulación de las ecuaciones hidrodinámicas en aguas someras combinadas con las ecuaciones de advección-difusión de transporte de contaminantes. Tales ecuaciones, con sus correspondientes condiciones de borde e iniciales, fueron implementadas en el programa de elementos finitos FlexPDE, obteniéndose el régimen de corrientes y el transporte de sustancias dentro del cuerpo de agua.

En el presente trabajo se analiza el transporte de oxígeno disuelto y de materia orgánica medida a partir de la demanda bioquímica de oxígeno.

Esta solución numérica brinda la distribución espacial y temporal del oxígeno y de la materia orgánica, pudiéndose determinar las correspondientes concentraciones (medias y máximas) en las áreas de resguardo predefinidas. Por supuesto, tales valores dependen de la posición preasumida de la ubicación de las tuberías de descarga y del flujo de materia orgánica aportado, que depende del grado de depuración predefinido en las plantas de tratamiento.

Luego para distintos escenarios, correspondiendo a ciertas localizaciones de las salidas de las tuberías de descarga y el grado de depuración supuestos, se evalúa el grado de contaminación en las áreas protegidas así como los costos de construcción y operación de las plantas de depuración.

El grado de contaminación en las áreas protegidas se mide mediante la mínima concentración de oxígeno disuelto y la máxima concentración de demanda bioquímica de oxígeno. Como restricciones ambientales el oxígeno disuelto (demanda bioquímica de oxígeno) en tales áreas no puede ser menor (mayor) a valores tolerables predefinidos.

Los costos constructivos se miden en función de la longitud de la tubería submarina. En este trabajo se suponen proporcionales a tal longitud, y los costos de operación de las plantas de tratamiento se miden en función del porcentaje de depuración de materia orgánica a partir de una expresión propuesta por Álvarez Vázquez et al (2005). Los costos aludidos no pueden superar valores máximos correspondientes al presupuesto asignado al proyecto.

Mediante la definición de valores tolerables admitidos, el problema queda restringido, y se reduce a buscar alguno de los (muchos) diseños posibles.

Tal estudio corresponde a un primer paso hacia el desarrollo de un sistema computacional de control óptimo de tratamiento de efluentes urbanos.

