



Energía limpia

TORMENTAS
SOLARES,
MAGNETISMO
E INGENIERÍA

RAROS
MATERIALES
NUEVOS

BIOCOMBUSTIBLES
PARA DIVERSIFICAR
LA MATRIZ
ENERGÉTICA

SOFTWARE
PARA
GENERACIÓN
EÓLICA



GRANDES PROYECTOS FORMAN NUESTRA HISTORIA Y VOS PODÉS SER PARTE DE ELLA.

El Grupo Techint mantiene un fuerte compromiso con el desarrollo académico y profesional de los jóvenes, brindando oportunidades únicas de carrera.





SUMARIO

STAFF

Comité Editorial

(Por Res. de Decano 768/2021)

Ing. Mario Alonso

Dr. Ing. Juan Giribet

Dr. Ing. Sergio Lew

Coordinador editorial

Lic. Daniel Krupa

Equipo de producción

Diseño

DG Carla Percivale

Redacción de contenidos

Lic. Daniel Krupa

Jerónimo Liñán

Editor de fotografía

DG Martín Dubovich

Corrección

Bettina Villar

Asistente de producción

Marisol Rivera

Impreso en mayo de 2021.

Revista *.ing* es una publicación distribuida por el sello Eudeba.

ISSN 2545-7691

La reproducción parcial de los contenidos de esta publicación deberá ser autorizada previamente por su Comité Editorial.

Contacto

Av. Paseo Colón 850 - CABA

C1063ACV - Argentina

comunicacion@fi.uba.ar

www.ingenieria.uba.ar

[f](#) [t](#) [i](#) [in](#) /ingenieriauba

[YouTube](#) /FIUBAoficial

EDITORIAL

Nuevas energías para el siglo XXI

04

BREVES

ENERGÍA LIMPIA

Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería / EDUTEC 2021 / Llamado a proyectos de investigación / Energías renovables y cambio climático

05

Tormentas solares, magnetismo e ingeniería

06 | 07

ENERGÍA LIMPIA

Raros materiales nuevos

08 | 12

ENERGÍA LIMPIA

Biocombustibles para diversificar la matriz energética

14 | 19

ENERGÍA LIMPIA

Software para generación eólica

20 | 22

ZOOM

Medición de la concentración de dopamina en el cerebro

24 | 25

DOSSIER

Método multiescala concurrente para análisis de falla de hormigón

26 | 31

NUESTRAS GRADUADAS

La FIUBA también en YPF

Inga. Mariana Discioscio

32 | 33

PROTAGONISTAS DE LA FIUBA

La ingeniería de la gestión académica

Inga. Emilce García

34

Nº 07

Nuevas energías para el siglo XXI



La energía como la capacidad de producir trabajo es, sin dudas, uno de los limitantes que tienen nuestras sociedades para desarrollarse; y cuando para obtenerla se tienen en cuenta los costos ambientales de los procesos involucrados, esta capacidad se transforma en estratégica. Las fuentes de energía se clasifican en dos: las fuentes primarias, que son las que básicamente se encuentran en la naturaleza, y las fuentes de energía secundaria, que son las que se deben producir convirtiendo fuentes primarias. Algunas de esas fuentes de energía primaria, tales como los combustibles fósiles y minerales (por ejemplo, el uranio), se van extinguiendo con el tiempo a medida que son extraídas. Otras, como las fuentes de energía renovables, se reabastecen con el tiempo.

Considerando estas clasificaciones, podríamos afirmar que todas nuestras ingenierías tienen cierta relación con algunos de los distintos tipos de energía, ya sea para su producción, conversión o distribución, y que estos procesos se tratan de resolver considerando los avances tecnológicos con vistas a una mejora en beneficio de nuestra sociedad en términos de las cuestiones ambientales a las que estos procesos impactan. Dada la importancia que he marcado al tema energético para el desarrollo de nuestras sociedades y el aporte que nuestras carreras hacen a este, es que considero estratégico todo lo que realicemos en pos de tener más energía y cada vez más limpia.

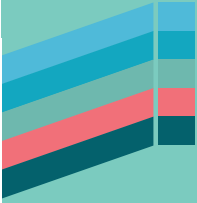
En esta gestión de la Facultad de Ingeniería de la UBA hemos creado el Departamento de Energía en el año 2018. En este se alojan las asignaturas mayormente relacionadas con las cuestiones energéticas. Esto no va en perjuicio de tener asignaturas y, desde ya, laboratorios o grupos de investigación vinculados al tema en otros departamentos. La

cuestión pasó por hacer un cambio estratégico en nuestro ordenamiento académico y de investigación acorde a la importancia de la cuestión energética.

Quiero aprovechar esta nueva oportunidad para remarcar los proyectos más importantes que como ingenieras e ingenieros de nuestra FIUBA debemos tener en cuenta. Desde el año 2018, venimos trabajando en el llamado Proyecto Plan 2020 con el que buscamos actualizar la oferta académica de grado, posgrado y discutir nuevos títulos. Buscamos con este proyecto no sólo actualizar conocimientos y competencias transversales sino también reforzar fuertemente la misión de los ingenieros e Ingenieras orientándola a las necesidades sociales. En conjunto con estas reformas académicas, en el año 2020 el Consejo Directivo aprobó una política de investigación en ciencia y tecnología para esta facultad contemporáneamente con la creación de un Área para un Proyecto Edificio que plantee soluciones a los problemas estructurales de nuestras instalaciones.

En este 2021, la UBA cumple 200 años de su creación. Como todo aniversario, es un buen momento para reflexionar sobre el rol de la universidad pública y en especial de nuestra Universidad de Buenos Aires durante todo este tiempo, sus aportes históricos al desarrollo de nuestro país y al conocimiento de la humanidad.

Ing. Alejandro M. Martínez
Decano de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad de Buenos Aires



BREVES

01

Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería

Del 5 al 7 de octubre, se realizará una nueva edición del Congreso Argentino de Ingeniería (CADI), el evento organizado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de mayor relevancia a nivel nacional. En este marco, también se desarrollará el 3er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI). A lo largo del encuentro se brindarán paneles especiales sobre los 150 años de la Ingeniería en Argentina y las acciones que las facultades llevaron adelante en la lucha contra el COVID-19.

Más información en <http://confedi.org.ar/cadi/edicion-2021/>

Bajo el lema “Convergencia entre educación y tecnología: hacia un nuevo paradigma”, del 10 al 12 de noviembre, la FIUBA será sede del XXIV Congreso EDUTEC, destinado a docentes, investigadores y directivos de todo el mundo. Este congreso tiene el propósito de generar un espacio de reflexión, intercambio y capacitación sobre las posibilidades que ofrecen las tecnologías en la educación frente a los desafíos del siglo XXI.

Para más datos: <http://edutec2021.fi.uba.ar>

La FIUBA, sede del Congreso EDUTEC 2021

02

■ Llamado a proyectos de investigación

03

CONICET, la Universidad Nacional de la Plata (UNLP) y la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) abrieron la convocatoria para presentar Proyectos de Investigación Orientada (PIO) 2021-2023 en las áreas de “Alimentos, pobreza y calidad de vida”, “Energías y ambiente”, “Demandas sociales” y “Salud y contexto sanitario”.

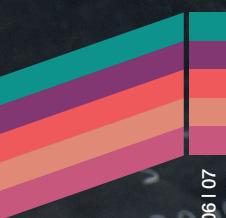
Bases y condiciones en <https://convocatorias.conicet.gov.ar/investigacion-y-desarrollo/>

Energías renovables y cambio climático

04

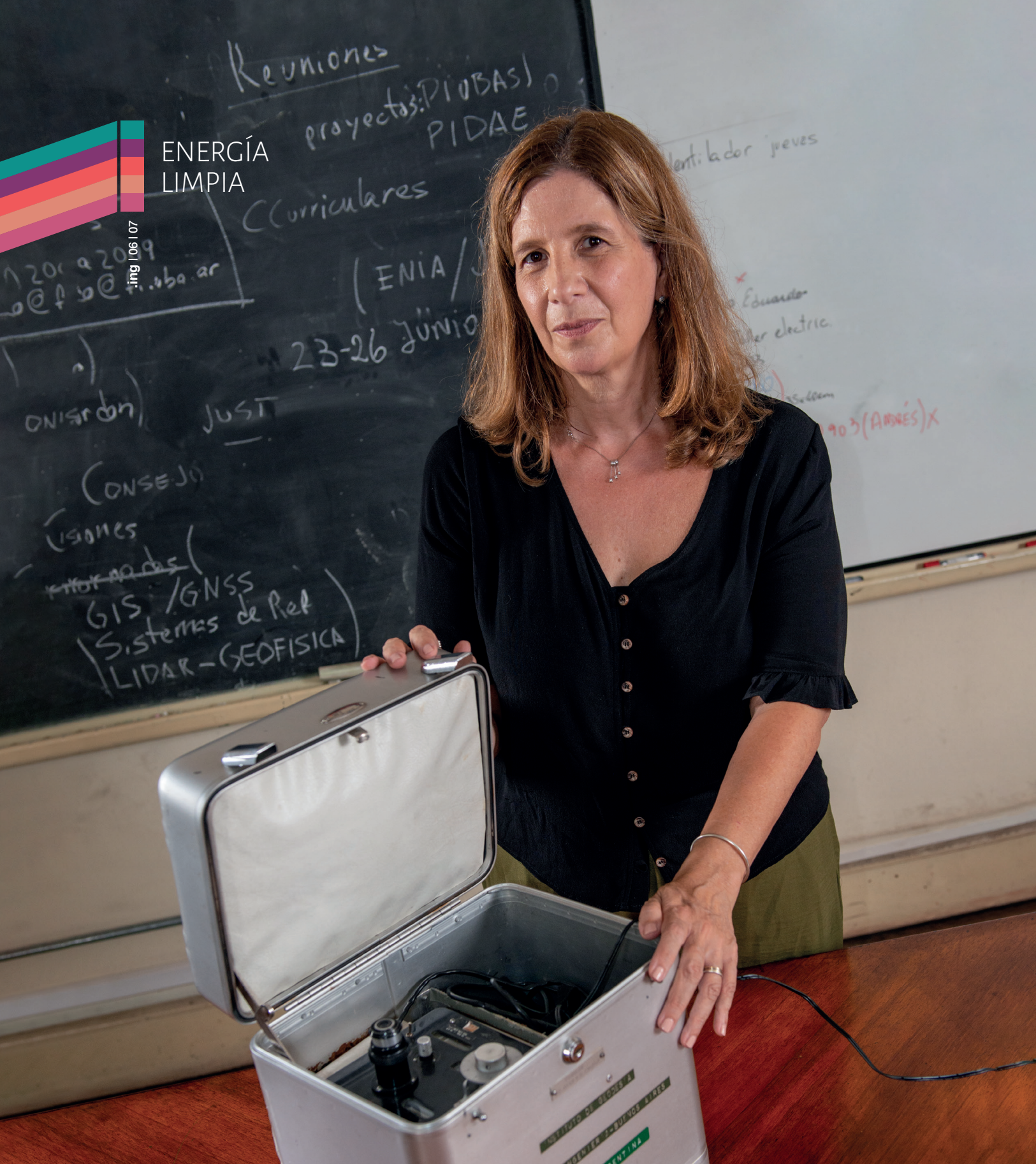
Dedicado a generar un espacio de intercambio técnico-cultural entre estudiantes y profesionales y con la premisa de concientizar a la sociedad acerca de la importancia de un ambiente sostenible, del 13 al 15 de octubre se llevarán a cabo de manera simultánea el 1er. Congreso de Energías Renovables y Eficiencia Energética y el 4to. Congreso de Ingeniería para el Cambio Climático (COPIME 2021).

Cronograma de actividades disponible en www.copime.org.ar



ENERÍA
LIMPIA

ing | 06 | 07



Tormentas solares, magnetismo e ingeniería

Entrevista a la **Dra. Patricia Alejandra Larocca**, directora del Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas. Una nota en la que recuerda el carácter vital de la ciencia para prevenir los inestables efectos del campo magnético en la vida cotidiana.

De todas las especialidades de la ingeniería, la geodesia es una de las más antiguas. Se dice que fue Aristóteles uno de los primeros pensadores en hacer referencia a las “divisiones geográficas de la tierra”. Para seguir investigando en esa temática, y más de dos mil años después, la Facultad de Ingeniería de la UBA inauguró su Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, que está actualmente a cargo de Patricia Alejandra Larocca.

Doctorada en ingeniería con una tesis en el Laboratorio Geomagnético de Ottawa, dependiente del Centro Canadiense de Pronósticos Climáticos Espaciales, del Centro de Recursos Naturales de Canadá (NRCan), Larocca se especializa sobre los efectos que produce el clima espacial en sistemas tecnológicos. Además, es especialista en estudios sobre magnetismo terrestre. Tiene una amplia experiencia en geofísica, participa en diversos proyectos multidisciplinarios sobre efectos geomagnéticos en sistemas de energía, gasoductos y oleoductos.

A su vez, es habitual que Larocca lleve a cabo estudios en múltiples temas científicos relacionados con el clima espacial, desde los efectos de las tormentas geomagnéticas en los sistemas de energía y tuberías, hasta el entorno satelital y los pronósticos meteorológicos espaciales. Trabaja como colaboradora en múltiples proyectos de investigación sobre los impactos del clima espacial en tuberías y redes eléctricas, e investigó sobre radiación ionizada en órbitas satelitales.

Cuenta Larocca que comenzó a interesarse por las perturbaciones del campo geomagnético como objeto de estudio a partir del conocimiento del Dr. Boteler y la Dra. Trichtchenko del Observatorio Geomagnético de Ottawa, Canadá (referentes internacionales de Clima Espacial) con quienes se contactó en una reunión de la ALAGE (Asociación Latinoamericana de Geofísica Espacial) en México, en 2004, en la que presentó un trabajo de estudios estadísticos de fenómenos magnéticos asociados a la actividad solar. En ese momento, le propusieron hacer una pasantía en Ottawa y en octubre de ese mismo año, con una beca de la Universidad de Carleton, participó de una campaña para mediciones de corrientes telúricas y variaciones geomagnéticas *in situ*, en

un tramo del gasoducto TransCanada, en la provincia de Ontario.

¿De qué manera se puede manifestar el impacto de sus investigaciones en la vida cotidiana de quienes habitan nuestro país? ¿Cuál sería el impacto de estos avances a nivel socio-económico? Consultada por *.ing*, esta investigadora de la FIUBA responde: “Las tormentas magnéticas pueden alterar señales de radio, borrar comunicaciones radiales y satelitales. En los tiempos modernos, donde una gran cantidad de la información es retransmitida por satélites y GPS, todo tipo de máquinas son propensas a interrupciones, hasta un simple cajero automático. En el futuro, deberemos atender ciertos puntos débiles como: nuestra dependencia de la energía eléctrica es mucho mayor que antes; trabajamos con numerosas redes interconectadas; el GPS es un elemento clave para la sociedad actual y contamos con infraestructuras envejecidas”, afirma.

Explica Larocca que, para atender a futuras problemáticas vinculadas a las variaciones del campo magnético, considera necesario “poder anticipar y gestionar las futuras tormentas solares. Las políticas deberían enfocarse en diseñar nueva infraestructura; realizar más estadísticas y monitoreos; desarrollar nuevos componentes y, por supuesto, capacitar al personal”.

El Grupo de Geofísica Aplicada de la FIUBA cuenta con dos gravímetros Lacoste & Romberg, un equipo GNSS para RTK de última generación, resistivímetro y acceso a redes internacionales de datos de actividad geomagnética global.

Cuando se le pregunta sobre transferencia de conocimiento desde su grupo de investigación, Larocca señala que “lo más interesante es la posibilidad de estrechar lazos científicos, tanto a escala local como internacional. Un ejemplo de esto es el desarrollo de un método de testeo de las variaciones de la corriente telúrica *in situ*, es decir, la posibilidad de un registro magnético durante las inspecciones de ductos, un asunto que es un proyecto en colaboración con el Laboratorio Geomagnético de Ottawa, del Natural Resources de Canadá (NRCan) y de la empresa Transportadora de gas del sur TGS” ■

Página anterior:
La Dra. Patricia Larocca
en el Instituto de
Geodesia y Geofísica
Aplicadas, ubicado en la
Av. Las Heras 2214, junto
a un gravímetro Lacoste &
Romberg LC&R G194.

Raros materiales nuevos

Un repaso por los últimos desarrollos del Grupo Polímeros para Petróleo y Construcción, a través de una nota a su actual responsable la **Dra. Inga. Teresa María Piqué**.



Teresa María Piqué es ingeniera Civil con una especialización en Construcciones y Estructuras, doctora de la Universidad de Buenos Aires, Área Ingeniería, y la nueva responsable del Grupo Polímeros para Petróleo y Construcción (GPPC). Actualmente, y desde 2016, es Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y es docente del Departamento de Construcciones y Estructuras. Ha publicado artículos en revistas científicas como *Cement and Concrete Composites*, *Construction and Building Materials*, *Journal of Composite Materials* o *Journal of Cleaner Production*, entre otras, y capítulos de libros, como en *International Publishing*.

“Ingresé en la FIUBA como estudiante de Ingeniería Civil en el 2002. En 2006, mientras cursaba Tecnología del Hormigón, comencé a colaborar en trabajos de investigación en el Laboratorio de Materiales y Estructuras (LAME) y en el Departamento de Hidráulica. En el 2007 empecé mi tesis de grado en el LAME y en el 2008 obtuve una beca del Departamento de Transporte para trabajar en el Laboratorio de Caminos bajo la dirección del Ing. Campana. A principios del 2009 me recibí de Ingeniera Civil y comencé en el LAME mi tesis doctoral bajo la dirección de la Dra. Analía Vázquez con la Beca Peruih que otorga la FIUBA. Trabajé ahí ininterrumpidamente, salvo el período de abril de 2014 a mayo de 2015, que hice una estancia posdoctoral en la Technische Universität München en Alemania”, recuerda esta joven investigadora en el comienzo de su charla con .ing.

Relata Piqué que su interés por los materiales no tradicionales comenzó trabajando junto con el Ing. Humberto Bálzamo en el Laboratorio de Materiales y Estructuras de la FIUBA. “Preparamos

muestras de cementos (morteros) para un concurso de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Probamos muchísimas cosas, morteros con cemento y resina epoxi, morteros con nanotecnología, morteros con EPS, con *pe-llets* de materiales termoplásticos y todo tipo de aditivos. Fue un trabajo puramente experimental que me enseñó a observar cómo cambiaba una matriz de cemento con unas gotas de aditivo espumante o de superplastificante, cómo la forma del agregado polimérico y su falta de adherencia modificaba las propiedades”, recuerda.

Cuando se trabaja con “materiales no tradicionales” se entra en el enorme abanico de la “Ciencia de los Materiales”. ¿A qué deben, entonces, los resultados de los trabajos de investigación y desarrollo de Piqué los calificativos de “inteligentes” y “sustentables”? Vale aclarar que estas dos ramas son las que en este momento generan más interés en esta disciplina. La primera, se refiere a materiales que, por un impulso externo, generan una respuesta controlada. Por ejemplo, los materiales con memoria de forma o los autorreparables. “Se trata, por ejemplo, de insertar en la matriz de cemento una resina que, al producirse una fisura, se activa y la sella. Los materiales a base de cemento, por ser de naturaleza frágil (por frágil entendemos como poco deformables) y de baja resistencia a la tracción, presentan siempre pequeñas fisuras, por donde entra aire o agua con sustancias que, con el paso del tiempo, se acumulan o reaccionan y pueden llevar a la falla de una estructura. Si se pudiera generar una solución que haga que al generarse una fisura la selle automáticamente, se revertiría este proceso y haría la estructura más durable. Esto hace que un producto dure más, necesite menos reparación, rinda más económica y ambientalmente”, grafica Piqué.

Por otro lado, como se sabe, todo material que se produce genera un impacto ambiental, por lo que, desde su producción, su uso y hasta el final de su usabilidad, debe ser optimizado. Solo así puede ser sostenible. “Indagando en esta rama —cuenta Piqué— nos interesamos por los materiales biobasados en la industria de los aditivos para el cemento. Los materiales biobasados son aquellos producidos por un ser vivo, como la celulosa o el almidón. Nos interesó particularmente la celulosa, ya que se utiliza mucho en la industria del cemento. Nos asociamos, entonces, con

“Si se pudiera generar una solución que haga que al generarse una fisura la selle automáticamente, se revertiría este proceso y haría la estructura más durable”.

el Laboratorio de Microbiología Industrial de la FIUBA, que dirige la Dra. Patricia Cerrutti, donde producen, con bacterias, fibras de celulosa de tamaño nanométrico cien por ciento cristalinas. La celulosa cristalina sufre menos la alcalinidad de una matriz de cemento, lo que la hace más apropiada, además de ser producida por bacterias, con un impacto ambiental casi nulo, de tamaño nanométrico”.

Cuando se le pregunta a esta joven investigadora por la manera en la que podrían impactar sus aportes vinculados a la cementación de pozos de extracción de petróleo y almacenamiento de CO_2 en el ámbito industrial, su respuesta es rápida y concreta: “¡Esperemos que de manera positiva!”. Y agrega: “El secuestro y almacenamiento de CO_2 es una manera de mitigación de los gases de efecto invernadero. El CO_2 se captura en la fuente productiva, se comprime hasta alcanzar un estado conocido como supercrítico y se inyecta en reservorios que ya fueron producidos (depletados). Es fundamental garantizar que quede en el reservorio depletado (o agotado) y que no se escape. Esto se garantiza con sellos de materiales a base de cemento. El cemento es un material muy durable, es una roca sintética, pero el CO_2 en estado supercrítico puede interactuar con él de manera negativa. Si la interacción es severa puede generar porosidad por donde escaparía el CO_2 . Nuestra intención es estudiar este mecanismo y así diseñar materiales adecuados que modifiquen al cemento para mitigar este efecto. El almacenamiento de CO_2 se hace a nivel internacional, pero aún no en Argentina. Pretendemos, con nuestro trabajo, generar el conocimiento que permita que esta sea una herramienta acertada y durable para mitigar la liberación de CO_2 a la atmósfera y las consecuencias que esto trae aparejado”.

Los pozos de petróleo se cementan para que no quede un espacio libre entre el caño de producción y la roca. Si quedara este espacio, podría existir contaminación entre, por ejemplo, los acuíferos y la formación. La lechada de cemento se conoce como el sello que debe garantizarse siempre. “Durante la cementación de pozos para la producción de petróleo la densidad de lo que se inyecta, sea lodo de perforación o lechada de cemento, es clave para su integridad. Estamos hablando de un pozo de unas decenas de centímetros de diámetro que llega a cientos de metros de profundidad. Hay dos riesgos constantes:



Arriba: Materia prima para la fabricación de lechadas alivianadas de cemento petrolero.

Abajo: La Dra. Inga. Teresa María Piqué

el primero es que el pozo se desmorone hacia adentro, por lo que siempre debe haber un fluido de una densidad relativamente alta ocupando el lugar que antes ocupaba la roca. El segundo es que la densidad del fluido sea tan alta que rompa la roca de alrededor del pozo y se escape. Es por esto que la densidad de las lechadas de cemento es constantemente controlada. La densidad de una lechada de cemento sin modificar está cerca de los 2 g/cc, lo que suele ser aceptable. Nosotros buscamos la manera de reducirla para la cementación de aquellas formaciones débiles o de bajo gradiente de fractura, como las del Golfo de San Jorge. Si la formación es débil, una lechada de una densidad de 2 g/cc la puede romper y fallaría la integridad del pozo. El problema es que al bajar la densidad, baja la resistencia del material de cemento una vez endurecido. Ese es el problema en el que nos concentramos. Básicamente tratamos de cuantificar cuánto baja la resistencia si baja la densidad y buscamos si existen materiales que bajen la densidad, pero no la resistencia. Para esto estamos en la constante búsqueda de nuevos materiales y probamos preferentemente con materiales biobasados”, explica la entrevistada.

En lo que respecta a la transferencia de conocimiento desde su grupo de investigación, Piqué señala que la Dra. Analía Vázquez, exdirectora del ITPN (Instituto de Tecnología de Polímeros y Nanomateriales de la FIUBA), trabajó fuertemente en transferir los conocimientos de sus trabajos de investigación y lleva adelante dos proyectos de patentes. “Nos parece muy importante estar en vínculo constante con la industria para tener nuestras líneas de investigación alineadas con sus necesidades. Queremos formar profesionales y conocimientos que sean herramientas para el desarrollo de nuestro país. Además, trabajamos desde actividades de extensión con ONGs, particularmente Ingeniería sin Fronteras, que a su vez interactúan con municipios. Trabajamos con ellos en un proyecto de un puente que se está construyendo en

un barrio en Quilmes y nos presentamos en el año 2020 a otro para participar de la ampliación y fortalecimiento organizacional de la asociación civil Los amigos, en San Martín. Los desarrollos en los que colaboramos son más de ingeniería básica, a veces, con el control de calidad del hormigón en obra, por ejemplo, que es lo que en esa instancia se necesita. Es verdad que para nosotros es más fácil trabajar mediante una ONG que hacer las gestiones, considerando la estructura del grupo, sería imposible para nosotros”. Actualmente, Piqué también se sumó a Y-TEC.

Vale señalar que los alumnos que hacen tesis de fin de carrera pasan por un número de experiencias para la realización de sus proyectos. Dice Piqué: “Primero, los presentamos frente al mundo académico, donde aprenden lo que significa una tesis, una hipótesis, planean los objetivos y buscan (o buscamos) cómo cumplirlos dentro de un cronograma acotado. Se enfrentan al mundo de la bibliografía internacional, a buscarla, seleccionarla, entenderla y, eventualmente, a participar de ella. Las tesis están siempre relacionadas a un problema ingenieril para solucionar, por lo que tienen que estudiarlo, profundizarlo y aprender a elegir la mejor opción para resolverlo, lo que en mi experiencia veo que los motiva mucho. La mayoría de los tesistas quedan con algún vínculo en la facultad después de esta experiencia, sea participando de una cátedra, de un laboratorio o, como yo en su momento, con una tesis doctoral y una carrera académica” ■

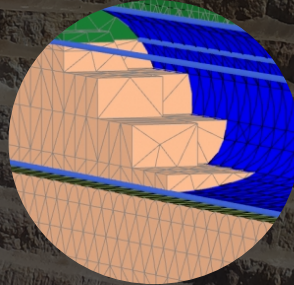
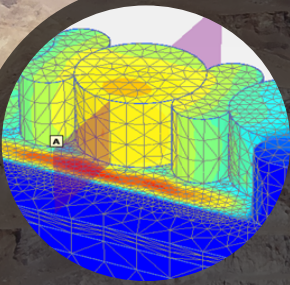
Derecha: El Ing. Martín es parte del GPPC. Estudia en el marco de su tesis doctoral adiciones livianas para la cementación de pozos de inyección de CO₂ para su almacenamiento subterráneo.

Izquierda: Mezcladora de velocidad constante marca OFITE modelo 20 para la producción estandarizada de lechadas de cemento, según las especificaciones del American Petroleum Institute.



www.srk.com

> 1400 consultores • 45 oficinas • 20 países • 6 continentes



Ofrecemos experiencia global para proyectos de infraestructura y minería en las áreas de ingeniería civil, ingeniería geotécnica, interacción suelo-estructura, mecánica de rocas, ingeniería sísmica, geología, hidrogeología e ingeniería hidráulica.

 **srk** consulting



Buenos Aires
Chile 300
+54 11 4342 8887

Mendoza
Av. Emilio Civit 404
+54 261 425 6616

Salta
Coronel Pringles 886
+54 387 436 5344

www.srk.com
info@srk.com.ar



ENERÍA
LIMPIA

.ing | 14 | 15





Biocombustibles para diversificar la matriz energética

La Dra. Inga. Silvia Daniela Romano describe los beneficios ambientales y económicos de la producción de combustibles líquidos a base de aceites vegetales, grasas animales y sustancias como el almidón o la celulosa.

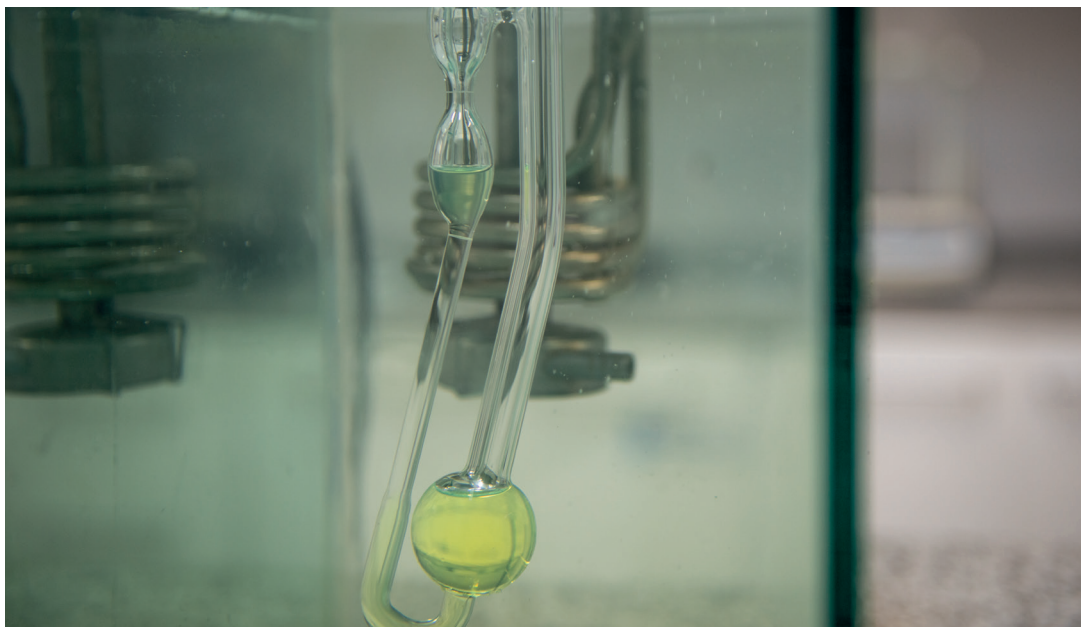
Hace veinte años, luego de finalizar sus estudios de doctorado en la UBA, la Dra. Inga. Silvia Daniela Romano debió elegir el tema sobre el cual iba a enfocar sus investigaciones. La relación de la ingeniería con las cuestiones ambientales le interesaba, y pronto comenzó a interiorizarse, cada vez más, en las formas de implementar a nivel mundial las energías renovables o en cómo reducir la dependencia del petróleo como fuente de energía para el transporte. De aquellos recursos energéticos, uno en particular despertaba más su curiosidad, tal vez porque hasta ese momento ningún científico argentino había publicado trabajos internacionales sobre el tema: los biocombustibles líquidos, o sea, el biodiesel, el bioetanol, el bioaceite. Tiempo después, las inquietudes en relación a los combustibles alternativos se concretarían en un ámbito científico: en 2002, bajo la dirección de Romano, se creaba el Grupo de Energías Renovables de la FIUBA (GER), un espacio dedicado a la formación de recursos humanos en biocombustibles líquidos y al desarrollo de tecnologías para producir y controlar la calidad del biodiesel.

Consultada por *.ing* acerca de los factores mundiales que estimulan los aportes del grupo, Romano explica que en los últimos años, con el propósito de diversificar la matriz energética, el uso de biocombustibles líquidos fue cobrando mayor trascendencia, sobre todo el biodiesel y el bioetanol. “El biodiesel se produce a partir de aceites vegetales o grasas animales y el bioetanol se produce a partir de sustancias ricas en

carbohidratos (sacarosa, almidón o celulosa). Luego de los procesos de conversión, hay una serie de etapas de separación y purificación para lograr que el biocombustible tenga la calidad adecuada”, detalla la directora del GER.

Desde ya que un elemento imprescindible para incentivar este tipo de producciones fue la ley Nro. 26093/2006 de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles –y su posterior decreto reglamentario Nro. 109/2007–, a partir de la cual se establecieron cortes obligatorios de biocombustibles en las mezclas de combustibles fósiles, que en la actualidad, alcanzan un diez por ciento de biodiesel en la comercialización de gasoil y un doce por ciento de bioetanol para la nafta.

Agrega Romano que sumado al marco legal, existen normas nacionales e internacionales para medir las propiedades que garantizan la calidad de los biocombustibles, como también propiedades alternativas, que brindan información útil sobre la calidad del producto y permiten ampliar el espectro de tecnologías de control de calidad y detección de contaminantes durante el proceso de producción. “El estudio de propiedades de calidad de biodiesel de distintas procedencias (aceite de soja, colza, palma, maíz, ricino, girasol, canola, jatropha, algodón, etc.) y del bioetanol y sus mezclas con diesel y nafta, respectivamente, fueron ejes centrales de proyectos UBACyT –detalla la investigadora–. A partir de allí se elaboraron correlaciones y base de datos, y se obtuvo



Dosificador automático usado en la determinación de índice de acidez.

información indispensable para diseñar y construir equipamiento de control de calidad”.

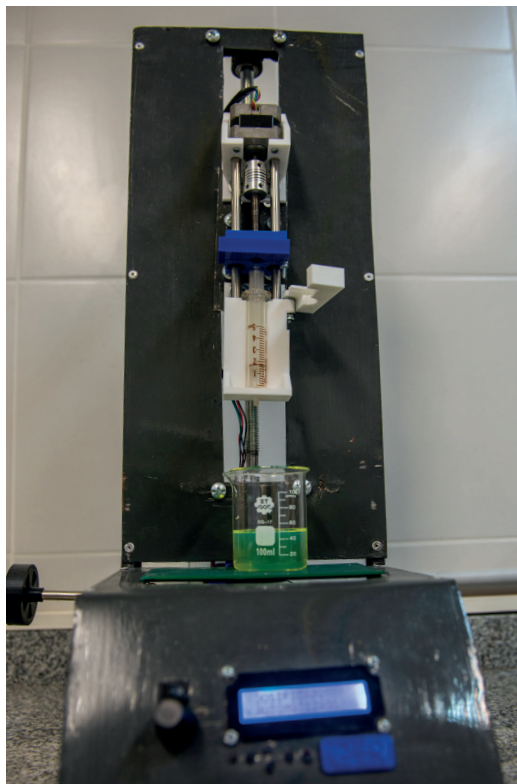
En consonancia con esos proyectos, dice Romano que desde el grupo de investigación, y a partir de un actual proyecto UBACyT, se están encarando trabajos vinculados al estudio de mezclas de biodiesel y gasoil con bioalcoholes de cadena larga –obtenidos a partir de biomasa–, un avance de interés reciente para la comunidad científica internacional. “Este interés radica en la posibilidad de disminuir la proporción de diesel en la mezcla diesel/biodiesel por medio del agregado de otro combustible renovable que mejora la combustión, disminuye las emisiones contaminantes y no se produce a partir de biomasa que sirva para producir alimentos”, explica la doctora en Ingeniería de la UBA, especialista en Higiene y Seguridad de esta Casa de Altos Estudios y también investigadora del CONICET.

Otra arista relevante de la actividad del GER tiene que ver con el impacto socioeconómico de sus investigaciones. Ya desde antes de que sea obligatoria la mezcla de biocombustibles y combustibles fósiles para uso automotor, proliferaba la transferencia de conocimiento sobre procesos de producción, purificación y control de calidad a empresas grandes, PyMEs, productores para autoconsumo, cooperativas, escuelas y universidades.

Además, a nivel académico, el grupo alienta la incursión de sus integrantes en el campo científico, como también la formación de profesionales de la ingeniería con conciencia sobre las nuevas demandas energéticas y ambientales.

Uno de los hitos que refleja esta sinergia se dio en 2007 con la inauguración por parte del GER de la primera planta piloto automatizada de biodiesel en Argentina, cuyo diseño, construcción y puesta a punto involucró a estudiantes de trabajos profesionales de Ingeniería Mecánica, tesis de Ingeniería Electrónica y representantes del sector privado, que ayudaron a concretar el proyecto a través de donaciones de equipamiento tecnológico.

“La posibilidad de disponer de equipamiento para medir la calidad de biodiesel es de particular interés para las PyMEs y productores. Dado que el valor de cada equipo comercial es de al menos 15 mil dólares, muchas veces no se implementa el testeo del producto. Como en el grupo tampoco teníamos acceso a ese equipamiento, mediante numerosas tesis y trabajos profesionales,



Viscosímetro de Ostwald usado en la determinación de viscosidad a temperatura controlada.

“El biodiesel se produce a partir de aceites vegetales o grasas animales y el bioetanol se produce a partir de sustancias ricas en carbohidratos”.

se diseñaron y construyeron equipos de calidad de acuerdo a normas internacionales. Los ingenieros Eriel Fernández Galván y Gerhard Raith y el Dr. Eduardo Acosta colaboraron en esta actividad. Logramos un costo mucho menor a los comerciales (inferior al diez por ciento), con la precisión que exigen las normas. Hoy se utilizan para realizar parte de nuestras investigaciones”, cuenta Romano.

Por su parte, en lo que refiere a las propiedades que no exigen las normas, recuerda esta investigadora que, en colaboración con el Dr. Ing. Patricio Sorichetti y a partir de tesis de grado y doctorado, se desarrollaron técnicas de medición de propiedades eléctricas para el control de las etapas de producción de biodiesel y se construyó un interferométrico de bajo costo para determinar la velocidad del sonido en biocombustibles líquidos y sus mezclas con combustibles derivados del petróleo. Además, se diseñaron y construyeron sensores de permitividad eléctrica, en este caso, con la participación también del Ing. Eriel Fernández Galván y del Dr. Ing. Julián Corach.

A su vez, se correlacionaron propiedades de calidad de biocombustibles líquidos y sus mezclas con combustibles fósiles para que los productores puedan realizar medidas y estimaciones, y se elaboró una base de datos de propiedades de biodiesel y sus mezclas con gasoil en función de concentraciones, temperaturas, orígenes de aceite y utilidad en el diseño de plantas de producción.

“En colaboración con el Dr. Ing. Hernán Tacca, también se está trabajando mediante el actual

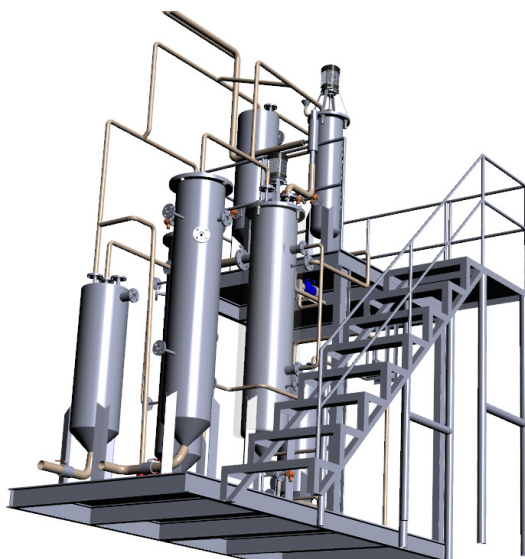
PIDAE [Proyectos de Investigación y Desarrollo en Áreas Estratégicas con Impacto Social de la UBA] en la utilización de campos eléctricos pulsados para facilitar la extracción intracelular de aceites destinados a la fabricación de biodiesel y la extracción de azúcares para la producción de bioetanol, sin emplear como insumos materias primas que provengan de cultivos para la producción de alimentos. Y en colaboración con colegas de la Universidad Nacional de Córdoba, se comenzará a trabajar –mediante el actual PICT de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación del Desarrollo Tecnológico y la Innovación– en la degradación oxidativa de compuestos orgánicos halogenados y derivados de biocombustibles en la atmósfera”, amplía la directora del GER.

En cuanto a la articulación de estas investigaciones con políticas destinadas a diversificar la matriz energética, opina Romano que “es un tema extremadamente complejo”, ya que son numerosas las variables a considerar. “No alcanza con tener los recursos y la tecnología. Hay muchos otros factores que influyen notablemente en el éxito de las políticas energéticas, como el convencimiento de quienes toman las decisiones, definen los objetivos parciales y chequean que se hayan alcanzado; el marco legal adecuado; la determinación clara de precios y tarifas o los subsidios para que las nuevas tecnologías puedan competir. Es indudable que se necesitan políticas sostenibles en el tiempo e independientes del gobierno de turno para poder capitalizar nuestros numerosos recursos energéticos renovables”, argumenta.

Sin embargo, para Romano, la demanda de una gestión pública más comprometida con el diseño de políticas energéticas no es la única variable por fortalecer. A la voluntad política y los aspectos normativos hay que sumarle la necesidad de una transformación educativa que ayude a concientizar sobre las problemáticas ambientales.

“Esto debería aprenderse desde la niñez. Con la familia y en el colegio. Pero en general no es así. El conocimiento ambiental se adquiere sólo en algunas carreras o por inquietud personal. Por ejemplo, en la asignatura optativa ‘Técnicas Energéticas’ se trabaja para que los estudiantes conozcan los distintos tipos de combustibles existentes, las tecnologías para su uso y la necesidad de desarrollar tecnologías limpias procedentes de fuentes renovables, como un medio para el crecimiento sustentable de las futuras

Vista 3D de la planta piloto de biodiesel.



generaciones. Casi la totalidad de los alumnos se anotan porque les interesa el tema y no conocen nada al respecto, pero al final del curso, transmiten las ganas de hacer algo vinculado a la temática, ya sea desde su rol de futuros ingenieros en el sector energético, científicos, académicos o consultores”, reflexiona.

Finalmente, ante la pregunta sobre el estado de avance de la producción de los biocombustibles en la Argentina en relación con otros países de Latinoamérica y del mundo, Romano distingue el panorama de acuerdo a su clasificación entre líquidos (biodiesel, bioetanol), gaseosos (biogás, gas pobre) y sólidos (carbón vegetal, *pellets*, briquetas).

“Argentina tiene uno de los polos de producción de biodiesel más grandes del mundo y está entre los principales productores y exportadores desde hace una década. Esto se debe a que el país posee una industria aceitera de las más reconocidas y eficientes. Cuando se instaló la primera planta de producción de biodiesel en el país, en 2006, Argentina era el primer exportador mundial de aceite de soja. Es decir, se disponía de la materia prima para producir biodiesel, por lo que varias empresas, incluyendo aceiteras y productoras y acopiadoras de granos, decidieron invertir en plantas de biodiesel para exportar, en vez del aceite, un producto de mayor valor agregado. Esto sucedió hasta 2010, cuando se hizo efectivo el corte obligatorio del diesel con biodiesel. A partir de ahí, la producción se usó para consumo interno y exportación”, aclara la investigadora.

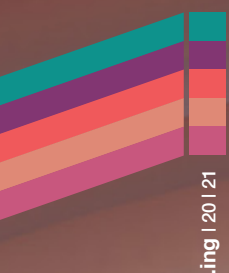
Y remarca sobre otros biocombustibles: “Respecto al bioetanol, si bien a partir de caña de azúcar y maíz se produce para el corte nacional desde 2010, la Argentina no juega en ‘las grandes ligas’ como lo hacen Brasil y Estados Unidos. Por su parte, la producción de biogás todavía es incipiente y la de biocombustibles sólidos se encuentra sectorizada a nivel geográfico y es principalmente para exportación” ■



El Grupo de Energías Renovables (GER) es un espacio multidisciplinario que desde sus inicios se ha caracterizado por acompañar y formar a numerosos estudiantes de Ingeniería en el desarrollo de sus tesis y trabajos finales de carrera. Actualmente está integrado por los docentes investigadores Ing. Eriel Fernández Galván, Dr. Ing. Julián Corach e Inga. María Bradanini; el investigador colaborador Ing. Sebastián Mandalunis y los tesisistas Ing. Oscar David Duarte Vera, Lic. Juan Pablo Montalto, Sebastián Ferreiro y Francisco Scarramberg.

Imagen: Dra. Inga. Silvia Daniela Romano, directora del GER.

“Se necesitan políticas sostenibles en el tiempo e independientes del gobierno de turno para poder capitalizar nuestros numerosos recursos energéticos renovables”.



ENERGÍA
LIMPIA

.ing | 20 | 21

Software para generación eólica

El Dr. Ing. Alejandro Otero presenta su línea de investigación sobre simulación computacional multiescala de viento con aplicación en parques eólicos.

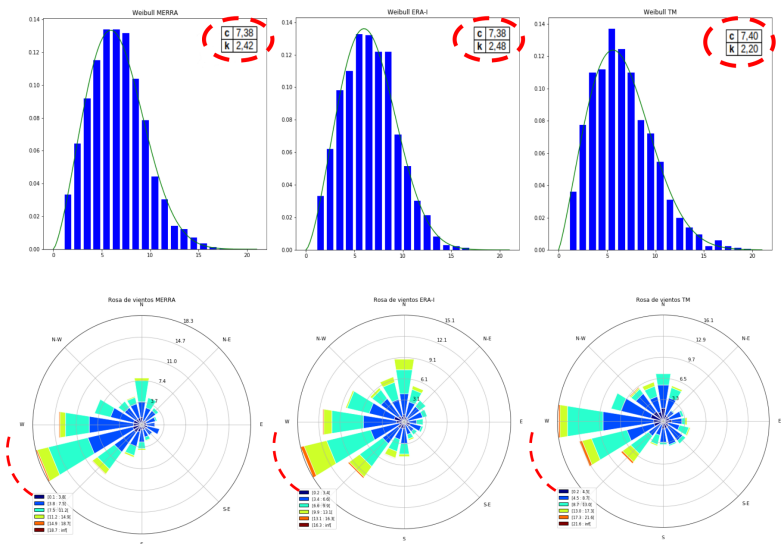
Página anterior:
Fotomontaje de las turbinas sobre resultados
de estelas en un parque de la Patagonia.

Renovable e inagotable, limpia, con aplicación a distintas escalas y de bajo costo, la energía eólica representa una alternativa cada vez más auspiciosa para producir energía eléctrica sin aumentar la emisión de gases de efecto invernadero. Según estadísticas del Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC, por sus siglas en inglés), en el continente americano, las instalaciones eólicas han triplicado su capacidad en la última década y se pronostica un aumento de más de 220 GW entre 2020 y 2024. Además, debido a este crecimiento continuo, se calcula la creación de 900 mil puestos de trabajo en la industria a nivel mundial en los próximos 10 años, dato que además de anticipar la viabilidad de esta energía para ser un factor clave de una recuperación ecológica global, sugiere un panorama prometedor para la Argentina, ubicada en el quinto lugar del mercado americano después de Estados Unidos, Brasil, México y Canadá.

Semejante expectativa requiere, por supuesto, de un escenario delineado por un marco regulatorio consistente, de incentivos desde el Estado, inversiones del sector privado y también de herramientas tecnológicas que faciliten la incorporación de mayores cantidades de energía eólica en los mercados eléctricos. Es en este último aspecto donde la Facultad de Ingeniería de la UBA realiza su contribución para una matriz energética más diversa, a través de investigaciones, como la del Dr. Ing. Alejandro Otero, abocadas a la simulación computacional multiescala de viento en parques eólicos, mediante el uso de infraestructura de cómputo de alto desempeño.

“Es una línea completa de investigación que vamos desarrollando por partes con distintos colaboradores y estudiantes de grado y doctorado –introduce Otero, ante la pregunta sobre su trabajo científico–. Hemos hecho avances interesantes en algunas áreas particulares, desarrollando herramientas computacionales para la simulación de la generación eólica en diferentes escalas. Por ejemplo, utilizando simulaciones de mecánica de fluidos computacional para modelar el efecto de las estelas de los aerogeneradores dentro de un parque eólico o modelos de pronóstico numérico del tiempo para modelar la interacción de los parques con su entorno”.

Para llevar a cabo estas actividades, dice Otero que contó con el financiamiento de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica



(ANPCyT), del CONICET y de la UBA, y que sus recursos de trabajo son principalmente computacionales. “Entre 2009 y 2016 pusimos en funcionamiento un clúster de computadoras en el laboratorio del entonces Departamento de Electrotecnia, hoy Departamento de Energía. Este clúster no sólo fue utilizado por nuestro grupo, sino que también brindó servicios a otros grupos de la facultad y externos. Desde 2015, utilizamos principalmente el clúster Tupac, administrado por el Centro de Simulación Computacional para Aplicaciones Tecnológicas del CONICET (CSC - CONICET), en el Polo Científico Tecnológico de las ex Bodegas Giol. Esta fue, hasta el año pasado, la supercomputadora de acceso abierto más potente del país, y aunque se encuentra al límite de su vida útil, todavía presta una buena calidad de servicios”, detalla el además docente de dicho departamento de la FIUBA y ganador de la Distinción Franco-Argentina en Innovación en 2017, otorgada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, la empresa Total S. A. y la Embajada de Francia en Argentina.

Profesor visitante en la Universidad Tecnológica de Michigan, Estados Unidos (2013), colaborador científico en el GFZ Centro Helmholtz de Potsdam de Alemania (2015 y 2017) y autor de publicaciones en libros y revistas internacionales, Otero ofrece una opinión calificada sobre el grado de desarrollo de los parques eólicos en el territorio nacional.

“Es cierto que el desarrollo de la energía eólica en particular y las renovables en general

Comparación entre
datos meteorológicos y
mediciones en un parque
eólico en la Patagonia.
Arriba: distribución de
velocidades de viento.
Abajo: distribución de
direcciones.

se encuentran en una etapa inicial. Pero luego de la sanción de la última ley de fomento de la generación eléctrica a partir de fuentes renovables [Ley Nro. 27424 de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública] y de la normativa relacionada, se ha impulsado su crecimiento. Primero, el impulso vino a partir de las licitaciones de parques denominadas 'RenovAr' y actualmente los nuevos proyectos están impulsados por el mercado entre privados denominado 'MATER'. Muchos de estos proyectos entrarán en funcionamiento en los próximos meses y años. Actualmente, la situación financiera y económica del país agrega incertidumbre a los nuevos proyectos, pero una vez que ese factor se resuelva, el crecimiento debería continuar. Otro factor crítico para las renovables a gran es-

cala en el país es el sistema de transporte de energía eléctrica, que en algunos casos resulta limitante en determinadas áreas", desmenuza este especialista en energías renovables de la FIUBA.

Y luego opina acerca de los posibles cambios en la matriz energética durante los próximos años: "Dada la situación que se vislumbra respecto del cambio climático y el calentamiento global, sería deseable que así suceda, tanto en la Argentina como a nivel mundial. De todas formas, no creo que esto se produzca de manera drástica por la magnitud de los cambios requeridos. Debería acelerarse la transición energética no sólo mediante el desarrollo de las renovables, sino también a través de medidas de mejora de la eficiencia energética y consumo más responsable", advierte.

En cuanto al impacto socioeconómico de sus investigaciones, explica Otero que su filosofía de trabajo está orientada a la libre diseminación del conocimiento, a través de publicaciones en revistas y congresos científicos, y que el vínculo con el medio productivo se da, en líneas generales, a partir de convenios y asesorías.

"Colaboramos con el Servicio Meteorológico Nacional y estamos conversando con CAMMESA [Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima], que es la que administra el sistema eléctrico nacional. Por otra parte, hace un par de años, con estudiantes de grado y doctorado de la FIUBA y el CSC - CONICET empezamos a trabajar en el modelado de la generación fotovoltaica, utilizando la experiencia que ganamos en eólica, mediante el uso de herramientas y enfoques similares", señala.

Finalmente, ante la consulta de .ing sobre si hacen falta políticas públicas que promuevan la interacción entre organismos estatales, instituciones científicas y el sector productivo, este doctor en Ingeniería de la UBA aporta una mirada integral acerca del rol de los distintos actores involucrados, más allá de los aspectos normativos. "No me parece que el principal problema sea la falta de políticas públicas en el sector, sino más bien una característica del sector privado en nuestro país, que no está acostumbrado a recurrir al sistema científico ni a las universidades para solucionar sus problemas o mejorar su desempeño. Esto también sucede, claro, con los tomadores de decisión en las distintas instancias del sector público", reflexiona ■

“Debería acelerarse la transición energética no sólo mediante el desarrollo de las renovables, sino también a través de medidas de mejora de la eficiencia energética y consumo más responsable”.



El Dr. Ing. Alejandro Otero

www.
ingenieria.
uba.ar 



/ingenieriauba



/FIUBAoficial

Enterate de las **últimas novedades** de la **FIUBA**
en nuestro website y en las redes sociales oficiales.

ZOOM

.ing | 24 | 25

MICROELECTRODO DE FIBRA DE CARBONO EN UN CAPILAR DE VIDRIO

La fibra de carbono de 7 micrones de diámetro es insertada en el capilar de vidrio de 1 mm de diámetro y luego, mediante un proceso de estirado bajo calor, el capilar es cortado. La punta del capilar es sellada con calor nuevamente quedando con un diámetro de 50 micrones aproximadamente y exponiendo unos 10 micrones de fibra de carbono.

FIBRA DE CARBONO DE
7 μm DE DIÁMETRO

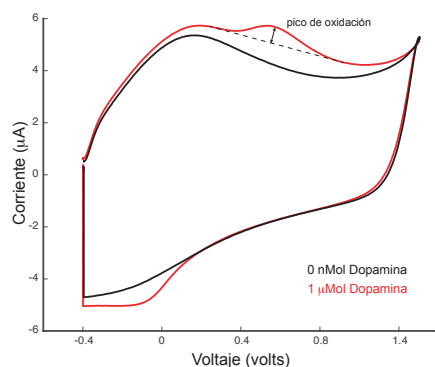
CAPILAR DE
VIDRIO DE 1 mm
DE DIÁMETRO



Instituto de Ingeniería Biomédica e IBYME

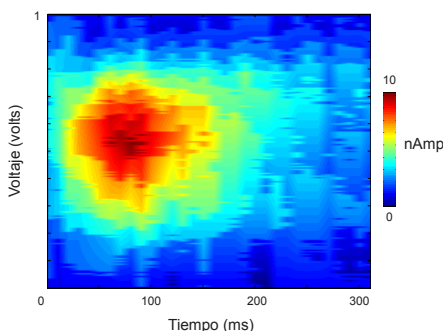
Medición de la concentración de dopamina en el cerebro

La **dopamina** es un neurotransmisor liberado por áreas subcorticales, principalmente ante la presencia de estímulos placenteros o ante aquellos que predicen la llegada de un estímulo apetitivo. La medición de la oxidación del carbono por la presencia de dopamina utilizando voltametría cíclica rápida permite estudiar los efectos de la dopamina en la excitabilidad neuronal, el aprendizaje y la conducta.



CICLO DE VOLTAMETRÍA

La calibración de los electrodos se logra sometiéndolos a diferentes concentraciones de dopamina y midiendo el pico en la corriente de oxidación de la fibra de carbono para la región de la curva donde el voltaje aplicado se corresponde con la oxidación por presencia de dopamina.



LIBERACIÓN DE DOPAMINA EN EL NÚCLEO ACCUMBENS (NAcc) DE LA RATA POR ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA DEL ÁREA TEGMENTAL VENTRAL (VTA)

En el animal anestesiado se aplica un pulso corto de corriente en VTA y se registra la corriente de oxidación por presencia de dopamina en NAcc. La figura muestra que para un pulso de 100 uAmp con duración de 50 ms, la máxima liberación de dopamina se produce a los 80 ms, 30 ms luego de extinguida la estimulación.

Método multiescala concurrente para análisis de falla de hormigón¹

Felipe López Rivarola, Nicolás A. Labanda,
Matías Fernando Benedetto y Guillermo Etse

Felipe López Rivarola: CONICET - Universidad de Buenos Aires (INTECIN), Facultad de Ingeniería (UBA). **Nicolás A. Labanda:** Curtin University, Australia. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. **Matías Fernando Benedetto:** School of Mathematics and Physics, The University of Queensland, Australia. **Guillermo Etse:** CONICET - Universidad de Buenos Aires (INTECIN), Facultad de Ingeniería (UBA). Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

¹ Artículo publicado en *Science Direct*, bajo el título "A Virtual Element and Interface Based Concurrent Multiscale Method for Failure Analysis of Quasi Brittle Heterogeneous Composites", *Science Direct*, vol. 239, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2020.106338>

1. Introducción

El uso de esquemas multiescala para el análisis del comportamiento de falla de materiales compuestos se ha convertido en un tema prometededor en los últimos años. Estos métodos permiten evaluar los complejos mecanismos de degradación en las diferentes escalas de observación y conseguir información precisa sobre los efectos de estos procesos de degradación de las subescalas en el comportamiento de la respuesta macroscópica.

Al incluir explícitamente las características físicas y mecánicas de las subescalas de los materiales, se logra incorporar más realismo y precisión. Un aspecto clave en la simulación numérica de estas cuestiones es la representación precisa de la geometría, caracterizada por sus inclusiones y su fuerte variación de tamaños y volúmenes.

Cuando se trata con materiales heterogéneos como el hormigón, el comportamiento de falla se asocia con el desarrollo o el progreso de fisuras en el nivel de observación mesoscópica. Precisamente, el progreso de microdefectos puede conducir a fisuras macroscópicas que dan lugar al mecanismo de falla final de los componentes estructurales.

En este trabajo se sigue un nuevo enfoque para el análisis concurrente de falla de materiales que

exhiben inclusiones heterogéneas en la escala mesoscópica. Se basa en la combinación de elementos virtuales (VE) y elementos de interfaz (IE) en el marco del enfoque de fisura discreta.

De esta manera, los beneficios del VE para tratar con geometrías complejas se combinan con el uso de IE en todas las juntas entre elementos continuos para facilitar el desarrollo y el progreso de las fisuras. Los supuestos principales son: (i) los VEs continuos permanecen elásticos durante todo el proceso de deformación, mientras que (ii) toda la disipación inelástica se localiza en las interfaces.

2. Método de elementos virtuales

El método de los elementos virtuales (VEM) es una generalización del método de los elementos finitos (FEM) estándar para elementos poliédricos. Inicialmente inspirado por el método de la diferencia mimética, más tarde se colocó en un marco de Bubnov-Galerkin. En su corta vida ha habido una cantidad significativa de contribuciones. Los primeros trabajos con el nombre de VEM son de Beirão da Veiga *et al.* (2013), para la ecuación de Poisson, y de Brezzi *et al.* (2013), para la elasticidad lineal.

El concepto fundamental es la definición implícita de las funciones de forma local dentro de los subdominios o elementos virtuales, que pueden incluir términos no polinomiales. Es decir, a dife-

rencia de FEM, no se conocen explícitamente en el interior de un elemento (por lo tanto, el nombre virtual), pero mediante el uso de un operador de proyección puede calcularse una matriz de rigidez.

La principal ventaja de la metodología VEM frente a FEM es la versatilidad en la geometría de la malla, así como la relajación de las restricciones requeridas para la admisibilidad de la malla comparada con el FEM estándar, como la convexidad de los elementos y la ausencia de nodos colgantes (*hanging nodes*).

Los VE son de gran utilidad para mallar materiales heterogéneos complejos con inclusiones. Además, este novedoso método facilita enormemente el tratamiento de las zonas intermedias entre las escalas. La tecnología VEM permite compartir los nodos que se encuentran en las interfaces donde se produce el cambio de escala, sin la necesidad de ningún requisito adicional.

3. Representación del material y generación de malla

La estructura mesoscópica del hormigón se caracteriza por agregados incrustados en un mortero como se indica esquemáticamente en la Fig. 1.

El enfoque adoptado busca obtener primero una representación poligonal convexa de toda la geometría, es decir, los agregados rodeados por el mortero. Estos polígonos se pueden generar numéricamente a través de la denominada tesselación de Voronoi / Delaunay en un conjunto de puntos, y luego perturbar ligeramente antes del procedimiento de tesselación para tener en cuenta una distribución más real. Los datos de entrada se ajustan según parámetros de diseño de mezcla, fracción de volumen y la forma de los agregados.

VEM es particularmente adecuado para representar inclusiones y geometrías altamente irregulares debido a su versatilidad en el manejo de cualquier forma de elemento. Un beneficio del uso de VEs radica en la discretización de entidades geométricas con pocos elementos (incluso uno solo) sin el problema de pérdida de precisión debido a la distorsión del elemento.

Una posibilidad adicional que surge de la discretización de VEM es un refinamiento de malla muy sencillo. De hecho, la subdivisión de un VE es tan simple como realizar un refinamiento local. Esto permite aumentar fácilmente el número de elementos de una discretización dada sin alterar la distribución y forma de los agregados.

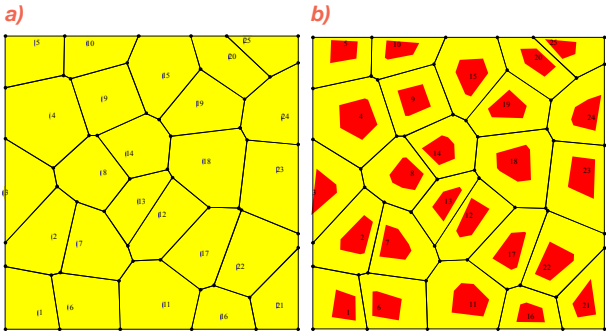


Fig. 1:
Malla mesoscópica de hormigón.

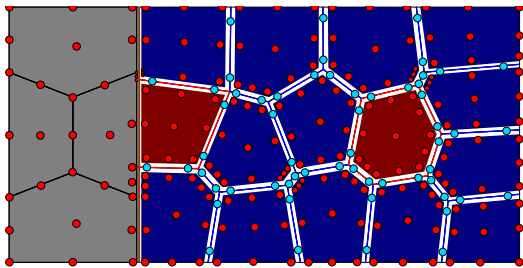


Fig. 2:
Malla VEM con interfaces y duplicación de nodos.

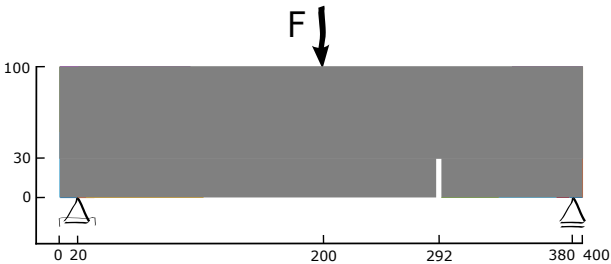


Fig. 3:
Condiciones iniciales del ensayo de flexión de tres puntos.

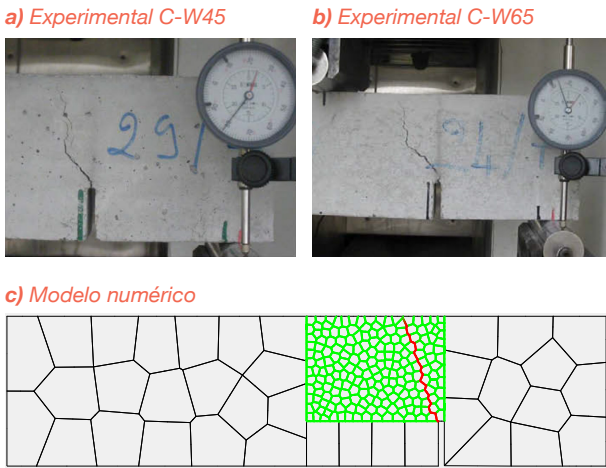


Fig. 4:
Camino de fisuración del análisis numérico propuesto y de los ensayos experimentales de Carpinteri y Brighenti (2010).

4. Elementos de interfaz de espesor nulo

Existen varios enfoques para modelar la degradación y el comportamiento de falla de los materiales como el hormigón. El enfoque de fisura discreta representa a las fisuras usando discontinuidades cinemáticas de orden cero e involucra discontinuidades reales. Uno de los procedimientos más eficientes para el enfoque de fisura discreta es utilizar elementos de interfaz que conectan elementos sólidos. En este trabajo se sigue un modelo de zona cohesiva implementado en un funcional Lagrangiano aumentado (Labanda *et al.*, 2018), basado en la formulación mixta desarrollada originalmente por Lorentz (2008).

Las interfaces rodean completamente todos los elementos sólidos ubicados en la región donde la mesoescala está explícitamente mallada. Esto se vuelve especialmente útil para mallar, ya que el proceso se realiza localmente en el elemento. Sin embargo, la efectividad y precisión de este procedimiento depende en gran medida de la densidad de la malla para evitar introducir restricciones a las evoluciones de fisuras durante el historial de deformación del componente de hormigón.

El procedimiento de inserción de interfaces consiste en la duplicación de nodos alrededor de elementos y el establecimiento de bordes que son compartidos por la interfaz. Esto se ejemplifica en la Fig. 2, donde los círculos rojos indican los grados de libertad (DOFs) originales (que se comparten por elementos contiguos) y donde se representan 3 tipos diferentes de materiales: inclusiones/agregados (rojo), matriz (azul) y homogéneo (gris). Al realizar la duplicación de nodos, se introducen 2 DOF por interfaz para la discretización del campo multiplicador de Lagrange, que se muestra como círculos cian. Tenga en cuenta que no se agregan interfaces en la zona homogénea.

5. Sistema de ecuaciones para resolver

Incluidas las interfaces en la malla, el problema para resolver en su forma débil es el siguiente: Dado $f \in L^2(\Omega)$ y un parámetro de penalización $\gamma \in \mathbb{R}^+$ encontrar $(u; \lambda) \in V \times X$ tal que

$$(01) \quad a(u, \delta, \lambda, v) = l(v), \quad \forall v \in V$$

$$(02) \quad b(u, \delta, \lambda, \mu) = 0, \quad \forall \mu \in X$$

$$(03) \quad c(u, \delta, \lambda) = 0, \quad \delta \in W$$

donde u y λ son fijos en puntos de colocación en la ecuación (3) y los operadores funcionales están dados por

$$(04) \quad a(u, \delta, \lambda, v) = \int_{\Omega} \epsilon(u) : C : \epsilon(u) \, d\Omega + \int_{\Gamma} [\lambda + \gamma (\|u\| - \delta)] \cdot \|v\| \, d\Gamma,$$

$$(05) \quad l(v) = \int_{\partial^t \Omega} p \cdot v \, d\partial^t \Omega + \int_{\Omega} f \cdot v \, d\Omega,$$

$$(06) \quad b(u, \delta, \lambda, \mu) = \int_{\Gamma} (\|u\| - \delta(u, \lambda)) \cdot \mu \, d\Gamma,$$

$$(07) \quad c(u, \delta, \lambda) = \partial_{\delta} \Psi(\delta, \kappa) - \lambda - \gamma (\|u\| - \delta(u, \lambda))$$

y

$$(08) \quad V(\Omega \setminus \Gamma) = \{ v \in H^1 \wedge \|v\| \in H^{1/2} : v|_{\partial^u \Omega} = 0 \},$$

$$(09) \quad W(\Gamma) = \{ w \in H^{1/2} : w \cdot n \geq 0, \forall w \in \Gamma \},$$

$$(10) \quad X(\Gamma) = \{ x \in H^{-1/2} \}.$$

La definición de $V(\Omega \setminus \Gamma)$ indica que las funciones $v \in V$ pertenecen a H^1 en el conjunto abierto definido por el cuerpo continuo menos el conjunto de puntos definidos en la interfaz. En las ecuaciones anteriores Ω es el dominio, $\partial^u \Omega$ es el contorno de Dirichlet, $\partial^t \Omega$ representa el contorno de Neumann, u es el campo de desplazamientos, v es la función de prueba del campo de desplazamiento, $p \in L^2(\partial^t \Omega)$ es la fuerza prescrita en el contorno, C es el tensor constitutivo del material, ϵ es el tensor de deformaciones, γ es el parámetro de penalización, λ representan los multiplicadores de Lagrange, μ es el campo de prueba de los multiplicadores de Lagrange, $f \in L^2(\Omega)$ son fuerzas volumétricas, $\|\bullet\| = (\bullet)|_{\Gamma^+} - (\bullet)|_{\Gamma^-}$ representa el salto del campo $(\bullet)$ en el dominio Γ . Resolviendo las ecuaciones (1), (2) y (3) de forma acoplada mediante un solver basado en un algoritmo de Newton-Raphson, se obtiene la solución del problema.

6. Problema de viga de hormigón de tres puntos

A continuación se realiza un análisis exhaustivo del procedimiento concurrente multiescala propuesto para el caso de una viga de hormigón. Se utiliza una malla mesoscópica para discretizar las partes del problema donde se localiza el comportamiento inelástico y el proceso de fisuramiento, mientras que para el resto se utiliza una representación macroscópica homogénea del material. Dentro de esta zona mesoscópica, los agregados se eligieron aleatoriamente entre los elementos para lograr una relación de área de 23 %. Los elementos de interfaz se introducen a lo largo de todas las juntas de elementos de mortero-mortero y agregado-mortero. Entre estas dos interfaces, la que corresponde al agregado-mortero tiene menor resistencia y energía de fractura.

Comparando con estudios experimentales, se puede concluir que la fisuración va a estar limitada al área entre el punto de aplicación de la carga y el punto superior de la entalla. Por lo tanto, en esa área será utilizada una malla fina que represente la estructura mesoscópica del hormigón. En el resto de la malla se utilizarán elementos homogéneos que representen un comportamiento macroscópico. Aunque numéricamente

se podrían haber utilizado tan solo dos elementos para la zona macroscópica, esto hubiese resultado en un comportamiento excesivamente rígido. Entonces, la cantidad de elementos a usar en las zonas macroscópicas se determinó para lograr una flexibilidad global adecuada.

La geometría y las condiciones de borde del problema se pueden ver en la Fig. 3, donde los valores están en [mm]. La viga presenta una entalla vertical de 30 mm de altura y se aplica un desplazamiento vertical prescrito en el punto medio del borde superior (F representa la fuerza de reacción) hasta alcanzar el valor máximo.

6.1. Validación experimental

Primero, se realiza una comparación con los resultados experimentales de Carpinteri and Brighenti (2010). Como los datos experimentales proporcionados con respecto al material son valores homogéneos, los parámetros utilizados para el mortero, el agregado y sus interfaces en el análisis numérico se determinaron iterativamente, hasta que se obtuvo una buena aproximación de los resultados experimentales.

En la Fig. 4 se puede ver que los caminos de fisura del análisis numérico concuerdan con los de la campaña experimental. En todos los casos, el proceso de falla conduce a una sola fisura macroscópica que comienza en la parte superior de la entalla, propagándose hacia arriba y ligeramente hacia el punto de aplicación de la carga.

En la Fig. 5 las curvas experimentales de fuerza vs. desplazamiento se comparan con la solución numérica obtenida con el modelo propuesto. Las secciones iniciales de la curva para las curvas experimentales están fuertemente influenciadas por la configuración del equipo de medición. Sin embargo, los resultados numéricos pueden predecir de manera realista las características más significativas del comportamiento de respuesta de desplazamiento de carga, a saber, carga máxima, ductilidad en el pico y respuesta pospico.

Una vez establecido que el modelo logra captar correctamente el problema propuesto, se hacen una serie de estudios sobre la influencia de distintos factores de la zona mesoscópica.

6.2. Influencia de la distribución de agregados

Para este análisis, la distribución de agregados en la región mesoscópica se varía para evaluar su influencia en el comportamiento de respuesta global del problema. Ni las propiedades de los materiales ni la geometría general son modificados en los distintos casos. Solo se modifica qué elemento es elegido como agregado o mortero y, por lo tanto, el tipo de interfaz que tiene en cada borde.

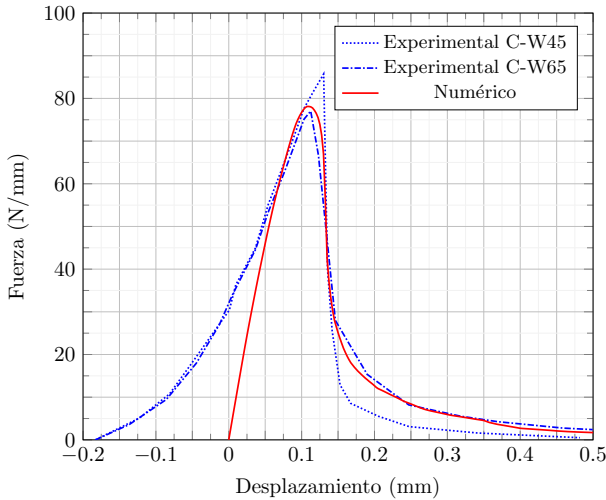


Fig. 5: Comparación entre resultados numéricos y experimentales.

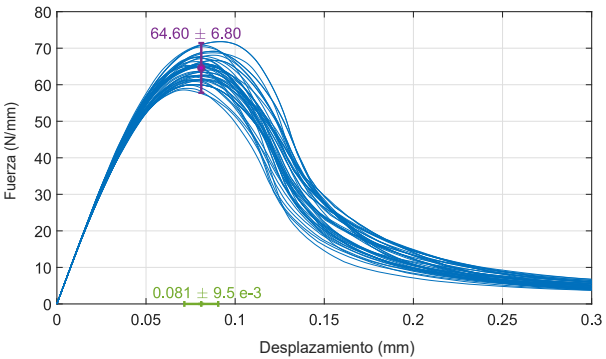


Fig. 6: Curva de fuerza vs. desplazamiento para 50 distribuciones de agregados.

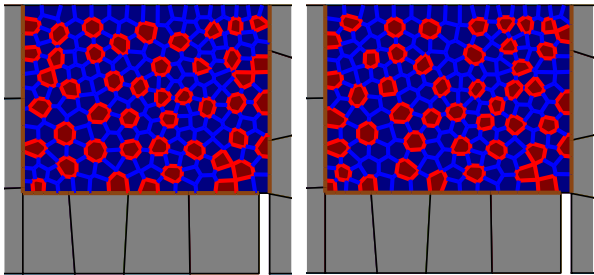


Fig. 7: Diferentes distribuciones de agregados.

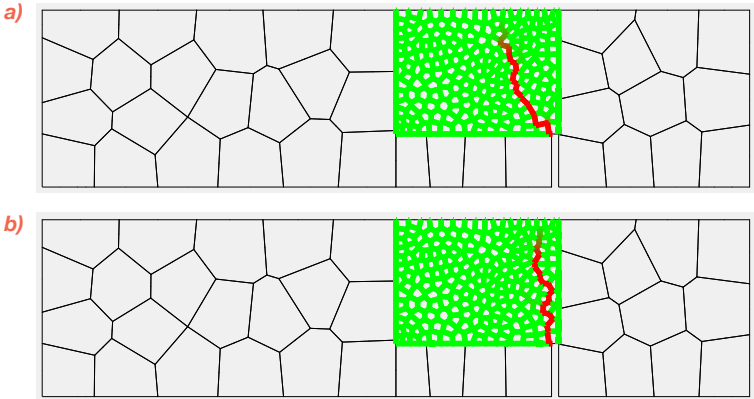


Fig. 8: Diferentes caminos de fisuración.

Fig. 9a:
Influencia del refinamiento de malla:
Camino de fisura.

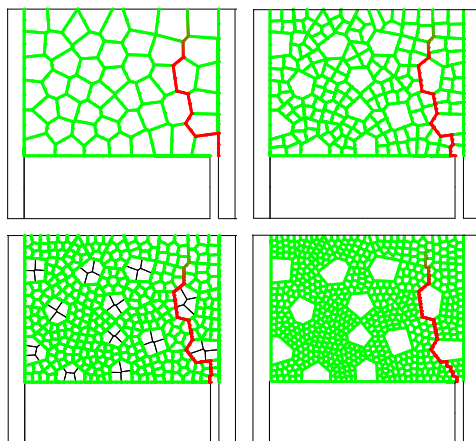


Fig. 9b:
Influencia del refinamiento de malla:
Curvas fuerza vs. desplazamiento.

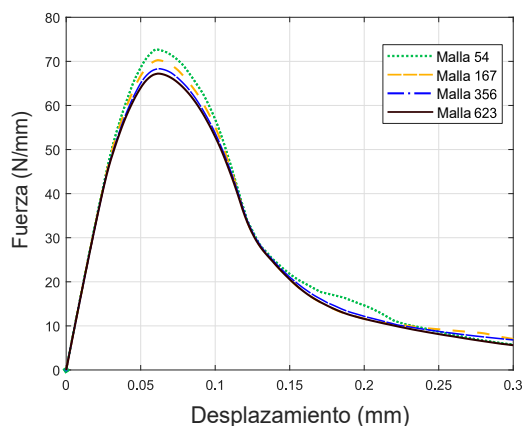


Fig. 10: a)
Configuración final (ampliada x15) para diferentes tamaños de agregado.

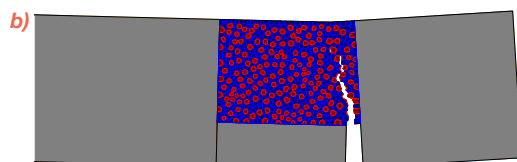
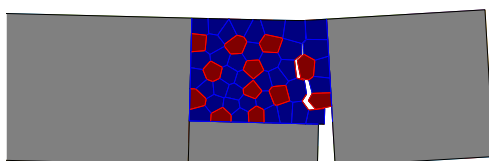
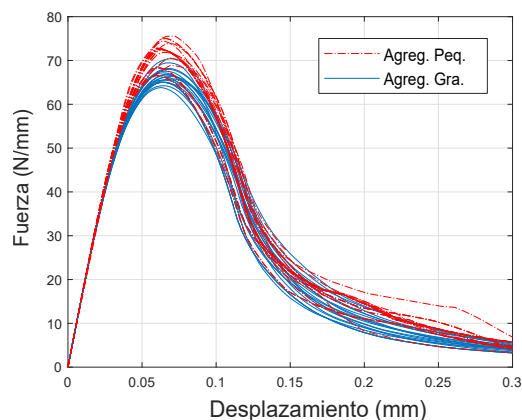


Fig. 11:
Curva de desplazamiento de fuerza para diferentes tamaños de agregado.



Manteniendo la misma relación de volumen agregado de 23 %, se eligen diferentes elementos al azar para cambiar la distribución mesoscópica. Algunas de estas configuraciones se pueden ver en la Fig. 7. En la Fig. 6 se muestra la curva de fuerza-desplazamiento para cincuenta casos diferentes, con carga pico media y desplazamiento medio dentro de un intervalo de confianza de 95 %. Se puede ver fácilmente que la carga pico y el comportamiento postpico varían significativamente dependiendo de la distribución de los agregados. Como las interfaces se cambian en consecuencia, el camino de fractura se ve afectado. Las cargas pico mínima, media y máxima son 58.57 N/mm, 64.60 N/mm y 71.79 N/mm respectivamente, con una desviación estándar de 3.40 N/mm. Esto muestra que el uso de más elementos en la malla puede ser innecesario en situaciones prácticas, ya que el problema tiene una naturaleza estocástica y los resultados pueden estar más influenciados por la distribución de los agregados que por el tamaño del elemento. Es importante resaltar que el comportamiento inicial es prácticamente el mismo para todos los casos. Esto se debe a que la distribución de los agregados tiene muy poca influencia en el período elástico, es decir, mientras las interfaces no están activadas. En la Fig. 8 se presentan algunos caminos de fisura.

6.3. Influencia del refinamiento de la malla

Comenzando con una malla gruesa de 54 elementos y utilizando las capacidades de refinamiento local VEM, la zona mesoscópica se discretiza aún más para evaluar la influencia en la carga máxima de las nuevas mallas con 167, 356 y 623 elementos. Es importante destacar que la selección de agregados es fija en todos los casos y los resultados se dan en la Fig. 9.

En general, los caminos de fisuración son muy similares, excepto cerca de la entalla, apreciándose una reducción en la carga pico a medida que se refina la malla. Esta disminución en la carga pico puede atribuirse al hecho de que una discretización más fina de la zona de fisuración introduce caminos de fisura energéticamente más favorables a medida que se agregan más elementos/interfaces. Este fenómeno es particularmente notable en el sector entre la entalla y el primer agregado, que se vuelve más directo con el refinamiento. Sin embargo, el estado final de la fisura está dictado principalmente por la distribución de los agregados.

6.4. Influencia del tamaño de agregado

Finalmente, se evalúa la influencia del tamaño de los agregados. El tamaño máximo de agregado es un elemento relevante que influye en el comportamiento del hormigón, como se demuestra ampliamente en la literatura.

Se generaron dos discretizaciones considerando diferentes tamaños de agregados en la región mesoscópica. En el caso (a), que se puede ver en la Fig. 10a, la cantidad total de elementos se incrementó cuatro veces con respecto a las mallas de la sección anterior, dando como resultado un tamaño de agregado máximo dos veces mayor. En el caso (b), que se puede ver en la Fig. 10b, la cantidad total de elementos se redujo cuatro veces con respecto a las mallas de la sección anterior, lo que resulta en agregados con un diámetro equivalente dos veces menor.

Al modificar el tamaño agregado, se puede ver una clara diferencia en el comportamiento general de la respuesta. Esto se puede observar en la Fig. 11, donde las curvas rojas son diferentes casos de geometrías con agregados pequeños y las curvas azules casos de geometrías con agregados grandes. Se puede observar en esta figura que cuanto más pequeño es el tamaño máximo de agregado, mayor es la carga máxima y la energía de fractura liberada. Esta es una conclusión relevante que concuerda muy bien con la observación experimental. Este efecto se debe a las fuertes discontinuidades introducidas por los grandes agregados que facilitan la propagación de fisuras y desestabilizan la evolución.

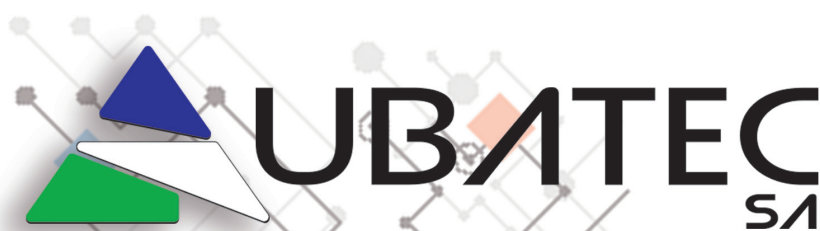
7. Conclusiones

El procedimiento para análisis multiescala concurrente propuesto sirve para evaluar el comportamiento mecánico y el efecto microestructural en materiales heterogéneos y cuasifrágiles como el hormigón. La aleatoriedad de la distribución de agregados representa adecuadamente la aleatoriedad en vigas de hormigón, afectando tanto al inicio de la fisura como a la tortuosidad a lo largo del proceso de propagación, obteniendo resultados donde la predicción del camino de la fisura y el patrón de falla tienen un buen ajuste con la evidencia experimental. Al mismo tiempo, el uso de elementos virtuales permite discretizar el dominio de forma eficiente, haciendo foco en las zonas de interés, manteniendo una discretización gruesa para las zonas de menor influencia, principalmente la zona por donde no se propaga la fractura.

Estos resultados muestran que el modelo propuesto es un enfoque efectivo para evaluar el comportamiento de falla de materiales compuestos, y la influencia de la geometría y el tamaño de las inclusiones de estos materiales en la respuesta mecánica general, lo cual es de gran importancia para comprender la ductilidad, resistencia y seguridad de estructuras de hormigón reales. En un futuro se planea expandir este modelo para la simulación de reservorios sometidos a fractura hidráulica, pudiendo hacer discretizaciones gruesas y adaptadas en zonas alejadas a la zona de inyección de agua.

Bibliografía

- [1] Beirão da Veiga, L., Brezzi, F., Cangiani, A., Manzini, G., Marini, L. D., Russo, A. Basic Principles of Virtual Element Methods. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, vol. 23, n.º 1, pp. 199-214, 2013.
- [2] Brezzi, F., Beirão da Veiga, L., Marini, L. D. Virtual Elements for Linear Elasticity Problems. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, vol. 51, n.º 2, pp. 794-812, 2013.
- [3] Labanda, N. A., Giusti, S. M., Luccioni, B. M. Meso-Scale Fracture Simulation Using an Augmented Lagrangian Approach. *International Journal of Damage Mechanics*, vol. 27, n.º 1, pp. 138-175, 2018.
- [4] Lorentz, E. A Mixed Interface Finite Element for Cohesive Zone Models. *Computational Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 198, pp. 302-317, 2008.
- [5] Carpinteri, A., Brighenti, R. Fracture Behaviour of Plain and Fiber-Reinforced Concrete with Different Water Content under Mixed Mode Loading. *Materials & Design*, vol. 31, n.º 4, pp. 2032-2042, 2010.



Gestión de servicios
Administración de proyectos
Gestión de eventos científicos
Búsqueda de financiamiento
Formulación de proyectos
Valorización de I+D
Ubatec CATI

Unidad de vinculación tecnológica de la UBA



**EL PUNTO DE ENCUENTRO ENTRE
LA COMUNIDAD CIENTÍFICA
Y EL SECTOR PRODUCTIVO**

Av. Pres. Roque Sáenz Peña 938 6º piso - Ciudad de Buenos Aires - República Argentina
info@ubatec.uba.ar - www.ubatec.uba.ar



NUESTRAS
GRADUADAS

ing | 32 | 33

La FIUBA
también en YPF

Recibida con Diploma de Honor, la **Inga. Mariana Discioscio** es otra de las profesionales de la FIUBA que ocupa un cargo de altísima responsabilidad en una de las empresas más estratégicas de la Argentina.

Mariana Discioscio optó por la ingeniería, impulsada por la vocación de su padre, ingeniero electro-mecánico egresado de la FIUBA. En su caso, la disciplina que eligió como especialidad fue la Ingeniería Química. “En un momento pensé en estudiar Ingeniería Mecánica, pero en esos años noventa, cuando tenía que decidirme, pesó más el prejuicio de que una mujer sea mecánica que mi pasión en sí. Mi entorno me recomendó estudiar Química porque había ‘más mujeres’ y lo terminé escuchando. No me arrepiento de haberla elegido, sino todo lo contrario”, recuerda.

Discioscio se graduó en el año 2000, con Diploma de Honor, cuando el país atravesaba una de las crisis institucionales más fuertes de su historia. Con tasas de desocupación que superaban el quince por ciento, el futuro del ejercicio profesional de cualquier carrera universitaria estaba signado por la incertidumbre.

La biografía de esta graduada de la FIUBA condensa aquella coyuntura, que terminó marcando las siguientes etapas de su trayectoria científica y laboral, cuando decidió especializarse en hidrocarburos. “En el año 2001 volví a la Argentina luego de haber estado un tiempo de intercambio en una universidad en Canadá. El país estaba en crisis y conseguir mi primer trabajo como profesional recién recibida no fue fácil. Alguien de la facultad me contactó con una PyME que tenía la representación de simuladores de procesos para la industria de hidrocarburos y estaba buscando un ingeniero de procesos junior. Así, quedé seleccionada para dar mis primeros pasos en este mundo del gas y el petróleo”.

Dando capacitaciones en las principales petroleras de Latinoamérica, Discioscio descubrió que deseaba desarrollarse en empresas de ese sector. De esa forma, pasó por distintas experiencias en Pan American Energy y Chevron hasta llegar a YPF, donde actualmente es la de gerente de Instalaciones para el Upstream Convencional en YPF. “Dentro de mis funciones tengo el asegurar la gestión de los proyectos de ingeniería y construcción de las nuevas instalaciones de superficie que procesarán los incrementos de crudo, gas y agua de las áreas convencionales en YPF”, cuenta.

“Al comienzo de cada proyecto, debemos visualizar alternativas de diseño para poder recibir, procesar y entregar los fluidos (gas, crudo, agua). De esta manera, emitimos una estimación de costos y un cronograma donde se evalúa si el proyecto es rentable para la empresa. Luego, si la propuesta de desarrollo pasa esa primera etapa de factibilidad, continuamos con el diseño de las ingenierías conceptuales y básicas extendidas. En estas etapas, nos encargamos de hacer todas las gestiones con los contratistas de ingeniería, de la compra de equipos y materiales críticos, como así también de las licitaciones de las obras”, detalla esta ingeniera de la UBA sobre las fases que se encuentran bajo su responsabilidad.

“Mi función es coordinar a mi equipo, para que cada uno cumpla con los alcances, plazos, costos y calidad de los proyectos que tienen a cargo. Hoy en día, los principales proyectos que estamos liderando incluyen las instalaciones de superficie para recuperación secundaria (inyección de agua), recuperación terciaria (inyección de polímero) y tratamiento de agua y crudo a lo largo del país (Chubut, Santa Cruz, Neuquén, Mendoza)”, concluye ■

“Mi función es coordinar a mi equipo, para que cada uno cumpla con los alcances, plazos, costos y calidad de los proyectos que tienen a cargo”.



PROTAGONISTAS
DE LA FIUBA

.ing | 34

La ingeniería de la gestión académica

Charla con la **Inga. Emilce García** sobre la coordinación de la comunidad de docentes y estudiantes, la reacción de la FIUBA ante la llegada de la pandemia y, también, sobre la universidad pública como motor de la movilidad social.

Esta sección de .ing está destinada a visibilizar a los y las integrantes de la FIUBA que realizan tareas diarias para el normal funcionamiento de esta institución. Desde ya, hay tareas sencillas y otras más complejas. Pero todas vitales para la enseñanza de la ingeniería.

Una de esas labores cotidianas consiste en coordinar el trabajo de distintos sectores vinculados al desarrollo del dictado de clases. Desde la inscripción de estudiantes a las asignaturas de su carrera hasta la asignación de docentes con sus respectivas aulas, actividades que incluyen, por supuesto, una minuciosa planificación.

Dichas acciones están a cargo de una ingeniera: Emilce García, que ingresó a la FIUBA como nodocente en el año 1987 a la Secretaría de Extensión y Bienestar Estudiantil. Explica García sobre las actuales incumbencias de cada área bajo su coordinación: “la Dirección de Alumnos participa en todas las tramitaciones de las y los estudiantes de grado desde que ingresan hasta que egresan y reciben sus diplomas. La Dirección Docente se ocupa de las tramitaciones inherentes a las designaciones de las y los docentes de la facultad y de los concursos de profesores y auxiliares docentes. La Dirección de Bedelía está dedicada a la administración y asignación de aulas, equipamiento y espacios físicos para el desarrollo de las clases y evaluaciones presenciales. El Área de Intercambios Académicos gestiona todas las tramitaciones relacionadas con los intercambios académicos de las y los estudiantes de grado de la FIUBA. Además de estas direcciones, coordino y apoyo el trabajo de las y los nodocentes de los departamentos docentes, en su relación con la Secretaría de Gestión Académica”.

Por supuesto, resulta inevitable no preguntarle a la entrevistada sobre el desafío de coordinar actividades académicas en el marco de los efectos de la pandemia provocada por el COVID-19. “Pienso que fue y es un gran desafío, ya que rápidamente las y los docentes debieron replantear su enseñanza, repensando y replanteando los materiales y las herramientas para llevarla adelante. En cuanto a las y los nodocentes, debimos cambiar la oficina por un espacio en nuestros hogares para llevar a cabo nuestra tarea a distancia. Esto implicó no sólo la provisión de equipamiento (computadoras principalmente) para poder desarrollar el trabajo sino además, un enorme esfuerzo en capacitación de los nuevos sistemas de gestión. Estoy muy orgullosa por el compromiso demostrado y los resultados obtenidos”.

Otro de los aspectos interesantes para abordar en el recorrido profesional y laboral de la entrevistada, se vincula con lo que se conoce como “movilidad social”, la que quizá sea la principal virtud del sistema educativo argentino. Cuenta García sobre su experiencia personal: “Siendo la primera universitaria en mi familia, no puedo menos que estar de acuerdo en que la universidad pública es muy importante para la movilidad social en nuestro país. Si bien en sus inicios esta institución representó un lugar de formación de élites, en su evolución se convirtió en una poderosa herramienta de movilidad, sobre todo a partir del año 1949 en el que el presidente Juan Domingo Perón suspendió el cobro de los aranceles universitarios, dando la oportunidad para que hijos e hijas de las clases trabajadoras ingresen en la universidad” ■



NOS UNEN LAS GANAS DE AVANZAR

En Telecom creemos que cuando nos unimos para avanzar en una misma dirección todo es posible. Por eso, brindamos cursos y talleres gratuitos para que todas las personas puedan hacer un uso positivo de la tecnología y descubrir las oportunidades del mundo digital.

Conocé más sobre estas propuestas en digitalers.com.ar

Personal Fibertel flow | TELECOM

Vení a trabajar al corazón del cambio

En el corazón de cada gran cambio hay un gran ser humano. Si tenés ideas, ingenio y pasión por marcar la diferencia, vení a ser parte de nuestro equipo. Todos los días, en todo el mundo, trabajamos con personas excepcionales, la última y mejor tecnología y empresas líderes en todas las industrias. Juntos generamos cambios significativos y poderosos.

Sumate
accenture.com/empleosargentina


accenture