



*Escuela de Postgrado y Educación Continua  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de La Plata*



# **I JORNADA DE TESISISTAS**

## **LIBRO DE RESUMENES**



**9 de octubre 2014**



## INDICE

<b>QUIMICA</b> .....	4
UN IMIDAZO TIADIAZOL DERIVADO COMO NUEVO INHIBIDOR DE LA CORROSIÓN DE ACERO AL CARBONO EN MEDIO ACIDO .....	4
COMPORTAMIENTO DE UN MICRO-REACTOR DE FLUJO CRUZADO EN EL ESTUDIO DE LA HIDROGENACIÓN SELECTIVA EN FASE LÍQUIDA DE 1-BUTINO EN PRESENCIA DE 1-BUTENO. ....	6
ESTABILIDAD HIDROTÉRMICA DE SOPORTES NANOPOROSOS DE SÍLICE Y CARBÓN .....	10
COMBUSTIÓN CATALITICA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES UTILIZANDO SISTEMAS AUTOTÉRMICOS CON INTERCAMBIO DE CALOR REGENERATIVO .....	12
OBTENCIÓN DE CINÉTICAS DE INACTIVACIÓN ENZIMÁTICA EN CRUCÍFERAS PARA LA OPTIMIZACIÓN INDUSTRIAL DE VEGETALES PRECOCIDOS CONGELADOS .....	14
EFFECTO DEL SECADO Y EL ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE GELES PÉCTICOS DESHIDRATADOS DE ROSA MOSQUETA ( <i>Rosa rubiginosa</i> L) .....	16
SÍNTESIS, ESTUDIO FISIQUÍMICO Y ELECTROQUÍMICO DE HETEROCICLOS TIO-NITROGENADOS. SUS RADICALES ANIONES Y SUS APLICACIONES COMO INHIBIDORES DE LA CORROSIÓN METÁLICA .....	17
PINTURAS ANTICORROSIVAS CON COMPUESTOS DE TIERRAS RARAS PARA LA PROTECCIÓN DEL ACERO .....	19
<b>MECÁNICA</b> .....	21
ESTUDIO DE LA POLARIZACIÓN PROPAGADA EN GUÍAS DE ONDA ÓPTICAS FABRICADAS CON LÁSER DE PULSOS ULTRA CORTOS .....	21
<b>CONSTRUCCIONES</b> .....	23
APLICACIÓN DE LA MECÁNICA DE FRACTURA AL PROCESO DE INYECCIÓN DE FISURAS EN PRESAS DE HORMIGÓN .....	23
<b>CIENCIAS BÁSICAS</b> .....	24
ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS PALSMÓNICAS .....	24
<b>ELECTROTECNIA</b> .....	25
SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL EFECTO NO ADITIVO DE LA FOTOCORRIENTE APORTADA POR LOS PUNTOS CUÁNTICOS SOLARES DE BANDA INTERMEDIA .....	25
DISEÑO ÓPTIMO DEL APANTALLAMIENTO DE UN DIVISOR DE TENSIÓN .....	27
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL PARA NEUROPRÓTESIS .....	28



DISEÑO, DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSORES DE FIBRAS ÓPTICAS: APLICACIÓN AL ESTUDIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS .....	29
<b>HIDRÁULICA</b> .....	30
ESTUDIO DE COLUMNAS REACTIVAS BASADAS EN EL EMPLEO DE HIERRO CERO-VALENTE PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA .....	30
<b>AERONÁUTICA</b> .....	32
PROBLEMA MODELO SOBRE TRANSPORTE IÓNICO EN ELECTROLITOS SÓLIDOS MICROESTRUCTURADOS .....	32
ESTIMACIÓN DE LA RESPUESTA ELECTROMECAÁNICA DE MATERIALES COMPUESTOS FERROELÉCTRICOS BIFÁSICOS .....	34
COTAS DE SUPERFICIE DE FLUENCIA EN POLICRISTALES POROSOS PRESURIZADOS .....	35
EVOLUCION DE DEFLECTOR UNIDIRECCIONAL PARA GASES DE ESCAPE DE MOTOR DE VEHICULO ESPACIAL .....	36
ESTUDIO NUMÉRICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN REGENERATIVO DE UN MOTOR COHETE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO .....	38
ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS DIFERENTES SECCIONES DIVERGENTES DE TOBERAS SUPERSÓNICAS .....	39



## QUIMICA

### UN IMIDAZO TIADIAZOL DERIVADO COMO NUEVO INHIBIDOR DE LA CORROSIÓN DE ACERO AL CARBONO EN MEDIO ACIDO

**Tesista:** Mauro J. Banera

**Director/Co-director:** Dra. María V. Mirífico

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Electroquímica, inhibición de la corrosión

**Lugar de trabajo:** Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA, CCT La Plata-CONICET), Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química, Universidad Nacional de La Plata

El uso de inhibidores de la corrosión es uno de los métodos más utilizados para combatir la corrosión de los metales y aleaciones [1]. En los procesos de decapado industrial es fundamental el uso de inhibidores para controlar la velocidad de disolución del metal base y de esta forma evitar en el futuro la falla del material [2]. La mayoría de los inhibidores de la corrosión ácida son compuestos orgánicos que en su generalidad presentan en su estructura química ciertas características, como la presencia de heteroátomos (N,S,O) con electrones sin compartir y/o la existencia de sistemas electrónicos- $\pi$  conjugados. El efecto inhibidor de estos compuestos se explica en base a las interacciones que podrían existir entre el metal a proteger y el compuesto orgánico. Estas interacciones pueden ser de tipo físico o químico [3]. El objetivo del presente trabajo es avanzar en el estudio de 3a,6a-difeniltetrahidro-1H-imidazo[4,5-c][1,2,5]tiadiazol-5(3H)-tione 2,2-dióxido (**I**), sintetizado en nuestro laboratorio, como inhibidor de la corrosión de acero de baja aleación en medios ácidos. ( $H_2SO_4$  0,5 M y HCl 1M).

Se realizaron ensayos de pérdida de peso utilizando probetas sumergidas totalmente en los medios agresivos, en ausencia y en presencia de **I** en diferentes concentraciones. Además, se llevaron a cabo ensayos electroquímicos: polarización potenciodinámica anódica y espectroscopía de impedancia electroquímica, empleando como electrodo de trabajo un cilindro de acero encapsulado en Teflón, como contra electrodo Pt y como referencia el electrodo de calomel saturado. Todas las medidas se realizaron para 24 h de exposición del metal en el medio corrosivo en reposo y naturalmente aireado, a 30°C, y por triplicado. El intervalo de concentraciones de **I** investigado fue 30-120  $\mu$ M. Todos los resultados se compararon con los obtenidos en ensayos medidos en ausencia de **I**. El análisis superficial se llevó a cabo por microscopía de barrido electrónico (SEM) y espectroscopía de dispersión de rayos X (XPS).

En ambos ácidos se observó que **I** es un eficiente inhibidor de la corrosión del acero. Se alcanzó una disminución de la corrosión cercana al 94 % para la máxima concentración de inhibidor ensayada.

#### Referencias.

- [1] F. Bentiss, M. Lagrenee, M. Traisnel, and J. Hornez, "The corrosion inhibition of mild steel in acidic media by a new triazole derivative," *Corros. Sci.*, 1999.



- [2] S. A. Umoren, M. J. Banera, T. Alonso-Garcia, C. A. Gervasi, and M. V. Mirífico, "Inhibition of mild steel corrosion in HCl solution using chitosan," *Cellulose*, vol. 20, no. 5, pp. 2529–2545, Aug. 2013.
- [3] F. Bentiss, C. Jama, B. Mernari, H. El Attari, L. El Kadi, M. Lebrini, M. Traisnel, and M. Lagrenée, "Corrosion control of mild steel using 3,5-bis(4-methoxyphenyl)-4-amino-1,2,4-triazole in normal hydrochloric acid medium," *Corros. Sci.*, vol. 51, no. 8, pp. 1628–1635, Aug. 2009.

## COMPORTAMIENTO DE UN MICRO-REACTOR DE FLUJO CRUZADO EN EL ESTUDIO DE LA HIDROGENACIÓN SELECTIVA EN FASE LÍQUIDA DE 1-BUTINO EN PRESENCIA DE 1-BUTENO.

**Tesista:** Germán García Colli

**Director/Co-director:** Ing. Osvaldo M. Martínez, Dr. Guillermo F. Barreto, Dr. Javier A. Alves

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Ingeniería de Reactores

**Lugar de trabajo:** Programa de Investigaciones y Desarrollo en Ingeniería de Reactores Químicos; Unidad de Investigación y Desarrollo

**Palabras claves:** Hidrogenación Selectiva, Micro-reactor, 1-buteno, 1-butino

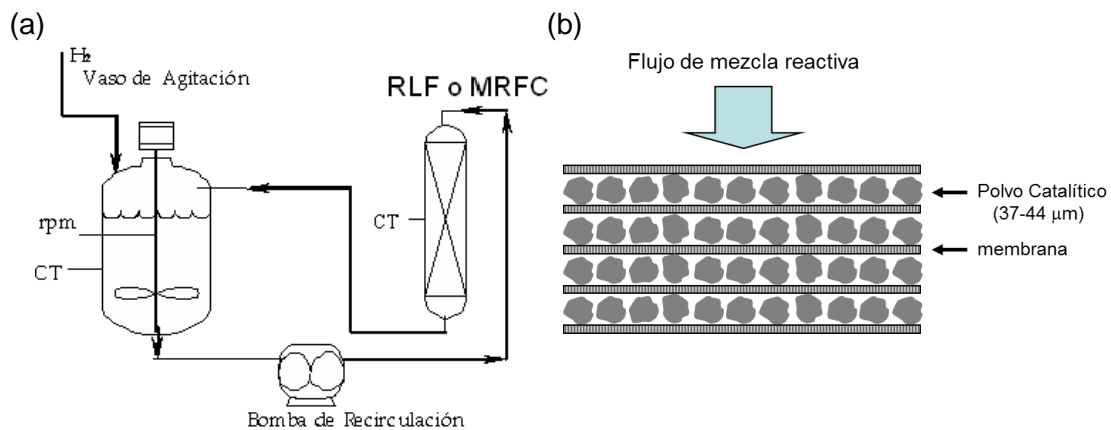
### Introducción

En este trabajo se presenta un estudio experimental de actividades y selectividades obtenidas en dos reactores de laboratorio. El comportamiento de un reactor de lecho fijo convencional (RLF), que emplea pastillas enteras del catalizador comercial tipo *egg shell* en base Pd, es comparado con un microreactor de flujo cruzado (MRFC) que emplea el catalizador comercial molido a un tamaño de partícula de entre 37 y 44 micrones.

### Experimental

En la Fig. 1a se presenta un esquema simplificado del equipo experimental. El mismo opera en forma discontinua para los hidrocarburos, con alimentación continua de  $H_2$ .

El polvo catalítico en el MRFC está dispuesto en cuatro microlechos catalíticos, de aproximadamente 44 micrones de altura y 4 cm de diámetro cada uno, dispuestos sobre discos de membranas de nylon comercial (0.8 micrones de diámetro de poro) (Ver Fig. 1b).

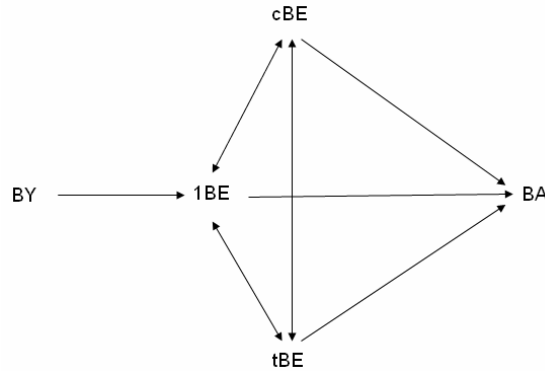


CT: Control de Temperatura  
rpm: Control de velocidad de agitación

**Figuras 1**

### Resultados y discusión

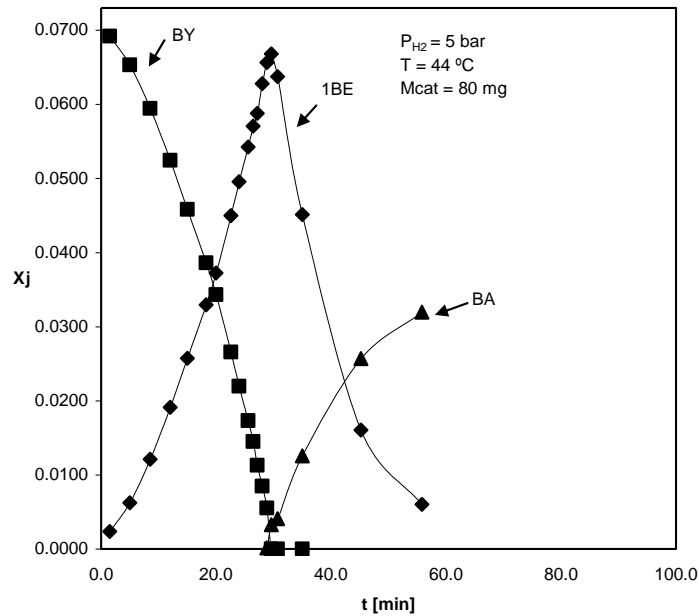
En la Figura 2 se muestra el esquema global de reacciones. En las Figuras 3 se presentan dos ensayos realizados con ambos reactores en las mismas condiciones operativas: presión parcial de hidrógeno de 5 bar y temperatura de 44 °C. La Fig. 3a corresponde al MRFC y la Fig. 3b al RLF.



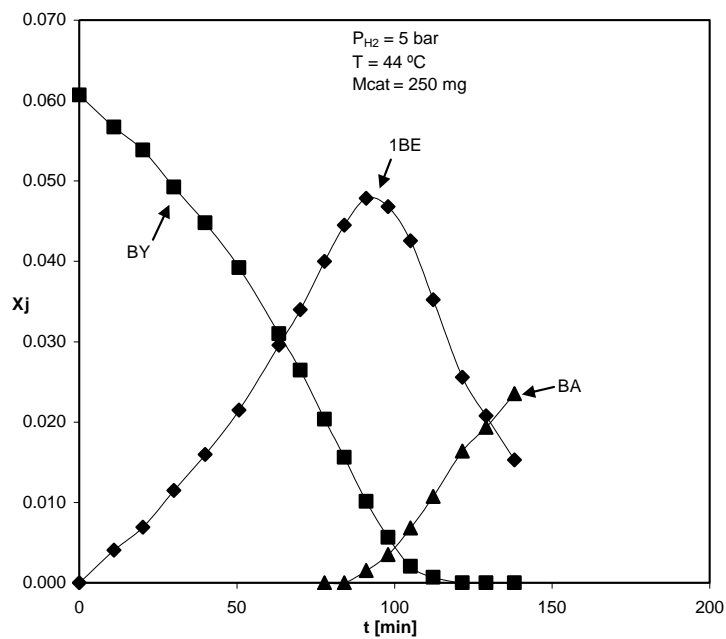
**Figura 2**

En el ensayo realizado en el RLF el efecto de las fuertes resistencias difusionales dentro de la capa activa del catalizador dan lugar a que las reacciones de consumo del 1BE se verifiquen aun cuando se encuentran cantidades significativas de BY. Esto ocurre porque el BY se convierte en reactivo limitante y se agota en el interior del catalizador.

(a)



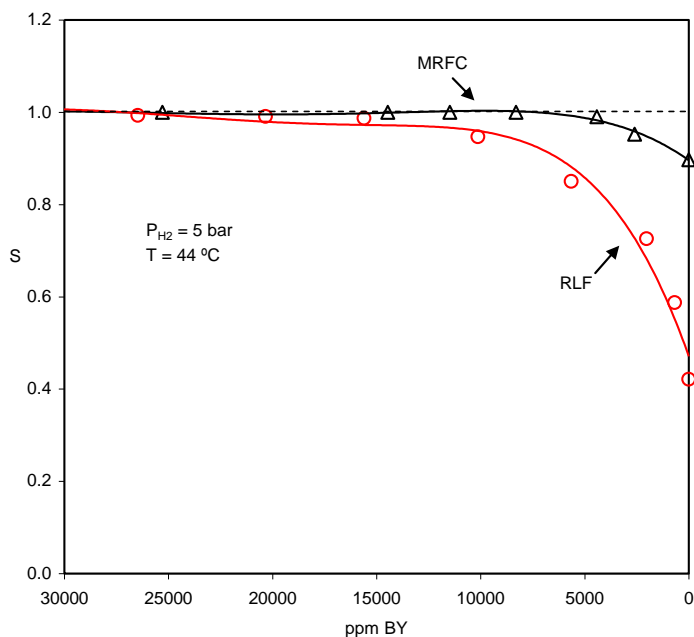
(b)



**Figuras 3**

En la Figura 4 se presenta la selectividad hacia la formación de 1BE, expresada como:  $S = (x_{1BE} - x_{1BE}^0) / (x_{BY}^0 - x_{BY})$  en función de las ppm de BY para ambos reactores.  $x_{1BE}^0$  y  $x_{BY}^0$  son las fracciones molares iniciales del 1BE y BY.





**Figura 4**

En la Figura 4 se aprecia claramente que se alcanza una selectividad mucho mayor en el MRFC, particularmente en la zona en que se agota el BY.

#### Conclusiones

En este trabajo se presenta un estudio de hidrogenación catalítica selectiva de un corte C4, empleando un reactor no convencional, comparando su comportamiento con un sistema convencional.

El MRFC presenta un considerable incremento de actividad catalítica y selectividad respecto del RLF y lo convierte en una herramienta adecuada para el ensayo de catalizadores. En el MRFC se observa una actividad de un orden 12.5 veces mayor que en el RLF. En la continuidad del trabajo se prevé la regresión de los resultados experimentales obtenidos del MRFC para obtener los parámetros óptimos del modelo cinético propuesto y abordar el desarrollo de un simulador de un reactor de membrana catalítica a escala industrial.

#### Referencias

- [1] J.A. Alves, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata, 2009.
- [2] Javier A. Alves, Sergio P. Bressa, Osvaldo M. Martínez, Guillermo F. Barreto, Ind. and Eng. Chem. Res. 52 (2013) 5849-5861.



## ESTABILIDAD HIDROTÉRMICA DE SOPORTES NANOPOROSOS DE SÍLICE Y CARBÓN

**Tesista:** Martín Gatti

**Director/Co-director:** Nora Nichio

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Catálisis, Ingeniería Química

**Lugar de trabajo:** Laboratorio del Departamento de Ingeniería Química - CINDECA

**Palabras claves:** soportes nanoporosos, carbón, estabilidad hidrotérmica

En los últimos años, nuevos materiales carbonosos han sido sintetizados con diferentes objetivos tecnológicos: procesos de separación por adsorción, capacitores para almacenamiento de energía y preparación de soportes de catalizadores. Particularmente, las características porosas de estos materiales los hacen muy útiles como soportes de catalizadores en reacciones catalíticas, debido a que proveen elevados coeficientes de transferencia y altas superficies específicas permitiendo alcanzar una alta dispersión metálica. En la actualidad, la tendencia por el reemplazo de combustibles provenientes de fuentes del petróleo ha llevado a la implementación de procesos catalíticos para convertir productos de la biomasa. En este contexto, una variedad de procesos catalíticos son llevados a cabo en diferentes condiciones operativas: en fase líquida a temperaturas relativamente bajas y altas presiones, y en fase vapor a bajas presiones pero altas temperaturas.

El objetivo de este trabajo es evaluar la estabilidad de un soporte de sílice-carbón frente a diferentes tratamientos térmicos en presencia de agua y de vapor de agua. Se emplearon como técnicas de caracterización: adsorción-desorción de nitrógeno utilizando el modelo de Brunauer-Emmett-Teller (BET), difracción por rayos X (DRX), análisis térmico diferencial (ATD) y espectroscopia de fotoelectrones (XPS).

Los resultados de adsorción-desorción de  $N_2$ , demostraron que todas las isotermas son de tipo IV, con un lazo de histéresis del tipo H3 en el rango de presiones relativas que van desde 0,45 a 0,98 aproximadamente, característico de poros del tipo "slit". Estos indican una estructura tipo rendija ordenada con la existencia de intercapas rotadas respecto a la normal distribución de dichas estructuras planares. Estas intercapas podrían deberse a la presencia de carbono turbostrático. El análisis del volumen total de poros y superficie específica de las muestras indicaría que los tratamientos en agua caliente a 200 y 250 °C (SC-200 y SC-250) provocan los mayores cambios estructurales. Las modificaciones en el material debidas al tratamiento con vapor de agua a 350° y 400°C (SC-350 y SC-400) fueron menores.

Por DRX fue posible observar las bandas de la fase amorfa de la sílice y de la fase cristalina hexagonal del carbono grafito. Estas bandas muestran que tanto la sílice como el carbón se presentan como fases independientes una de la otra. Los difractogramas de SC-250 y SC-400, no presentan diferencias significativas con respecto a la muestra fresca, indicando que estos tratamientos no afectan la estructura cristalina del carbono ni de la fase amorfa de la sílice.

Por ATD se observa entre 300 °C y 400 °C la combustión de una pequeña cantidad de carbono grafito de fase amorfa. Los resultados indican que en la muestra SC-250 hay una mayor deformación parcial de la estructura cristalina hexagonal del carbono.

Por XPS la muestra fresca presenta una relación superficial de C/Si= 12,9. Fue posible determinar la presencia de diferentes grupos oxigenados superficiales a partir de la deconvolución del pico de C1s y del O1s. En la muestra fresca se determinó un 44,3% de especies correspondientes a enlaces C-C, un 48,5% de C-O, y un 7,2% de grupos carboxilo



(O=C-O). Para la muestra SC-400 se observó un menor aporte de grupos oxigenados superficiales a diferencia de la muestra SC-250, lo que estaría en concordancia con los resultados del ATD.

En conclusión, este soporte de sílice-carbón resulta estable y sin cambios estructurales, siendo apto para su utilización en reacciones catalíticas en fase acuosa a temperaturas por debajo de 250°C y con vapor de agua por debajo de 400°C.



## COMBUSTIÓN CATALÍTICA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES UTILIZANDO SISTEMAS AUTOTÉRMICOS CON INTERCAMBIO DE CALOR REGENERATIVO

**Tesista:** Carlos Daniel Luzi

**Director/Co-director:** Dr. Guillermo F. Barreto, Ing. Osvaldo M. Martínez

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Ingeniería de Reactores

**Lugar de trabajo:** Programa de Investigaciones y Desarrollo en Ingeniería de Reactores Químicos; Unidad de Investigación y Desarrollo

**Palabras claves:** Compuestos orgánicos volátiles; combustión catalítica; intercambio de calor regenerativo.

La combustión catalítica constituye una de las mejores alternativas para la purificación de corrientes de aire que contienen bajas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (VOCs). La modalidad empleada para elevar la temperatura de la corriente hasta la temperatura de incineración y la eventual recuperación de calor de los gases ya tratados, resulta un aspecto de alta significación económica.

La alternativa más simple consiste en emplear un intercambiador de superficie de tipo recuperativo para precalentar la corriente a tratar con la propia corriente efluente del reactor, que se supone operado adiabáticamente. De esta manera se podría conseguir un esquema autotérmico, siendo la fuerza impulsora para la transferencia de energía en el intercambiador la elevación de temperatura en el reactor. Sin embargo, la conjunción entre el elevado caudal a tratar, los bajos coeficientes de transferencia de energía (ambas corrientes son gases) y la pequeña fuerza impulsora como consecuencia del bajo contenido de VOCs (usualmente cercana o menor a 50°C), conduce a costosos intercambiadores de calor con elevada superficie.

Una de las alternativas que surge frente al problema planteado, es explotar las diferencias entre las operaciones con intercambio de calor recuperativo y regenerativo, siendo una de las ventajas de esta última, que se pueden emplear configuraciones con mayor relación área/volumen, reduciendo significativamente el tamaño de los equipos.

Entre los sistemas con intercambio de calor regenerativo, presumiblemente el que ha recibido mayor atención, es el esquema de inversión de flujo (*Matros, 1989*). Sus principios de funcionamiento y aplicaciones siguen estudiándose activamente en la actualidad, particularmente en el tratamiento de VOCs (e.g. *Marín et al., 2010*). Conceptualmente, el esquema consiste en operar el reactor catalítico con inversión periódica del sentido de circulación de la corriente a procesar, alimentando la misma al nivel térmico propio, sin precalentamiento. De esta manera, si se mantienen constantes las condiciones de alimentación y la frecuencia de inversión del flujo, el sistema termina operando en ciclos temporales que se repiten continuamente, alcanzando lo que se conoce como *estado cíclicamente estacionario*.

En principio, el sistema no requiere la participación de ninguna operación adicional, por lo que evita la instalación de intercambiadores de calor y/o el uso de combustible adicional respecto al esquema básico (excepto en la puesta en marcha de la operación, para calentar inicialmente el lecho). En contraposición, requiere de un lecho más voluminoso que permita la recuperación de energía. En la práctica, no obstante, ambas zonas extremas del lecho se reemplazan típicamente por un material inerte, normalmente menos costoso que el propio material catalítico (*Gosiewski y Pawlaczyk, 2014*).



Este sistema se ha estudiado mediante la simulación matemática de la operación, considerando un efluente de aire conteniendo etanol y acetato de etilo, solventes que se emplean en la impresión de películas poliméricas. Se ha verificado que el mismo es apto para el tratamiento de la corriente considerada, habiéndose alcanzado un diseño que permite disminuir la concentración de los VOCs a niveles inocuos para diferentes condiciones operativas, permitiendo controlar la operación solo mediante el ajuste del tiempo de inversión utilizado.

## Referencias

Matros, Y., *Catalytic Processes under unsteady-state conditions*, Studies in Surface Science and Catalysis, **43**, 1-403 (1989).

Marín, P., Ordóñez, S., Díez, F.V., *Monoliths as Suitable Catalysts for Reverse-Flow Combustors: Modeling and Experimental Validation*, AIChE Journal, **56** (12), 3162-3173 (2010).

Gosiewski, K., Pawlaczyk, A., *Catalytic or thermal reversed flow combustion of coal mine ventilation air methane: What is better choice and when?*, Chemical Engineering Journal, **238**, 78-85 (2014).



## OBTENCIÓN DE CINÉTICAS DE INACTIVACIÓN EZIMÁTICA EN CRUCÍFERAS PARA LA OPTIMIZACIÓN INDUSTRIAL DE VEGETALES PRECOCIDOS CONGELADOS

**Tesista:** John Freddy Pérez Calderón

**Director/Co-director:** Dra. Ing. Noemí Zaritzky, Dra. Ing. Victoria Santos

**Tipo de carrera:** Maestría en Tecnología e Higiene de los Alimentos

**Área de investigación:** Ingeniería-Tecnología de los Alimentos

**Lugar de trabajo:** Departamento de Ing. Química de la UNLP y Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos CIDCA (UNLP-CONICET)

**Palabras claves:** peroxidasa, lipoxigenasa, inactivación enzimática, vegetales precocidos congelados

Los repollitos de Bruselas (*Brassica oleracea gemmifera*) y brócoli (*Brassica oleracea itálica*) son vegetales crucíferos que contienen un alto contenido de compuestos vitamínicos, anticancerígenos, antivirales y antiandrogénicos como el ácido ascórbico, la glucorafanina o el diindililmetano; estos nutrientes benéficos ayudan a la prevención de enfermedades motivando esto a incrementar su incorporación en la dieta diaria. La demanda creciente de estos vegetales permite su disponibilidad durante todo el año como un producto pre-cocido congelado listo para su consumo.

En los vegetales crucíferos existe la presencia de enzimas como la peroxidasa (POD) y lipoxigenasa (LOX). La POD es una enzima que genera cambios indeseables cuando se combina con peróxido de hidrógeno en las células vegetales promoviendo la pérdida de algunos nutrientes como el ácido ascórbico (Brewer y Begum, 2003), además su alta estabilidad térmica sirve como parámetro de control para la finalización del proceso de inactivación enzimática. La LOX es importante analizarla porque a esta enzima se le atribuyen cambios de olor y sabor; esto se debe a las modificaciones oxidativas de los ácidos grasos poliinsaturados. Dado que el vegetal fresco contiene estas enzimas las cuales mantienen su actividad generando deterioros aún a temperaturas bajas de almacenamiento o congelación (por debajo de los 0°C) es necesario realizar un tratamiento térmico previo para lograr su inactivación.

El sector industrial de alimentos congelados requiere la definición de parámetros que aseguren la calidad final del vegetal en cada etapa del proceso: calentamiento y congelación. Por ende los objetivos de este trabajo son: a) determinar experimentalmente las cinéticas de inactivación enzimática en vegetales (crucíferas) durante el calentamiento estimando las constantes de reacción a diferentes temperaturas y las energías de activación, b) establecer si existen fracciones térmicamente lábiles o resistentes de las enzimas POD y LOX y su concentración inicial, c) determinar experimentalmente mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) las propiedades termo físicas de los vegetales tales como calor específico aparente, entalpía de fusión, fracción de agua ligada, etc. d) determinar la composición centesimal de ambos tipos de crucíferas midiendo humedad, proteína, carbohidratos, fibra, lípidos y cenizas.

Para cuantificar los parámetros cinéticos se midió la actividad enzimática a distintas temperaturas y tiempos de calentamiento. Muestras de extracto enzimático se sumergieron en un baño termostático para el ensayo de inactivación térmica retirándolas a distintos tiempos de calentamiento a una temperatura dada. La actividad enzimática (AE) de POD se midió en un espectrofotómetro UV-visible a 470 nm según el método descrito en Morales y col., 2002. A partir de las curvas de AE vs tiempo de calentamiento se observó la presencia de



fracciones lábiles y resistentes de la POD calculando la actividad inicial de cada fracción. Estos resultados permitieron determinar la cinética de inactivación térmica obteniendo constantes de reacción y la energía de activación de cada isoenzima. Estos parámetros son de gran relevancia en la ingeniería de alimentos ya que permiten la optimización del procesamiento industrial pudiendo acoplar las cinéticas enzimáticas a los modelos matemáticos que simulan la transferencia de energía utilizando el método de elementos finitos.

### Referencias bibliográficas

- Brewer y Begum.(2003). Effect of microwave power level and time on ascorbic acid content, peroxidase activity and color of selected vegetables. **Journal of Food Processing and Preservation**, 27(6), 411-426
- Morales-Blancas E.F., Chandia V.E., y Cisneros-Zevallos L., (2002). Thermal Inactivation Kinetics of Peroxidase and Lipoxygenase from Broccoli, Green Asparagus and Carrots. **Journal of Food Science**, 67(1), 146-154.



## EFFECTO DEL SECADO Y EL ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE GELES PÉCTICOS DESHIDRATADOS DE ROSA MOSQUETA (*Rosa rubiginosa* L)

**Tesista:** Natalia Andrea Quintero Ruiz

**Director/Co-director:** Dr. Ing. Sergio Adrián Giner; Dr. Néstor Ariel Algecira

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Deshidratación de alimentos

**Lugar de trabajo:** Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA-UNLP-CONICET)

**Palabras claves:** Deshidratación, Rosa mosqueta, Calidad nutricional

La tesis doctoral se realiza como parte de las investigaciones del grupo de secado del CIDCA. El objetivo principal es comparar los efectos de los métodos de secado con aire caliente (SA) y secado a vacío (SV) como medios para la obtención de un producto laminado reestructurado de pulpa de rosa mosqueta, y evaluar su variación de calidad durante el proceso de deshidratación y el almacenamiento posterior. El desarrollo experimental se inició caracterizando la materia prima principal (pulpa de rosa mosqueta) y luego se formuló con ingredientes saludables para que fuera sensorialmente aceptable. Se estudiaron las cinéticas de secado, el contenido de ácido ascórbico y el color del producto como resultado las dos técnicas de deshidratación elegidas. Como segunda etapa se seleccionó, el producto con mejores características organolépticas y nutricionales para realizar un ensayo de almacenamiento. A la formulación base se le adicionó el conservante metabisulfito de potasio para evaluar su efecto en la variación de color y contenido de ácido ascórbico. Los ensayos de almacenamiento se subdividieron en convencional (temperatura de 20°C y tiempo total de un año) y acelerado (temperaturas de 30 y 40°C durante 2 meses).

Los resultados obtenidos hasta el momento denotan una mejora en cuanto a la conservación de las características nutricionales y tiempo de secado cuando se utiliza la cámara de vacío en lugar del túnel de convección forzada. En cuanto al almacenamiento las determinaciones realizadas muestran ligeras variaciones entre las formulaciones adicionadas con metabisulfito de potasio respecto de la formulación control para el parámetro color; asimismo se ha observado que a altas temperaturas de almacenamiento el contenido de ácido ascórbico es el parámetro que cambia más rápido. La posibilidad de comparar los resultados de un almacenamiento tradicional contra uno acelerado permitirá el cálculo del parámetro  $Q_{10}$  para la variación de color y contenido de ácido ascórbico, datos que actualmente no se encuentran disponibles en bibliografía para la matriz estudiada.

En forma complementaria al trabajo experimental, se modelarán matemáticamente la transferencia de calor y materia durante el secado, así como también la retención de ácido ascórbico para las dos técnicas de deshidratación, las variaciones de color y contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento. De esta forma se podrá determinar un tiempo de vida útil del producto. Por último se realizará una estimación de los costos de producción de este alimento con valor agregado, a efectos de considerar una posible etapa de comercialización.





## SÍNTESIS, ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO Y ELECTROQUÍMICO DE HETEROCICLOS TIO-NITROGENADOS. SUS RADICALES ANIONES Y SUS APLICACIONES COMO INHIBIDORES DE LA CORROSIÓN METÁLICA

**Tesista:** Nelson Rodríguez

**Director/Co-director:** María Mirífico

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Electroquímica Orgánica y Corrosión

**Lugar de trabajo:** Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA, CCT La Plata-CONICET), Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química, UNLP, Argentina.

**Palabras claves:** 1,2,5-tiadiazol 1,1-dióxidos, inhibidores de corrosión ácida, aniones-radicales

**Introducción.** Los heterociclos nitrogenados con sistemas electrónicos-pi conjugados y extendidos, son de interés tanto académico como aplicado. **1-6** Este trabajo se centró en la *síntesis química limpia* de derivados del 1, 2,5-tiadiazol con las características de interés, en la generación, acumulación y estudio de la estabilidad de los radicales-aniones de ellos derivados frente al agua y al oxígeno, y en estudio de la capacidad de inhibir la corrosión de metales en medio ácido.

**Experimental.** Se prepararon *fenantro[9,10-c]-* (TRojo) y *pireno[4,5-c]-1,2,5-tiadiazol 1,1-dióxido* (TPYR) y otros cuatro derivados (TFF, TBF, T $\beta$ F y TpCl) por condensación entre sulfamida y la alfa-dicetona correspondiente, en ausencia de solvente y utilizando H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>.nH<sub>2</sub>O pretratado a 150-300oC como catalizador. Las reacciones se llevaron a cabo a 150oC y el avance de las mismas se siguió por CCF. Los productos **T** se caracterizaron e identificaron por IR, UV, RMN, espectros de masas. Los aniones-radicales **TRojo-** y **TPyr-** se acumularon por electro-reducción a potencial controlado (EPC) de los compuestos padres en solución de DMSO. El avance de las EPC se hizo por voltamperometría cíclica (VC). **T-** se caracterizaron por VC, UV-Vis y EPR. La estabilidad de **T-** se investigó por VC y EPR. **T-** también se generaron fotolizando soluciones de **TRojo** o **TPYR** en DMF irradiando con lámparas UV y UV-Vis (200-800 nm y 254 nm), 3 h. Las fotólisis se monitorearon por UV-Vis, VC y EPR.

Como inhibidores de la corrosión de acero al carbono en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5M se estudiaron 3,4-difenil-4-(4-metoxifenil)- (**TAnisol**) y 4-(N,N-dimetilaminofenil)-3,4-difenil-1,2,5-tiadiazolina 1,1-dióxido (**TDMA**). Se midieron curvas de polarización potenciodinámica anódica y se realizaron ensayos de pérdida de peso, después de 1 y 24 h de inmersión del electrodo en el medio corrosivo naturalmente aireado y en reposo, a 30 y 40oC.

**Resultados.** Los derivados **T** se prepararon en general con buenos rendimientos. El tratamiento térmico del catalizador influyó sobre el tiempo de reacción. **TPYR-** y **TRojo-** se acumularon por EPC elevados rendimientos (85 y 80%, respectivamente). Su estabilidad frente al H<sub>2</sub>O y al O<sub>2</sub> medida durante 15 días mostró disminuciones de 20 % frente al agua y de 30 % frente al O<sub>2</sub>. **T-** también se acumularon por irradiación fotoquímica de soluciones de los compuestos padres en DMF. No se observó la formación de radicales en DMSO, DCM, o ACN. Este comportamiento se atribuiría al carácter reductor de la DMF. Los espectros EPR de los **T-** generados vía electroquímica y fotoquímica son equivalentes a los medidos para los radicales generados por reducción química con LiCN. **TDMA** y **TAnisol** presentaron eficiencias de inhibición similares (**EI** ca. 87 %) a 30 oC para la mayor concentración de



inhibidor investigada (160  $\mu$ M). Se observó que el tiempo de inmersión del metal en el medio agresivo no influye sobre el efecto protector de los inhibidores. La **EI** para **TDMA** parece disminuir al aumentar la temperatura.

**Conclusiones.** **a)** Los derivados **T** se prepararon con excelentes rendimientos por métodos químicos limpios. **b)TROjo.-** y **TPyr.-** en solución de DMSO son estables en condiciones ambientales. **c) TROjo.-** y **TPyr.-** pueden obtenerse por fotorreducción a 254 nm de los compuestos padres en solución de DMF. **c) TANI** y **TDMA** son buenos inhibidores de la corrosión de acero en medio ácido sulfúrico.

**Bibliografía.** **1.** Linder T, Sutherland T.C, Baumgartner T, Chem. Eur. J. 16, 7101 – 7105, 2010. **2.** H.S. Naiwa (Ed), Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers Wiley-VCH, Chichester, UK, (1997). **3.** M. Lebrini, M. Lagrene'e, H. Vezin, L. Gengembre, F. Bentiss, Corrosion Science., 47 (2005) 485.



## PINTURAS ANTICORROSIVAS CON COMPUESTOS DE TIERRAS RARAS PARA LA PROTECCIÓN DEL ACERO

**Tesista:** Sol Roselli

**Director/Co-director:** R. Romagnoli, M.C. Deyá

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Pinturas anticorrosivas

**Lugar de trabajo:** CIDEPINT (Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas), (CONICET-CIC); Grupo: Estudios electroquímicos

**Palabras claves:** pinturas, corrosión, tierras raras, silicatos

Los metales, en general, se corroen cuando quedan expuestos a la intemperie, razón por la cual se utilizan distintos tipos de sistemas de protección que van desde los tratamientos que generan películas de conversión sobre la superficie del metal hasta el empleo de cubiertas (metálicas u orgánicas). La selección de uno u otro tipo de protección dependerá del material y de la etapa de utilización que se esté considerando. El empleo de cubiertas orgánicas (pinturas) está muy extendido ya que es un sistema económico y de fácil aplicación. Sin embargo, los pigmentos activos (los componentes capaces de inhibir la corrosión) tradicionales de las pinturas están siendo cuestionados debido a su acción adversa sobre la salud y el medio ambiente. Las pinturas anticorrosivas a base de cromatos fueron las primeras en ser cuestionadas por las disposiciones ambientales y, si bien se ha trabajado en el tema por más de 20 años, todavía no existen soluciones definitivas. Un reemplazante del cromato, empleado con bastante éxito, ha sido el fosfato de cinc pero empezó a ser cuestionado, en primer lugar, por contener un catión pesado y, luego, por la eutrofización de los cursos de agua que causan los fosfatos.

El objetivo de este proyecto es desarrollar recubrimientos micro y/o nanoestructurados e inteligentes, libres de cromo hexavalente y con bajo o nulo contenido de fosfato de cinc, para la protección anticorrosiva de metales. Se buscan materiales alternativos que permitan eliminar los cromatos y disminuir el contenido de fosfatos en la formulación de pinturas anticorrosivas.

Para desarrollar los recubrimientos anticorrosivos se partirá de micro, submicro y nano aluminosilicatos naturales. Los materiales pigmentarios inteligentes se obtendrán a partir de los minerales modificados por intercambio iónico, con especies pasivantes derivadas del cerio y del lantano. Estos iones serían liberados al medio corrosivo al intercambiarse con las especies que intervienen en el proceso de corrosión. La capacidad de intercambiar iones, las características de adsorción y su reactividad hace que este grupo de compuestos sea interesante desde el punto de vista de la tecnología de los recubrimientos inteligentes. Además el empleo de micropartículas puede mejorar el empaquetamiento de los sólidos en las pinturas anticorrosivas incrementando sus propiedades de barrera. Estos materiales se utilizarán en pinturas anticorrosivas en reemplazo de los fosfatos o combinándolos sólo con pequeñas proporciones de los mismos a fin de disminuir su contenido en las pinturas.

La capacidad de estos materiales para proteger a los metales será evaluada por técnicas analíticas, electroanalíticas y espectroscópicas, empleando como sustrato acero tipo SAE 1010.

Se diseñarán pinturas anticorrosivas con estos materiales pigmentarios que se aplicarán sobre el metal seleccionado y se evaluarán por medio de técnicas electroquímicas: potencial de corrosión, ruido electroquímico (ENM) y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), y por medio de ensayos acelerados en cámaras de niebla salina y de humedad.



1. R. Romagnoli, V.F. Vetere, "Heterogeneous reaction between steel and zinc phosphate", *Corrosion (NACE)*, 51(2), 116-123 (1995).
2. L. Chromy, E. Kaminska; "Non-toxic anticorrosive pigments. Progress in Organic Coatings", 18, 319-324, (1990).
3. A. Bittner, "Advanced phosphate anticorrosive pigments for compliant primers", *J. of Coatings Technology*, 61 (777) 14-118 (1989).



## MECÁNICA

### ESTUDIO DE LA POLARIZACIÓN PROPAGADA EN GUÍAS DE ONDA ÓPTICAS FABRICADAS CON LÁSER DE PULSOS ULTRA CORTOS

**Tesista:** Matías Tejerina

**Director/Co-director:** Dr. Gustavo Torchia

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Fotónica integrada

**Lugar de trabajo:** Centro de Investigaciones Ópticas CONICET La Plata-CIC

**Palabras claves:** Laser de Femtosegundos; Guías de Onda; Cristales de Niobato de Litio

La escritura láser con pulsos ultracortos ha alcanzado en la última década un notable crecimiento debido principalmente a la gran versatilidad de este tipo de tecnología. Se han reportado importantes trabajos científicos y tecnológicos sobre este método de fabricación de circuitos ópticos que es bien aceptado en la comunidad, debido a las siguientes características: bajo costo, fácil prototipado, implementación en un amplio rango de materiales ópticos [1,2]. Con energías de escritura del orden de  $1 \mu\text{J}$ , es posible alcanzar la ruptura óptica (*optical breakdown*) en todos los materiales transparentes focalizando el haz de pulsos de femtosegundos en el interior. Estas estructuras de guías de onda obtenidas bajo estas condiciones experimentales se denominan "Tipo II". En la región de interacción se produce una explosión de Coulomb, que da lugar a un daño importante en el material y origina en sus adyacencias, tensiones mecánicas residuales que forman la guía de onda [3].

Utilizando el sistema de micro-mecanizado y el sistema láser de pulsos de femtosegundos disponible en el Centro de investigaciones Ópticas (CIOp), se fabricaron estructuras de guías de onda utilizando distintas energías de pulso. Seguidamente, se acopló en la misma luz láser (650 nm) utilizando el método conocido como *end-fire*. Para analizar la polarización de la luz que se propagaba en estas guías, utilizó un conjunto de polarizadores en la entrada y salida del sistema.

A su vez, se empleó un modelo numérico de elementos finitos [4] que permite obtener los mapas de deformaciones, índice de refracción y modos guiados en la zona adyacente a una expansión mecánica arbitraria. Utilizando este modelo, se compararon los modos guiados originados por distintas expansiones numéricas con aquellos medidos experimentalmente para distintas energías de fabricación. Esto permitió asociar las guías de onda fabricadas con las expansiones numéricas, obteniendo una relación entre la energía utilizada para fabricar las guías y las expansiones numéricas asociadas.

De este estudio, se observó una buena concordancia entre el resultado numérico y el experimental. En base a este resultado, se propuso una relación lineal entre la energía de pulso utilizada para la fabricación de la guía y el parámetro de expansión horizontal utilizado en el modelo numérico de expansión.

#### Referencias:

[1]G Della Valle, R Osellame and P Laporta, J. Optics A: Pure and Applied Optics, 11, 13001 (2009).

[2]R. Gattas and E. Mazur, Nature Photonics, 2 219 (2009).



- [3]J. Burghoff, H. Hartung, S. Nolte and A. Tunnermann, Appl. Phys. A 86 165-170 (2006).  
[4]Tejerina, M., & Torchia, G. A. MATFESA: strain and refractive index field estimation after femtosecond laser interaction with transparent material. Applied Physics A, 110(3), 591 (2013).



## CONSTRUCCIONES

### APLICACIÓN DE LA MECÁNICA DE FRACTURA AL PROCESO DE INYECCIÓN DE FISURAS EN PRESAS DE HORMIGÓN

**Tesista:** María Paula Zappitelli

**Director/Co-director:** Dr. Ing. Claudio G. Rocco, Dr. Ing. E. Ignacio Villa

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Estructuras- Mecánica de Fractura

**Lugar de trabajo:** Departamento de Construcciones, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata

**Palabras claves:** Presas, Presiones de Inyección, Factor de Intensidad de Tensiones, Modelo de Fisura Cohesiva, Método de los Elementos Finitos

En estructuras de hormigón masivo como las presas de gravedad, debido a los gradientes de masa y de superficie originados por el calentamiento y posterior enfriamiento de la masa de hormigón debido al calor liberado durante los procesos de hidratación del cemento, pueden generarse fisuras si las tensiones superan la resistencia a tracción del material. Este tipo de fisuras suelen localizarse cerca de la sección central de la presa causando un plano vertical de fisuración, el cual comienza en el paramento aguas arriba y se propaga perpendicularmente al mismo hacia el paramento aguas abajo. Incluso cuando su presencia no compromete la integridad estructural, estas fisuras pueden afectar el funcionamiento en servicio de las presas debido a la generación de filtraciones de agua.

Para evitar este tipo de inconvenientes se sellan las fisuras utilizando resinas epoxi a alta presión, por lo cual es importante diseñar adecuadamente el proceso de inyección y el máximo valor que la misma pueda alcanzar para evitar que la fisura se propague durante los trabajos de reparación. En el presente trabajo se implementaron en un código de análisis por el Método de los Elementos Finitos (MEF) un modelo elástico lineal que consiste en el cálculo del Factor de Intensidad de Tensiones en modo I (KI) y un Modelo de Fisura Cohesiva (MFC), para el estudio de la estabilidad del proceso de inyección en una presa de hormigón fisurada, considerando tres tamaños de fisuras, variando la relación entre la altura de la fisura y la altura total de la presa, así como su profundidad en relación al ancho total de la misma. El MFC, a diferencia del modelo del modelo elástico lineal, permite predecir cuánto se propagará la fisura en el caso de que se haya determinado que la misma no es estable.



## CIENCIAS BÁSICAS

### ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS PLASMÓNICAS

**Tesista:** Luis Joaquín Mendoza Herrera

**Director/Co-director:** Dr. Daniel Carlos Schinca, Dra. Lucía Beatriz Scaffardi

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Ingeniería Fotónica

**Lugar de trabajo:** Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp)

**Palabras claves:** Función dieléctrica, Plasmón, scattering, refuerzo de campo, nanoantenas

Las propiedades ópticas de los metales en escalas manométricas se rigen principalmente por el comportamiento de los electrones de la banda de conducción frente a la aplicación de un campo electromagnético externo. Las oscilaciones de carga acopladas que se generan en estos casos reciben el nombre de “plasmones” presentando resonancias cuyas características dependen del metal, tamaño, geometría y medio circundante.

En esta presentación se mostrarán los avances obtenidos en el estudio de las características de dichas resonancias plasmónicas para nanopartículas de diversas geometrías. Nanopartículas de metales nobles son muy utilizadas en la actualidad en diversos campos como medicina para tratamiento de cáncer, biología, almacenamiento de la información, catálisis, etc. Particularmente las Nps de plata de radios inferiores a 5 nm tienen propiedades bactericidas y son útiles para adherir el virus de HIV.

Las características ópticas se basan en la descripción de la función dieléctrica del metal teniendo en cuenta la contribución de electrones libres y ligados y su modificación por tamaño. Con esta descripción, utilizando teoría de Mie, se calcula la sección eficaz de extinción en función de la longitud de onda incidente para nanoesferas de estructuras simples y con recubrimiento.

La comparación con espectros experimentales de extinción óptica (Espectroscopía de extinción) permite determinar la distribución de tamaños de una solución coloidal de nanopartículas obtenidas por ablación láser ultrarrápida de blancos metálicos en líquidos con el equipo que posee el CIOp.

La resonancia plasmónica también genera un refuerzo de campo en las cercanías de la estructura. Dicho refuerzo es la base del desarrollo de técnicas ultrasensibles de medición de microesfuerzos en materiales sólidos y de detección de molécula única en medios líquidos a través del decorado de microsondas. En esta presentación se comparan los resultados obtenidos para esferas con estructura simple y multicapa, analizando la disposición óptima según la aplicación requerida.

Otra línea que se encuentra en desarrollo es el estudio de refuerzo de campo en estructuras no esféricas. Para estos casos implementé la aproximación de dipolos discretos (DDA) para el diseño de nanoantenas con aplicaciones en la ingeniería (multiplexado y comunicaciones ópticas).

Otros estudios y aplicaciones importantes en el presente proyecto de investigación son el diseño e implementación de sensores tipo Kretschmann y el diseño e implementación de guías de onda plasmónicas.





## ELECTROTECNIA

### SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL EFECTO NO ADITIVO DE LA FOTOCORRIENTE APORTADA POR LOS PUNTOS CUÁNTICOS SOLARES DE BANDA INTERMEDIA

**Tesista:** Ariel Pablo Cédola

**Director/Co-director:** Dr. Eitel L. Peltzer y Blancá

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Electrónica

**Lugar de trabajo:** Grupo de Estudio de Materiales y Dispositivos Electrónicos (GEMyDE), Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, UNLP

**Palabras claves:** Celdas solares, puntos cuánticos, modelización, simulación numérica

La incorporación de puntos cuánticos en celdas solares semiconductoras ha despertado gran interés en los últimos años debido a su capacidad para incrementar notablemente la eficiencia de conversión de potencia de las celdas, la cual podría idealmente superar el 60% de acuerdo a predicciones teóricas publicadas en la literatura [1]. El apilamiento de capas de puntos cuánticos en el interior de la región activa de una celda solar constituye una de las formas de implementación de las denominadas celdas solares de banda intermedia. Los puntos cuánticos introducen niveles permitidos de energía que facilitan la absorción de fotones con energías por debajo de la banda prohibida del semiconductor matriz, para las cuales dicho material resulta transparente, ampliando de esta manera la respuesta espectral de la celda e incrementando en consecuencia la fotocorriente. Los puntos cuánticos son las nanoestructuras más estudiadas para tal fin, y particularmente las celdas solares de GaAs con puntos cuánticos de InAs son los dispositivos sobre los cuales se vienen centrando la mayor parte de las investigaciones, dado el avanzado conocimiento que se ha adquirido acerca de estos materiales y la actual madurez tecnológica de los procesos de fabricación. Contrariamente a los cálculos teóricos, las implementaciones experimentales de celdas solares de puntos cuánticos han arrojado eficiencias mucho más bajas que las esperadas, cercanas al 20% en los mejores casos. Si bien la corriente de cortocircuito se incrementa producto de la mayor cantidad de fotones absorbidos, las nanoestructuras provocan un aumento indeseado de la recombinación de los portadores que reduce la tensión de circuito abierto del dispositivo, degradando finalmente su performance. Profundos estudios desde el punto de vista microscópico a partir de la modelización y simulación numérica de las celdas resultan indispensables ante estos comportamientos, para comprender los distintos procesos físicos involucrados, proponer variantes en el diseño, investigar nuevos materiales y evaluar la influencia de los numerosos parámetros tecnológicos sobre el funcionamiento del dispositivo, siempre con el objeto de lograr mayores eficiencias. En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo numérico detallado de las celdas solares de puntos cuánticos, basado en las ecuaciones de arrastre-difusión en combinación con ecuaciones de balance para las nanoestructuras [2], aplicado en particular al estudio del efecto no aditivo de la fotocorriente aportada por los puntos cuánticos a la corriente total de la celda. Se ha comprobado experimentalmente que en celdas solares de puntos cuánticos iluminadas con el espectro solar completo, solo una pequeña fracción de los pares electrón-hueco generados en los puntos cuánticos logra alcanzar los terminales del dispositivo, mientras que filtrando el



espectro e iluminando la celda solamente con el rango de longitudes de onda absorbidas por los puntos cuánticos ( $\lambda > 900$  nm), la fotocorriente aportada por las nanoestructuras es mucho mayor [3]. En este trabajo se investiga en profundidad mediante simulaciones numéricas, la relación entre la característica no aditiva de la fotocorriente y la naturaleza del proceso de escape de los electrones y huecos desde los puntos cuánticos, excitónico, unipolar o no correlacionado.

- [1] A. Luque and A. Martí, "Increasing the efficiency of ideal solar cells by photon induced transitions at intermediate levels," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 78, N. 26, pp. 5014-5017, 1997.
- [2] M. Gioannini, A. Cédola, N. Di Santo, F. Bertazzi and F. Cappelluti, "Simulation of quantum dot solar cells including carrier intersubband dynamics and transport," *IEEE J. Photovolt.*, vol. 3, N. 4, pp.1271-1278, 2013.
- [3] K. Sablon et al., "Strong enhancement of solar cell efficiency due to quantum dots with built-in charge," *Nano Lett.*, vol. 11, pp. 2311-2317, 2011.



## DISEÑO ÓPTIMO DEL APANTALLAMIENTO DE UN DIVISOR DE TENSIÓN

**Tesista:** Leonardo Catalano

**Director/Co-director:** Dr. Ing. Ricardo Díaz, Mg. Ing. Raúl Álvarez

**Tipo de carrera:** Maestría

**Área de investigación:** Alta tensión

**Lugar de trabajo:** IITREE-LAT

**Palabras claves:** Impulso atmosférico, divisor resistivo, elementos finitos, apantallamiento

La medición de altas tensiones de impulso atmosférico en las pruebas dieléctricas sobre el equipamiento y las máquinas para sistemas de alta y muy alta tensión requiere una creciente exactitud, especialmente cuando, como consecuencia de las grandes dimensiones de los circuitos de ensayos, pueden producirse oscilaciones en la cresta de tensión.

A los efectos de mejorar la exactitud en la medición de los parámetros del impulso atmosférico se ha diseñado un divisor para ser utilizado como patrón en la calibración de sistemas de medición de impulsos de alta tensión.

El diseño del divisor requirió el dimensionamiento óptimo del apantallamiento que lograra reducir el estado transitorio y asegurar su linealidad.

Para ese objetivo se ha desarrollado y utilizado un algoritmo de cálculo de campo eléctrico mediante el método de elementos finitos.

El trabajo describe la rutina de cálculo utilizada en el apantallamiento del divisor.



## INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL PARA NEUROPRÓTESIS

**Tesista:** Federico N. Guerrero

**Director/Co-director:** Enrique Spinelli

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Ingeniería Electrónica, Instrumentación, Bioingeniería

**Lugar de trabajo:** Laboratorio de Electrónica Industrial, Control e Instrumentación (LEICI), Depto. De Electrotecnia.

**Palabras claves:** Biopotenciales, Instrumentación, Rehabilitación, Neuroprótesis, Electromiograma

El cuerpo humano utiliza señales eléctricas para numerosos procesos fisiológicos. Las células utilizan los iones de la solución donde viven como portadores de carga para transmitir mensajes a través de variaciones de potencial. Estas señales se conocen como biopotenciales, y gracias a su propagación en el conductor de volumen que es el cuerpo pueden medirse colocando electrodos sobre la piel. Son ampliamente utilizados en el diagnóstico médico, y tienen gran potencial para ser utilizados en rehabilitación porque permiten resolver una situación de compromiso: las terapias de rehabilitación tienen mayor éxito cuanto más asiduo es el trabajo, pero al aumentar las horas de atención a un paciente aumenta el costo del tratamiento. Entonces es deseable contar con sistemas que otorgue mayor independencia a un paciente para continuar el tratamiento sin asistencia profesional, o que maximice la eficiencia del tratamiento proveyendo datos cuantitativos sobre la evolución del mismo. Tal dispositivo debe 1) Leer los parámetros del cuerpo, lo que se logra a través de la medición de biopotenciales, y 2) Actuar sobre el organismo para asistir en la rehabilitación, a través de biofeedback, estimuladores eléctricos o exoesqueletos. Un equipo con estas características se conoce como neuroprótesis y puede servir no sólo para rehabilitación sino también para suplir funciones perdidas permanentemente. Estas tareas deben realizarse de modo confortable para el paciente, con bajo costo de mantenimiento y en forma confiable y robusta, lo que tiene un impacto directo sobre el diseño electrónico y hace necesarios avances tecnológicos y teóricos. El trabajo de tesis hasta el momento se centró en la primera etapa: la adquisición de biopotenciales. La transducción entre el medio iónico del cuerpo y el electrónico hace de los biopotenciales fuentes de señal débiles, con altas e impredecibles impedancias, susceptibles a las fuentes de interferencia electromagnética. Por otro lado, la conexión eléctrica con el cuerpo hace necesario tomar recaudos para la seguridad del usuario. Nuevas tecnologías como Sistemas Integrados en un Chip provocaron el replanteo de las soluciones tradicionales a estos problemas. Por ejemplo, convertidores de muy alto rango dinámico permiten nuevos paradigmas de medición, integrados que proveen aislamiento de grado médico simplifican las soluciones para la seguridad eléctrica. Los temas de trabajo se concretaron en un equipo de medición de biopotenciales en el estado del arte, con capacidades similares a los reportados en la literatura y a dispositivos comerciales. Este equipo se desarrolló en forma modular y fue un eje de trabajo que permitió probar técnicas y avances en las distintas áreas: electrodos activos, topologías de medición, métodos de rechazo a interferencia, programación de interfaz de usuario en la PC. El equipo resultó una herramienta valiosa para la investigación de biopotenciales en el laboratorio, siendo utilizado en el grupo de trabajo para testear sistemas embebidos y electrodos capacitivos. En la última etapa se desarrollaron módulos de acondicionamiento analógico específicos para la medición de electromiograma, estudiando la adopción de electrodos activos secos con geometrías con selectividad para detectar señales de grupos musculares definidos.



## DISEÑO, DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSORES DE FIBRAS ÓPTICAS: APLICACIÓN AL ESTUDIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS

**Tesista:** Angélica Mesa Yandy

**Director/Co-director:** Ricardo Duchowicz, Nélide A. Russo

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Fibras Ópticas

**Lugar de trabajo:** Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp)

**Palabras claves:** Sensores de Fibra óptica, redes de Bragg (FBG), interferómetro de Fizeau

La tarea de investigación se dirigió al desarrollo de sensores basados en redes de Bragg grabadas en fibra óptica (FBGs). Con el objeto de disponer de dichos elementos en cantidad suficiente y con las características necesarias para la aplicación, se empleó el sistema de grabado generado en el CIOp. Para ello fue necesario el estudio sobre metodologías de generación de estos componentes, los cuales constituyen el elemento transductor básico de los sensores a implementar (vibración, temperatura, strain etc.). Dichos sensores están siendo utilizados para la medición de la contracción polimérica experimentada por resinas de fotocurado (empleadas en odontología), y también para el estudio de los procesos de expansión o contracción del cemento desde el estado fresco, lo que constituye un requisito para algunos cementos comerciales especialmente diseñados para el sellado de piezas y elementos estructurales.

### Referencias

- Fiber bragg Gratings, Raman Kashyap, Academic Press, 1999.
- Fiber Bragg Grating Sensors: Recent Advancements, Industrial Applications and Market Exploitation, ed. Andrea Cusano, A. Cutolo, and Jacques Albert. 2011: Bentham Science Publishers Ltd.
- Added advantages in using a fiber Bragg grating sensor in the determination of early age setting time for cement pastes. Dong Luo, Zubaidah Ismail, Zainah Ibrahim, Measurement 46 4313–4320, 2013.



## HIDRÁULICA

### ESTUDIO DE COLUMNAS REACTIVAS BASADAS EN EL EMPLEO DE HIERRO CERO-VALENTE PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA

**Tesista:** Eliana Berardozzi

**Director/Co-director:** Dr. Fernando Sebastián, García Einschlag

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Tecnología e Ingeniería Ambiental

**Lugar de trabajo:** Dpto. Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP; Instituto de Investigaciones Físicoquímica Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Dpto. de Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP

**Palabras claves:** Columnas reactivas; ZVI (Zero-Valent Iron); Arsénico (As)

**Introducción** En el presente trabajo se estudia una metodología basada en el empleo de hierro cero Valente (ZVI) en sistemas continuos para el tratamiento de aguas de consumo con alto contenido de arsénico.

**Objetivo:** El propósito del estudio es entender el comportamiento de las especies de hierro formadas durante el flujo de agua contaminada a través de una columna rellena con lana de acero para optimizar el diseño de un prototipo basado en esta técnica.

**Materiales y metodología:**

La parte experimental del estudio se compone de dos series de ensayos. La primera serie consiste en experimentos de corta duración empleando pequeñas columnas de vidrio rellenas de lana de acero comercial (Mapavirulana ®), diseñados para evaluar el efecto de variables operativas, tales como: pH, caudal y carga de hierro en el lecho, sobre la generación de especies de hierro.

La segunda serie de experimentos incluye ensayos de larga duración y mediana escala desarrollados en un reactor de acrílico de operación continua con geometría cilíndrica y 6800 ml de capacidad, relleno con el mismo material reactivo. El prototipo cuenta además con un segundo módulo de aireación, contacto y pre-filtrado. Finalmente, se emplea un tercer módulo para la filtración de sólidos en suspensión. Los parámetros empleados para monitorear el proceso fueron Fe(II) y Fe(III) a la salida de cada módulo y As a la salida del sistema. Como soluciones de trabajo se utilizaron agua de red de La Plata artificialmente contaminada con  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y agua de pozo de la localidad de General Rodríguez contaminada naturalmente con As.

**Resultados:**

Los resultados muestran que a caudales altos y/o baja carga de hierro las reacciones que tienen lugar a lo largo del lecho no son lo suficientemente rápidas como para agotar el oxígeno, favoreciendo la formación prematura de especies insolubles. En estas condiciones, los óxidos precipitan en la superficie del metal reduciendo tanto el área de contacto como la porosidad de la columna. Esto disminuye la tasa de corrosión y aumenta la caída de presión a lo largo de la columna (limitando el flujo con el paso el tiempo). Por otra parte, a caudales bajos y/o alta carga de hierro es posible obtener una producción sostenida de Fe (II) y retardar los procesos de obstrucción de la columna. Bajo estas condiciones, las especies de Fe (II) eluidas pueden ser rápidamente oxidadas burbujeando aire produciendo especies de Fe (III) que remueven eficientemente el As por coprecipitación.



Finalmente, la comparación entre los resultados obtenidos con agua de red y agua de pozo mostraron que el pH de trabajo resulta crítico para el desempeño del sistema.

**Conclusión:**

Los resultados del presente estudio muestran que es necesario ajustar el diseño de la columna y las condiciones operativas con el fin de lograr una producción sostenida de Fe(II) y minimizar la formación de especies de Fe (III). Este modo de operación permite optimizar el rendimiento de todo el prototipo, garantizando las concentraciones de hierro requeridas para eliminar el arsénico y evitando la obstrucción de la columna con el tiempo.



## AERONÁUTICA

### PROBLEMA MODELO SOBRE TRANSPORTE IÓNICO EN ELECTROLITOS SÓLIDOS MICROESTRUCTURADOS

**Tesista:** Ignacio J. Curto Sillamoni

**Director/Co-director:** Martín I. Idiart

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Micromecánica de Materiales

**Lugar de trabajo:** Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, UNLP

**Palabras claves:** Conductividad iónica, electrolitos de estado sólido, microestructura, cristalinidad

La mayoría de los avances científicos en electrolitos poliméricos para baterías de estado sólido han sido repetitivamente obstaculizados en su paso hacia las aplicaciones tecnológicas debido a las bajas conductividades iónicas que dichos polímeros ofrecen a temperatura ambiente. Entre los polímeros disponibles, potencialmente más propensos a ser utilizados, se encuentran los conformados por óxido de polietileno (PEO), dopados con sales de litio como perclorato de litio ( $\text{LiClO}_4$ ) o yoduro de litio ( $\text{LiI}$ ). Estos polímeros semicristalinos usualmente presentan morfologías microestructurales esferulíticas. Durante el inicio de estos estudios experimentales en polímeros semicristalinos, se ha apoyado conceptualmente que son las fases amorfas las que poseen las mejores propiedades de transporte iónico. Estos conceptos han generado una muy marcada tendencia a producir desarrollos de materiales de baja cristalinidad. Sin embargo, estudios más recientes demuestran que especímenes de PEO que son mecánicamente deformados sufren grandes aumentos (de hasta dos órdenes de magnitud) en su conductividad a lo largo de la dirección de elongación. Estas observaciones sugieren fuertemente que es en realidad la fase cristalina, en ciertas direcciones, la que ofrece conductividades más altas que las zonas amorfas. Es decir que se pueden conseguir materiales de mayor conductividad con microestructuras de alta cristalinidad con texturas cristalográficas apropiadas. El propósito de este trabajo es desarrollar una teoría constitutiva multiescala que racionalice estas observaciones.

Inicialmente se derivan las ecuaciones de campo del transporte de iones en sólidos microestructurados, combinando de manera consistente el principio de conservación de masa, las ecuaciones de la electrodinámica y termodinámica. Son consideradas fórmulas habituales de energía interna y de tasa de disipación de energía que caracterizan a cada fase. Las ecuaciones no lineales de campo son luego homogeneizadas, utilizando la noción de convergencia de dos escalas. En la escala microscópica, las ecuaciones de campo se convierten en un sistema de ecuaciones de conductividad lineal desacopladas; en la escala macroscópica, las ecuaciones de campo se mantienen no lineales pero el comportamiento efectivo está caracterizado por un sistema de tensores de segundo orden que pueden ser calculados de manera tradicional. La teoría es aplicada para materiales bi-dimensionales con microestructuras esferulíticas. Estas microestructuras son modelizadas como geometrías de dos escalas que consisten en esferas de Schulgasser (en la escala mayor) compuestas por laminados bi-fásicos (en la escala inferior) orientados radialmente. Se obtienen expresiones analíticas para la conductividad iónica como función de los parámetros microestructurales,





entre ellos la cristalinidad. Asumiendo valores razonables para los parámetros materiales que caracterizan las fases amorfa y cristalina, se obtienen predicciones que apoyan la idea que la fase cristalina posee una movilidad iónica mayor (menor) que la fase amorfa a lo largo de (perpendicular a) la dirección de las cadenas poliméricas.



## ESTIMACIÓN DE LA RESPUESTA ELECTROMECAÁNICA DE MATERIALES COMPUESTOS FERROELÉCTRICOS BIFÁSICOS

**Tesista:** Cristian J. Bottero

**Director/Co-director:** Martín I. Idiart

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Materiales

**Lugar de trabajo:** Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, UNLP

**Palabras claves:** Materiales electroactivos, disipación, histéresis, materiales compuestos

La ferroelectricidad se refiere a la capacidad que tienen ciertos tipos de dieléctricos polares de desarrollar una polarización eléctrica espontánea que puede ser alterada mediante la aplicación de un campo eléctrico externo. Debido a que este cambio en la polarización es acompañado en general por una deformación mecánica, los ferroeléctricos son materiales electro-deformables que pueden ser utilizados en sensores, actuadores, dispositivos de microposicionamiento, amortiguadores activos, superficies de control conformes y recolectores de energía renovable.

Materiales ferroeléctricos cerámicos como el titanato de bario y el circonato-titanato de plomo son los ejemplos más prominentes entre este tipo de materiales.

La búsqueda de materiales electrodeformables con una combinación específica de propiedades no presentes en ferroeléctricos monolíticos ha motivado el desarrollo de una gran variedad de materiales compuestos ferroeléctricos bifásicos. Se observa que al aplicarse campos electros suficientemente elevados, estos materiales presentan un comportamiento con gran disipación e histéresis eléctrica. La principal contribución a esa disipación proviene del cambio en la polarización espontánea en la fase ferroeléctrica y su magnitud depende de la respuesta dieléctrica de cada una de las fases y de su arreglo geométrico. El objetivo de este trabajo es estimar teóricamente esta dependencia para historias de carga electromecánicas generales.

Para ello, el comportamiento electrodeformable de las fases constitutivas se describe por medio de una densidad de energía almacenada y un potencial de disipación de acuerdo a la teoría de materiales estándar generalizados. Se utiliza un esquema implícito de discretización en el tiempo para generar una representación variacional de la respuesta global en términos de un potencial incremental único. Se puede luego obtener una estimación de la respuesta general construyendo microgeometrias de laminados secuenciales de tipo particulado cuyo potencial incremental puede calcularse de manera exacta. Se presentan predicciones para la electrodeformabilidad de materiales compuestos y ferroeléctricos porosos tridimensionales y se comparan con datos experimentales disponibles.



## COTAS DE SUPERFICIE DE FLUENCIA EN POLICRISTALES POROSOS PRESURIZADOS

**Tesista:** Juan Eduardo Ramos Nervi

**Director/Co-director:** Martín I. Idiart

**Tipo de carrera:** Maestría

**Área de investigación:** Modelización Multiescala

**Lugar de trabajo:** Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, UNLP

**Palabras claves:** Homogeneización, Multiescala, Cotas, Pastilla, UO2

Las pastillas utilizadas como combustible nuclear en los reactores tipo CANDU están hechas de polvo sinterizado de dióxido de uranio natural policristalino con una simetría cúbica centrada en las caras. Como resultado de su proceso de fabricación y quemado durante la operación en el reactor, se nuclean microcavidades dentro del material tanto en forma intergranular como intragranular. Las mismas actúan como sumideros para los gases producto de fisión producidos por la irradiación con neutrones. En condiciones incidentales, la presión del gas dentro de las cavidades puede subir significativamente y causar la deformación plástica de la pastilla denominada hinchazón. Esta situación puede inducir a graves daños a la vaina, permitiendo que los gases de fisión escapen hacia el refrigerante. Las cargas mecánicas ejercidas por la pastilla en la vaina dependerán del comportamiento termomecánico de la pastilla policristalina.

La deformación elastoplástica de un material policristalino es, en gran medida, dictada por la morfología, la orientación de la red y la respuesta elastoplástica de cada grano individual – compuesto por un cristal simple- que constituye el agregado, la porosidad y la presión interior del gas. Para estimar la anisotropía inducida por la deformación plástica que desarrollan estos materiales cuando se someten a grandes deformaciones, es necesario relacionar la respuesta macroscópica con las propiedades microscópicas. Comúnmente la respuesta de estos materiales es idealizada como elásticamente rígida y plástica sin endurecimiento. Dentro de este modelo llamado rígido-perfectamente plástico, el problema anterior se reduce a encontrar la superficie de fluencia macroscópica del policristal dada la superficie de fluencia a nivel de cristal simple, la estadística morfológica y de distribución de orientación de los granos y cavidades. Debido a su inherente aleatoriedad microestructural, los sólidos policristalinos no muestran una única respuesta, pero sí una gama de respuestas esperadamente estrecha. En este trabajo derivamos cotas para la gama de posibles respuestas.

Para ello, hacemos uso de un método de medio de comparación propuesto por Idiart y Ponte Castañeda (Proc. R. Soc. Lond. Un vol. 463, 2007). El efecto de la presión interna se introduce en las cotas a través de un cambio adecuado de variables siguiendo el trabajo de Vincent et al. (Int. J. Sólidos Struct. Vol. 46, 2009). El método se aplica a distintos sistemas materiales, a fin de explorar el efecto simultáneo de la simetría cristalográfica y el nivel de presión interna en la resistencia plástica global de sólidos policristalinos.



## EVOLUCION DE DEFLECTOR UNIDIRECCIONAL PARA GASES DE ESCAPE DE MOTOR DE VEHICULO ESPACIAL

**Tesista:** Matías Jáuregui Lorda

**Director/Co-director:** Dra. Ana Scarabino

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Fluidodinámica Computacional

**Lugar de trabajo:** Unidad de Investigación y Desarrollo Grupo de Fluidodinámica Computacional, UNLP

**Palabras claves:** tobera, CFD, deflector

La condición de despegue de un vehículo espacial es una condición particular para los gases de escape de su motor debido a que el chorro de descarga se modifica por la presencia de diversos elementos, como ser el suelo, las estructuras de soporte, los instrumentos, etc. Se debe entonces estudiar la interacción entre las partes para evitar que el efecto producido por la pluma afecte los equipos e instrumentos de las cercanías. En la actualidad existen numerosos trabajos que estudian el comportamiento de estos sistemas para la condición de despegue.

Es por ello que surge la necesidad de diseñar un deflector óptimo para la descarga de un motor cohete en su condición de despegue. De esta manera analizamos la influencia de contar con un deflector que canalice el chorro de descarga en una dirección. Diferentes modelos de deflectores son estudiados, partiendo del caso de un deflector plano a 90° equivalente una descarga sobre el suelo, un deflector plano a 45° con respecto al eje del motor como primer intento de direccionar la pluma, y un deflector curvado tipo J como primera evolución.

Los casos fueron simulados utilizando CFD (siglas en inglés: Computational Fluid Dynamics) con el software ANSYS Fluent, fijando la misma distancia entre motor y deflector. Se empleó un modelo no estacionario con un solver basado en densidad inicialmente y luego en presiones. Para el modelado de la turbulencia se utilizó el modelo k- $\epsilon$  Realizable; para la mezcla del aire con los gases de combustión, un modelo multiespecie; y un modelo Broadband Noise Source para la acústica. La malla para dicho caso fue creada con ANSYS Gambit logrando un mallado totalmente estructurado de  $2 \cdot 10^6$  elementos aproximadamente.

Para el caso con deflector a 90° el patrón de flujo se condice con la literatura (Sutton, 2001). Se obtuvo una distribución simétrica en el eje de impacto del chorro de descarga con el suelo, dispersándose el flujo en todas las direcciones. En la zona del impacto de la pluma con el suelo la velocidad disminuye, lo que trae aparejado un aumento de presión en dicho lugar. El chorro se condice con los resultados teóricos (Chien, 1975) si bien no se tiene una velocidad supersónica uniforme.

Se visualiza que la implementación de una placa plana direcciona el chorro de descarga en un sentido, aumentando los valores de temperatura y potencia acústica en dicho sentido del chorro, pero disminuyendo notablemente las mismas en las otras direcciones. El chorro de descarga sobre el deflector a 45° genera una onda de choque oblicua muy fuerte, lo que produce valores de temperatura elevados sobre las paredes del pozo (Jauregui Lorda & Scarabino, 2013). Esto se ve notablemente reducido mediante la implementación del deflector curvado, en lo cual se observa una mejora no solo en el plano de descarga del chorro, sino que lo direcciona de manera de no impactar con el suelo y reduce la intensidad de la onda de choque debido al impacto con el deflector.



### **Referencias**

- Sutton, G.P., Biblarz, O., "Rocket Propulsion Elements", 7th ed., John Wiley & Sons (2001).
- Chien, K.Y., "Normal Impingement of a Supersonic Jet on a Plane", NSWC Technical Report (1975).
- Jáuregui Lorda, M., Scarabino, A., "Estudio de pluma de motor cohete impactando sobre diferentes superficies deflectoras de gases", XII Reunión de Fluidos y sus Aplicaciones, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Noviembre de 2012. Trabajo publicado en revista ANALES AFA, Edición Especial Física de Fluidos, vol. 23, No. 3, Pag. 25-28 (2013) ISSN 0327-358X.



## ESTUDIO NUMÉRICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN REGENERATIVO DE UN MOTOR COHETE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO

**Tesista:** Esteban Fernández Babaglio

**Director/Co-director:** Ana Scarabino, Alejandro Patanella, Pablo Ringegni

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Ingeniería Aeronáutica, CFD, transferencia térmica

**Lugar de trabajo:** GEMA/GFC, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, UNLP

**Palabras claves:** Refrigeración Regenerativa, Transferencia de Calor, Flujo en Cañerías, CFD

Tomando como meta la predicción de temperaturas de un motor cohete de combustible líquido, se desarrolló un modelo numérico de su sistema de refrigeración regenerativo. Este sistema está conformado por conductos por los que circula el combustible del motor. Fueron simulados tanto el dominio sólido como el líquido.

Utilizando el software FLUENT 6.3, se investigaron diferentes esquemas de modelización y mallado. Se eligió el más adecuado de ellos a partir de un proceso de validación en base a datos bibliográficos de coeficiente de pérdida de carga y coeficiente de transferencia térmica, ambos para flujo turbulento en conductos confinados, en un rango de números de Reynolds adecuado a las condiciones de operación. Además se compararon los perfiles de velocidad y temperatura con modelos empíricos para flujo en conductos.

A su vez, fue necesario desarrollar un modelo que simulara la transferencia de calor en base a datos de temperatura de los gases de escape del motor. Este modelo también fue contrastado con información bibliográfica a fin de evaluar su validez.

Por último se simula un conducto de refrigeración correspondiente a un motor en particular y se muestran los resultados obtenidos.



## ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS DIFERENTES SECCIONES DIVERGENTES DE TOBERAS SUPERSÓNICAS

**Tesista:** Yen Kun Ho

**Director/Co-director:** Dra. Ing. Ana Scarabino

**Tipo de carrera:** Doctorado

**Área de investigación:** Fluidodinámica computacional

**Lugar de trabajo:** Grupo de Fluidodinámica Computacional, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, UNLP

**Palabras claves:** CFD, tobera supersónica, pluma, multi-especies

En el presente estudio, dos secciones divergentes de una tobera supersónica son comparadas a los efectos de evaluar sus performances en las condiciones de operación.

De acuerdo a las distintas relaciones entre la presión del plano de salida de una tobera con la de la atmósfera circundante, la tobera supersónica puede encontrarse en las condiciones de sub-expansión (presión de salida de tobera mayor que la atmosférica), sobre-expansión (presión de salida de tobera menor que la atmosférica) y adaptación (presión de salida de tobera igual a la atmosférica). En el caso de una tobera con geometría de la sección divergente fija, ésta se encuentra adaptada para una determinada presión y por ende, una altura de operación para la cual desarrolla el máximo de su empuje nominal calculado. Cuando la tobera se encuentra sub-expandida, su performance disminuye en comparación con el nominal ya que el empuje entregado es menor que previsto. Esta disminución del empuje depende principalmente de la magnitud de la diferencia entre las presiones de la salida de tobera y de la atmósfera. En el caso de que la presión de salida de tobera descienda por debajo de un valor umbral (generalmente entre un 25% ~ 40% de la presión atmosférica), se pueden presentar fenómenos de separación de flujos severa, reduciendo considerablemente el área de salida de los gases calientes producidos por la combustión y por ende, afectar seriamente el performance de la tobera. Por lo tanto, es importante verificar la condición operativa de la tobera, sobre todo al nivel del mar (operación de despegue), ya que las toberas, por lo general, son diseñadas para una altura superior donde la presión atmosférica es menor. En la figura 1, se presentan las condiciones de sub-expansión, adaptación, sobre-expansión y de separación de flujos antes descriptas.

Para realizar dicho análisis se utilizan herramientas de CFD a los efectos de simular el campo fluidodinámico de los gases de combustión en el interior y el entorno de la tobera. Para ello, se procedió en primera instancia a crear geometrías de modelos axisimétrico de las dos toberas con sus respectivos dominios de cómputo y los mallados de los mismos. Los dominios de cálculo están discretizados por una malla estructurada en el interior de la tobera y en la región de las plumas de los gases calientes, y por una malla no estructurada en el resto de las zonas del dominio. Se realizan dos simulaciones por cada tobera, una en la altura de adaptación y otra al nivel de mar. En ésta segunda simulación, la tobera simula su condición de despegue y se encuentra sobre-expandida. Por lo tanto, es esencial la verificación de que no ocurra separación de flujos excesiva en esta condición para evitar pérdidas de empuje.