

.ing

Una publicación de la Facultad de Ingeniería de la UBA

| ZOOM

Proceso de *Melt Spinning*
para obtención de cintas
magnéticas de FeSiB.

| DOSSIER

Algunos cálculos sobre la
mecánica del accidente de
aviación de Carlos Gardel



En construcción



**VIBRACIONES
CONTROLADAS**

**INGENIERÍA
DE LAS
NANOPARTÍCULAS**

EN CONCRETO

**ASÍ EN LA
TIERRA COMO
EN EL CIELO**

n°3

· 2018 · Año 2 ·



DIBUJO TAEKWONDO JAVA AGILE

Johanna se dedica a traducir a código los sitios web de diferentes clientes. Y valora mucho la flexibilidad, no solamente porque puede trabajar desde su casa, sino también porque puede manejar sus tiempos y concretar sus hobbies: practica taekwondo y le encanta dibujar. Nada mejor que tener flexibilidad en todos los movimientos.

**SÉ TAL CUAL SOS,
MARCÁ LA DIFERENCIA.**

SUMARIO

STAFF

Comité Editorial

(Por Res. Decano 543/17)

Dr. Ing. Juan Giribet
Ing. Fernando Horman
Dr. Ing. Sergio Lew
Ing. Ariel Stainoh

Coordinador editorial:

Lic. Daniel Krupa

Equipo de producción

Identidad gráfica y diseño
Lic. Daniela Noceti
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

Latingráfica

en febrero de 2018.
Revista .ing es una publicación
de distribución gratuita.

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
prensa@fi.uba.ar

www.ingenieria.uba.ar



EDITORIAL

Balace de gestión y perspectivas
de cambios en la enseñanza de la
ingeniería en el siglo XXI

04

BREVES

Encuentro CRES 2018
Curso sobre Biomateriales
Mejoras en Fiubapp
Día de la Memoria

05

EN CONSTRUCCIÓN

Vibraciones controladas

06 | 09

EN CONSTRUCCIÓN

Ingeniería de las nanopartículas

10 | 15

EN CONSTRUCCIÓN

En concreto

16 | 19

EN CONSTRUCCIÓN

Así en la tierra como en el cielo

20 | 23

zoom

Proceso de *Melt Spinning* para
obtención de cintas magnéticas
de FeSiB

24 | 25

DOSSIER

Algunos cálculos sobre
la mecánica del accidente de
aviación de Carlos Gardel

26 | 35

NUESTROS GRADUADOS

El ingeniero del viento
Dr. Ing. Erico Spinadel

36 | 37

ACTORES DE LA FIUBA

Una vida en sede Paseo Colón
Martín Allois

38

Nº 03

editorial



En este tercer número me despido de los lectores de nuestra incipiente revista *.ing*, dado que en marzo de 2018 finalizará mi mandato luego de cuatro años intensos. 1460 días en los que de mi parte me he brindado con honestidad, profesionalismo, y tratando, siempre, de mantener el equilibrio entre las distintas corrientes de pensamiento, en busca de lo mejor para nuestra querida FIUBA.

A modo de conclusión personal, dejo el cargo que tuve el honor de asumir en marzo de 2014, con la fuerte percepción de que debemos trabajar en la implementación de un drástico cambio en la enseñanza de la disciplina que tanto nos apasiona.

Haciendo un brevísimo repaso de los hitos ingenieriles, podemos recordar que en 1760 se creó la máquina a vapor. Ciento cincuenta años después, comenzó la producción en serie. En 1980, irrumpió la automatización y la computación. En 2010, la robotización. Y hoy, mientras escribo estas líneas, ya estamos hablando de industria 4.0, impresión 3D, Big Data, ciudades inteligentes, internet de las cosas y un largo etcétera que habla del vértigo con el que se producen los cambios paradigmáticos en nuestra vida cotidiana y que se gestan desde la ingeniería.

Es evidente, digamos, que si bien revolución industrial impactó en una educación masiva, la revolución digital impactará en una educación mucho más personalizada. Y es a partir de esta coyuntura, que habrá que pensar y repensar los programas de estudios de las próximas décadas, incorporando desafíos como los que presentan la eficiencia energética, el impacto ambiental, la dirigencia responsable o el trabajo interdisciplinario.

El año próximo, con motivo de cumplirse 100 años de la Reforma Universitaria, se desarrollará en la provincia de Córdoba la CRES 2018 (Conferencia Regional de Educación Superior), espacio ideal para discutir con educadores universitarios de la región todas aquellas acciones, programas y desarrollos que, como profesionales y formadores de la ingeniería, deberíamos poner en práctica para adecuar nuestras universidades a los vertiginosos tiempos que nos han tocado transitar.

Por último, quiero subrayar la importancia de haber concretado un largo anhelo, ya no tanto personal como institucional, y es el hecho –ahora palpable– de contar con una revista propia, que tal como señalé en su primer número, guarda como objetivo central reflejar la actividad académica y científica de esta Casa de Estudios. Vale señalar que esto no hubiera sido posible sin el apoyo de empresas como Accenture, Techint y ABB, que nos permitieron financiar esta nueva vía de comunicación institucional que ojalá se afiance en los próximos años.

Espero disfruten y se interesen con esta nueva edición, en la que queda demostrado que nuestra FIUBA cumple un rol protagónico en la renovada industria de la construcción, uno de los motores de nuestra economía.

¡Hasta la próxima!

Prof. Ing. Horacio Salgado
Decano de la Facultad de Ingeniería

Reunión internacional sobre

Educación Superior

Organizada por la UNESCO, la **III Conferencia Regional de Educación Superior** se celebrará del **11 al 15 de junio** de 2018 en la ciudad argentina de **Córdoba**. La primera edición se realizó en La Habana, Cuba, en 1996 y la II Conferencia Regional en Cartagena de Indias, Colombia, en 2008. Sitio web del encuentro en: <http://www.cres2018.org>

Curso sobre Biomateriales

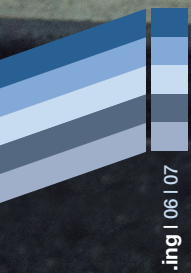
Hasta el **23 de marzo** de 2018 estará **abierta la inscripción al curso de complementación Biomateriales en Dispositivos Médicos**. El programa propone como objetivos principales presentar los diferentes tipos de biomateriales, analizando las relaciones entre: procesos de manufactura, estructura, respuesta biológica y propiedades volumétricas y superficiales; plantear los criterios básicos de análisis y evaluación de biomateriales; informar sobre el equipamiento y otros recursos necesarios para el estudio, análisis y diseño de dispositivos médicos que emplean biomateriales. Más datos, en el sitio web de la FIUBA.

Mejoras en la versión 2018 de Fiubapp

Ya está disponible una **nueva versión de Fiubapp**, la aplicación para dispositivos móviles de la Facultad de Ingeniería de la UBA, desde la que se puede personalizar el Calendario Académico, consultar la guía de teléfonos, expedientes administrativos y fechas de exámenes. Ahora, se suma la posibilidad de ingresar con SIU Guaraní para que el alumno pueda visualizar las inscripciones a cursada, las inscripciones a las evaluaciones integradoras y hasta consultar la historia académica. Disponible en Play Store.

Día de la la Memoria

El **29 de noviembre** de 2017 se conmemoró el **Día de la Memoria en Ingeniería** de la UBA, que en esta edición incluyó la **entrega de una copia de los legajos reparados a familiares de los/as desaparecidos/as de esta Casa de Estudios**. El Día de la Memoria recuerda el 29 de noviembre de 1974, día en el que secuestraron de esta facultad a Daniel Winer, estudiante de Ingeniería Química y secretario gremial del Centro de Estudiantes, asesinado por la Triple A.



.ing | 06 | 07

EN CONSTRUCCIÓN



Vibraciones controladas

Desde el análisis de edificaciones en zonas que sufren habituales movimientos telúricos a identificar los efectos que generan las vibraciones de un *show* masivo de rock, el **Laboratorio de Dinámica de Estructuras de la FIUBA** es una fuente permanente de consultas del sector público y privado a la hora de comprobar el comportamiento de distintos tipos de construcciones.

¿Quién hubiera imaginado que un *riff* de Angus Young, emblemático guitarrista de AC/DC, en el estadio de River Plate podría vincularse alguna vez con un grupo de investigadores de la FIUBA? Pero en 2009, luego de una serie de denuncias por parte de vecinos del barrio porteño de Núñez al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se decidió –convenio mediante– convocar al Laboratorio de Dinámica de Estructuras (LABDIN) de la Facultad de Ingeniería de la UBA, dedicado a desarrollar una serie de mediciones y análisis de los efectos que generaba el salto de más de 50 mil personas al mismo tiempo en edificios de esta zona, y no necesariamente los más cercanos al predio en el que se desarrollaba el evento ni los más altos. Algo similar a lo que ocurre con otras fuentes de vibración y sus diferentes efectos sobre las instalaciones.

“Los movimientos originados por la actividad humana son fuente de innumerables litigios, de

demandas por daños, paralización de obras y perjuicios ambientales para miles de habitantes en los grandes centros urbanos. En los últimos años, la introducción de nuevos equipos y metodologías de construcción –por ejemplo, la hincada de tablestacas por vibración– y la realización de eventos musicales en grandes estadios han incrementado significativamente la incidencia del efecto de las vibraciones sobre el medio ambiente en las grandes ciudades y, particularmente, en la Ciudad de Buenos Aires”, introduce el Dr. Ing. Raúl Bertero, director del LABDIN.

“Para ambos tipos de vibraciones (las originadas por causas naturales y por la actividad humana)–detalla para *.ing*–, resulta de fundamental importancia la medición de las aceleraciones en estructuras existentes y en modelos de estructuras por construir, mediante ensayos en laboratorio y de campo para determinar el nivel de molestia o riesgo involucrado y para que la industria local

Página anterior:
Modelo a escala de un edificio sobre mesa vibradora didáctica usado en una competencia interuniversitaria de diseño sísmico creada por el LABDIN para la Asociación de Ingenieros Estructurales.

pueda desarrollar los productos innovadores que en otros países permiten disminuir las consecuencias de las vibraciones sobre las estructuras, las instalaciones, las personas y el medio ambiente”.

Ingeniero Civil, doctor en Ingeniería, profesor titular de Mecánica del Continuo en la FIUBA, miembro titular de la Academia Nacional de Ingeniería y reconocido por los premios “Ing. Butty”, de la Academia Nacional de Ingeniería; “Ing. Del Pini”, de la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales; “Nacional de Ingeniería”, de la Secretaría de Cultura de la Nación; y “Gran Maestro” de la UBA, entre otros, Bertero también ejerce como director de la Maestría Interdisciplinaria en Energía y de la Maestría de Ciencias de la Ingeniería, también en la UBA.

Desde el LABDIN –que forma parte del Laboratorio de Materiales y Estructuras (LAME) con sede en Av. Las Heras 2214–, también se ocupan de llevar a cabo el diagnóstico y la mitigación de vibraciones transmitidas por el terreno debidas al tránsito de camiones, subterráneos y ferrocarriles; vibraciones transmitidas por el terreno debidas a actividades de construcción y pilotajes; otras generadas por la acción de máquinas alternativas y rotativas (compresores, turbinas, motores); las que provocan la acción del viento en edificios, chimeneas, puentes, carteles, cables y las generadas por la acción sísmica. Además, el laboratorio determina en forma directa indirecta, mediante análisis de vibraciones, la tensión de cables; y obenques, frecuencia natural y coeficiente de amortiguamiento de edificios, puentes y otras estructuras. También forma parte de su actividad el monitoreo permanente de las vibraciones de puentes, diques y otras estructuras para detectar cambios en los patrones de respuesta que revelen el deterioro de sus componentes.

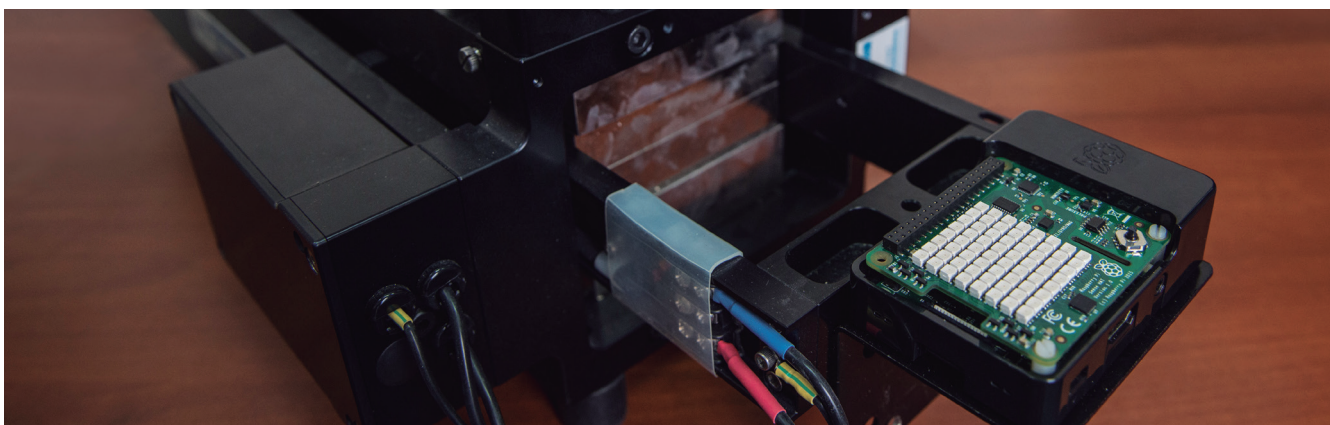
El permanente estudio científico de la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo sísmico por parte del LABDIN ha permitido que este espacio de investigación con

sede en Av. Las Heras 2214 disponga a la fecha de una base de datos de más de 25 mil registros de terremotos reales para la selección de registros sísmicos para el análisis dinámico de estructuras necesarios a la hora de realizar análisis de confiabilidad y riesgo sísmico de obras críticas de infraestructura civil y minera.

“En este marco –puntualiza Bertero–, nuestro laboratorio presta asistencia en el diseño y proyecto de estructuras que por sus características, normas públicas o localización, requieren de consideraciones especiales en relación a las vibraciones. En este sentido, también nos ocupamos del análisis de los riesgos de daños en estructuras, revestimientos y equipos, así como de perjuicios al medioambiente producidos por las vibraciones sobre instalaciones existentes”.

Bertero recuerda que entre los casos de mayor impacto en los que participó el LABDIN pueden mencionarse, además del “Caso River”, la verificación de centrales nucleares ante el posible efecto de misiles levantados por tornados, y el análisis y ensayo de métodos innovadores de diseño sísmico de edificios.

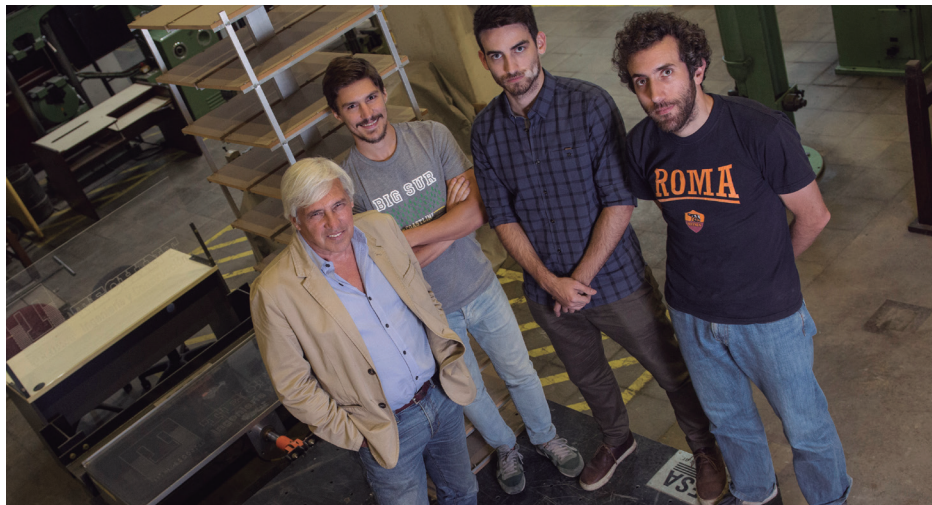
En el LABDIN, actualmente, se desempeñan tres investigadores, cuatro tesis de doctorado y uno de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería. “Tres de nuestros investigadores completaron su formación en las tres universidades más prestigiosas de los Estados Unidos en Ingeniería Civil”, subraya el entrevistado, quien, a su vez, especifica que el financiamiento para desarrollar este tipo de actividades suele provenir de los proyectos UBACyT, como así también de recursos obtenidos de las asistencias técnicas realizadas a organismos públicos y empresas privadas.



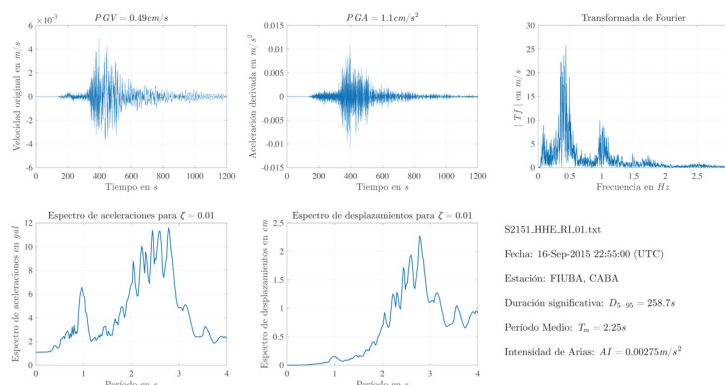
Shaker utilizado para hacer entrar en resonancia estructuras y determinar sus frecuencias.

“Es enorme el potencial de desarrollo en estas áreas del conocimiento aunque actualmente se encuentra todavía en un estado incipiente”, reflexiona Bertero cuando se le pregunta sobre el vínculo entre el entramado científico-tecnológico –en el que se incluye la universidad y centros de investigación como el CONICET–, Estado y sector privado, componentes de un modelo de desarrollo de la Ciencia y Tecnología que se conoce como el Triángulo de Sabato. “El crecimiento de un país está determinado, no por sus recursos naturales ni por su sistema económico, sino por el desarrollo de su industria y su tecnología como lo demuestran países tan diferentes como Estados Unidos, Alemania, Rusia, China o Corea. No vamos a ser un país desarrollado exportando litio sino exportando autos eléctricos. Esto sólo se logra incorporando la investigación y el desarrollo de las industrias en los laboratorios de las universidades donde se concentra el conocimiento presente y el futuro de un país. El Estado, por su parte, debe considerar que invertir en la infraestructura de sus universidades públicas, especialmente las dedicadas a la tecnología, es esencial para ese objetivo. Invertir en los laboratorios de otras instituciones públicas, si bien es también importante, genera un conocimiento alejado de la transferencia a los futuros ingenieros y, por lo tanto, de mucho menor retorno desde el punto de vista económico y estratégico, que hacerlo en las universidades”.

Para concluir su mirada sobre los vínculos entre estos actores fundamentales del desarrollo y la planificación del país, el director del LABDIN se muestra convencido de que la inversión de las empresas privadas argentinas (aún las más grandes) en la apertura de sus propios laboratorios de alta tecnología resultaría muy difícil para el tamaño de las empresas locales. “Sin embargo, –propone– utilizar esos recursos para realizar sus investigaciones en los laboratorios universitarios (bien equipados y mantenidos por los organismos de Ciencia y Tecnología públicos), les permitiría competir con ventaja ante empresas multinacionales de muchos mayores recursos. En este aspecto resulta decisivo que, en mi experiencia como profesor visitante en universidades muy prestigiosas, al menos el veinte por ciento mejor de nuestros estudiantes es de una capacidad de trabajo y talento, que resulta muy difícil de encontrar, aún en las mejores universidades del mundo”. ■



Mesa vibradora diseñada y construida por el LABDIN con financiamiento de las empresas AESA y Techint para simular la respuesta sísmica de componentes y estructuras. En la foto, el Director del Laboratorio, Dr. Ing. Raúl Bertero, y los tesisistas de doctorado Agustín Bertero, Mariano Balbí, y Juan Mussat.



El 16 de septiembre de 2015, un sismo de M8.3 sacudió Chile. Este fue registrado por el sismógrafo del LABDIN, único equipo de estas características en la Ciudad de Buenos Aires.

“El crecimiento de un país está determinado, no por sus recursos naturales ni por su sistema económico, sino por el desarrollo de su industria y su tecnología”.

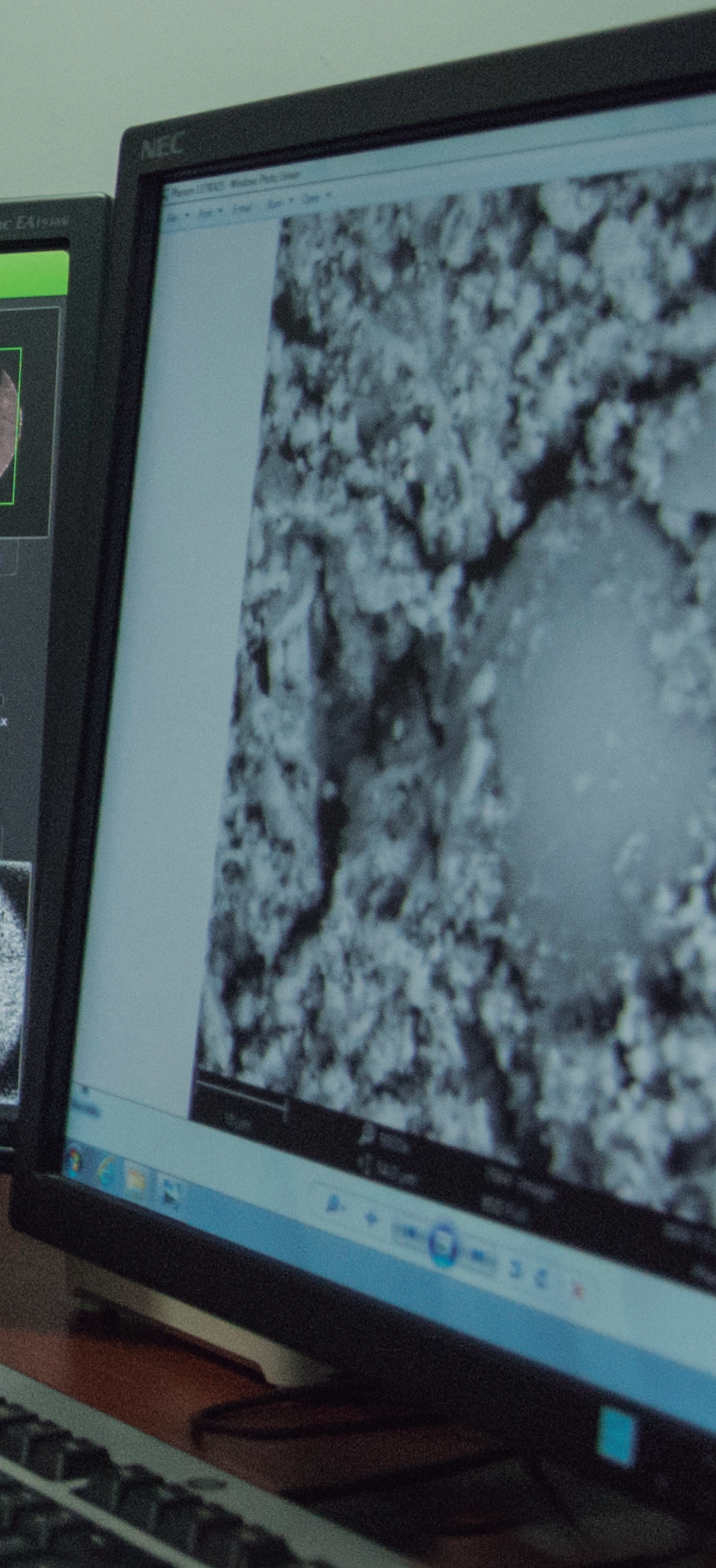
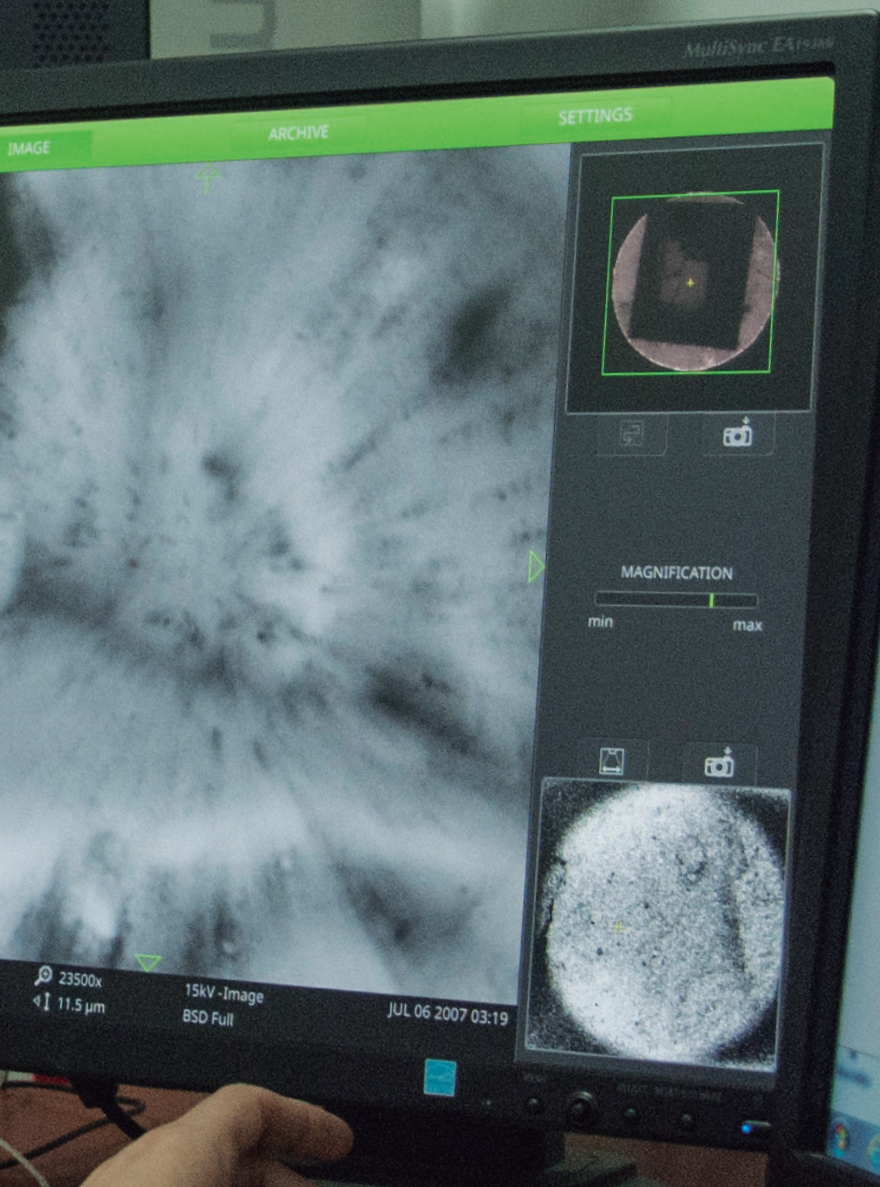
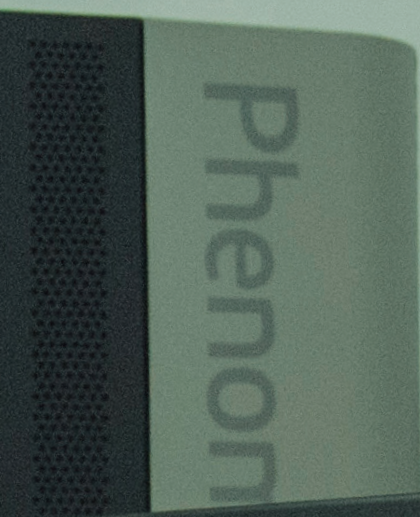


EN CONSTRUCCIÓN

.ing | 10 | 11

Ingeniería de las nanopartículas

La Dra. Inga. Analía Vázquez, fundadora y actual directora del **Instituto de Tecnología de Polímeros y Nanotecnología**, repasa para los lectores de .ing los últimos avances en polímeros y nanotecnología con aplicaciones en el ámbito de la construcción.



La irrupción de la escala nanométrica –un nanómetro es una millonésima parte de un milímetro– a la hora de indagar y manipular un determinado material, también ha repercutido en la ingeniería civil y en casi todos los materiales que la componen. “Podemos decir que la investigación en polímeros y nanotecnología en la construcción comenzó en el año 2008. Puntualmente, vengo trabajando en polímeros biodegradables y nanocompuestos para diversas aplicaciones (envases, recubrimientos de partículas, etc). Y también en la creación de una empresa de base tecnológica para la fabricación de nanocelulosa bacteriana que luego podría ser usada en aditivos para cemento”, explica la Dra. Analía Vázquez, directora del Instituto de Tecnología de Polímeros y Nanotecnología (ITPN), creado en el año 2013, aunque el grupo dirigido por la Dra. Inga. Vázquez comenzó a trabajar a partir de su relocalización auspiciada por el MINCyT (Ministerio de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva) en la UBA.

Vázquez es profesora titular del Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la UBA. Actualmente, dicta la asignatura Materiales No Tradicionales en la Construcción. Es investigadora superior del CONICET. Creó y dirige el Instituto de Tecnología de Polímeros y Nanotecnología (ITPN), dependiente de la UBA y el CONICET. Este año ha obtenido una mención en el Premio Balsero 2017 a la Transferencia de Tecnología, en la categoría Grupo de Trabajo, por la vinculación con empresas bajo su dirección y el Premio Consagración de la Academia de Ciencias Exactas y Naturales en Ciencias de la Ingeniería.

Por supuesto, las investigaciones de Vázquez no son las únicas que signan la actividad diaria de este instituto, que también cuenta en el equipo de trabajo con la Dra. Teresa Piqué, quien a la fecha se encuentra analizando el comportamiento de

aditivos poliméricos y nanopartículas para su uso en hormigón y morteros de cemento Portland, la carbonatación de cemento y cemento aditivado con polímero y nanopartículas para el secuestro y almacenamiento de CO₂, materiales de base cementicia para aislación térmica de edificios y en concreto polimérico. Por otro lado, y dentro del mismo ITPN, el Dr. Leonel Chiacciarrelli está abocado a investigar espumas rígidas a partir de recursos renovables y espumas modificadas con nanopartículas para aplicaciones de alto impacto y estructuras sándwich. Su trabajo científico se complementa con el desarrollo de sistemas poliuretánicos aptos para la inyección (RIM) de materiales compuestos para aplicaciones de alto volumen.

Cuando se le pregunta a Vázquez sobre las aplicaciones que suelen mostrar estas investigaciones en el ámbito de la construcción, indica que se trata de un tema relativamente nuevo en el mundo y en especial en Argentina, ya que no existen grupos trabajando en polímeros y nanotecnología en la industria de la construcción. “Uno de los usos tradicionales de los polímeros es como superplastificante para disminuir la viscosidad y mejorar la trabajabilidad. También se usan los biopolímeros para diseñar nuevas mezclas denominadas *bioadmixtures* que incluyen carbohidratos modificados químicamente. Las nanopartículas que estamos usando son la nanocelulosa para aumentar la viscosidad e inhibir las fisuras de cemento sometido a altas temperaturas, nanotubos de carbono para aumentar la conductividad del cemento y nanoarcillas para modificar polímeros y controlar la hidratación. Hemos también trabajado en el tema de autoreparación de cementos mediante fibras de vidrio huecas que contienen polímeros que al romperse las fibras sellan las fisuras. En el caso de las espumas, de particular importancia son las espumas rígidas de poliuretano. En la Argentina, desde hace varios años, empresas pymes están trabajando fuertemente en esta área. Tenemos una cadena de valor que debería potenciarse con investigaciones aplicadas. La metodología de construcción basada en estructuras ‘prefabricadas’ o ‘premoldeadas’ permite industrializar el proceso de construcción, evitando que parte de las estructuras (paneles) se fabriquen en obra. Las ventajas de esta metodología radica en la aceleración del proceso de fabricación, el aumento de la calidad de esta y, lo más relevante, el elevado nivel de eficiencia energética de aquellas tecnologías. Desde este punto de vista, una espuma

“Entre los aspectos positivos es que podemos llevar los conocimientos adquiridos a la sociedad, devolviéndole lo que la sociedad hizo por nuestra formación”.

de poliuretano de un espesor de 50 mm equivale a un ladrillo hueco con espesor 1720 mm. En el ITPN se están desarrollando espumas poliuretánicas nanoestructuradas que permiten aumentar las propiedades mecánicas específicas y retener las propiedades aislantes por mucho más tiempo”, explica Vázquez.

En lo que respecta a los casos más emblemáticos o de mayor impacto en lo que hace a transferencia de conocimiento desde el grupo, la Dra. Inga. Vázquez cuenta que la creación de una empresa de base tecnológica mediante un proyecto subsidiado por el MINCYT para la fabricación de nanocelulosa es uno de los proyectos emblemáticos del instituto. “Trabajamos interdisciplinariamente varios grupos del ITPN junto con una empresa, West Lubricantes, para crear esta nueva firma. En este proyecto venimos trabajando desde hace casi cuatro años. La situación actual es que ya montamos la planta piloto en el parque industrial La Cantábrica y estamos en la tarea de desarrollar clientes pues esto es un nanoinsumo. Uno de los primeros productos para lanzar será una grasa lubricante ‘verde’, que guarda aplicaciones en construcción, en petróleo, medicina, cosmética, electrónica y papel”.

Vázquez aprovecha el contacto con .ing para contar otros proyectos de envergadura para el ITPN, como el que encabeza la Dra. Piqué junto con un estudiante de Ingeniería Civil, Federico Giurich, quienes han diseñado un prototipo de panel liviano prefabricado para construcción en seco hecho a base de nanocemento y fabricado con materiales nacionales para la empresa Ultragroup. El proyecto se financió gracias al apoyo de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN).

En la misma línea, el Dr. Ing. Chiacchiarelli ha diseñado y fabricado un equipo para mezclar nanopartículas en grandes volúmenes. Ha desarrollado espumas poliuretánicas aislantes modificándolas con nanopartículas, tras lo cual obtuvo elevadas propiedades específicas así como de aislación térmica. “Ambas actividades se realizaron en colaboración con empresas pymes, como Kohlenia por ejemplo, y con la Fundación Argentina de Nanotecnología. Se trabajó también en la optimización del diseño y el procesamiento en la fabricación de cascos de polo, donde se obtuvieron aumentos significativos de productividad y mejores propiedades frente al impacto”, explica esta científica de la UBA.

El equipo de trabajo del ITPN se financia por subsidios UBA, CONICET, FONCYT, FONARSEC,



Espuma de poliuretano a partir de aceite de soja.



Panel sandwich con núcleo de poliuretano nanoestructurado con celulosa bacteriana.



Cascos de polo de fibra de carbono con matrices nanoestructuradas.

FONTAR, FAN y trabajos con empresas privadas. El perfil del instituto es multidisciplinario. Por eso, la colaboración entre los grupos surge a partir del tópico para desarrollar. “El grupo de Polímeros para Construcción y Petróleo, sólo lo integramos cuatro investigadores, dos alumnos doctorales; cuatro alumnos de grado y técnicos, estudiantes de ingeniería y profesionales del CONICET. Pero el número aumenta según la temática para desarrollar. No es un grupo cerrado sino que hay interrelación entre grupos del instituto. Así, en la creación de empresas de base tecnológica estamos trabajando con

el grupo de Biotecnología y Biosíntesis, dirigido por la Dra. Inga. María Laura Foresti y la Dra. Inga. Patricia Cerrutti, dentro de ese grupo trabaja la Dra. Victoria Fernández Corujo, profesional de CONICET. También en el tema de secuestro y almacenamiento de CO₂ trabajamos con el Dr. Ing. Diego Manzanal, que pertenece al Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería”.

En otro tramo de la charla con Vázquez, surge la vinculación entre universidad y sector privado. Afirma la entrevistada que este eje hace a uno de los cimientos de la creación del ITPN: “Por eso hemos incentivado esta relación desde la dirección a todos los grupos. Por este vínculo es que hemos sido evaluados en 2016 por el CONICET como el instituto de mayor innovación entre los institutos de materiales del país. También se ha obtenido el Premio Balseiro 2017 a la Transferencia de Tecnología para el grupo y también el premio al Investigador Joven al Dr. Leonel Chiacchiarelli. Por lo tanto, el vínculo entre la universidad y el sector privado para nosotros es una realidad”, y agrega: “Uno de los aspectos po-

sitivos es que podemos llevar los conocimientos adquiridos a la sociedad, devolviéndole a la ciudadanía lo que hizo por nuestra formación”. También podemos destacar que la relación nos permite diseñar proyectos de investigación en temáticas que pueden ser transferidos en el futuro a las empresas, o sea prepararnos y tener los conocimientos que pueden resolver un problema tecnológico. Siempre teniendo en cuenta que una buena transferencia al sector productivo va a estar basada en un buen conjunto de conocimientos básicos”.

Consultada sobre los aspectos críticos o mejorables, la directora del ITPN sugiere que desde el punto de vista del sistema científico, el mejoramiento de la infraestructura, por un lado, y de la cantidad de recursos humanos y equipamiento, por otro lado, deberían ser prioridad. “En cuanto a la infraestructura, nos fueron aprobados en el MINCYT dos proyectos: uno, para un edificio, por un monto de 20 millones de pesos, aunque luego de tres años aún no fue financiado; otro, es el equipamiento para fabricación de prototipos

Por qué impactaron los nanomateriales en la industria de la construcción

Los nanomateriales, dado su tamaño nanométrico (10-9 m), guardan una fuerte relación superficie/volumen. Esto ha implicado que aumentara la reactividad de la partícula debido a la gran área de contacto con el medio que la contiene. En las nanopartículas utilizadas en cemento se encontró, por ejemplo, que la nanoslice y el nanohierro producen un aumento cercano al 60 por ciento en la resistencia a la compresión y con porcentajes pequeños del orden del cinco por ciento en peso respecto del cemento.



La Dra. Inga. Analía Vázquez (centro) y los miembros del ITPN.

en planta piloto por un monto de \$8,5 millones, que también está aprobado hace un año y medio, pero sin realizarse hasta el momento la licitación. Este problema edilicio es un problema general de la FIUBA ya que no es fácil trabajar en varias sedes, divididos en varios edificios de la ciudad. La colaboración intrafacultad es difícil. Este problema ha sido tomado como uno de los nudos para resolver por las autoridades y nos alegra que sea así", dice.

"Y dado que el tema de transferencia es nuevo, también existe poca experiencia y pocos recursos humanos especializados en el tema, en las universidades y en el CONICET, el trabajo de presentar una patente, y aun de convenios con empresas, consume mucho tiempo por parte de los investigadores. Además, en el sistema científico no se evalúa todavía cómo se deberían implementar y articular las acciones de transferencia, aunque hay acciones tales como cursos que se imparten sobre patentes e innovación, que permiten percibir la importancia que se le está dando al tema, en lo que podríamos llamar la agenda científica", enumera Vázquez, a modo de síntesis.



Probetas de hormigón con EPS: material de relleno liviano para paneles aislantes prefabricados.



Viscosímetro tipo Brookfield acoplado a un software diseñado para estudiar la reología de lechadas de cemento para petróleo.



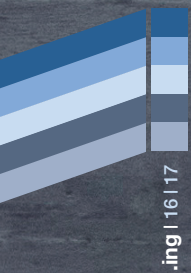
**FACULTAD
DE INGENIERIA**
Universidad de Buenos Aires

ENTERATE DE LAS ÚLTIMAS
NOVEDADES DE LA FIUBA
EN NUESTRAS REDES SOCIALES



www.ingenieria.uba.ar





EN CONSTRUCCIÓN



En concreto

Entrevista al Dr. Ing. Luis Fernández Luco, quien desde el **Grupo de Materiales Compuestos Granulares** promueve el desarrollo de nuevas tecnologías en comportamiento de hormigones y construcciones sostenibles.

A sí como los morteros y hormigones de cemento portland que constituyen su objeto de estudio, el Grupo de Materiales Compuestos Granulares de la Facultad de Ingeniería de la UBA surge de la vinculación entre elementos singulares: universidad y empresa; investigación aplicada y su consecuente transferencia tecnológica hacia la industria de la construcción.

Los primeros esfuerzos de esta línea de trabajo se remontan a 1995, cuando la economía argentina sufría los embates del efecto tequila y un desempleo que alcanzaba tasas del 18,4 por ciento. En ese contexto, a través de un convenio entre la FIUBA y el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), se creaba el Laboratorio de Investigaciones y Ensayos, que brindaría asistencia técnica, investigación y desarrollo y contribuiría a la formación de alumnos y profesionales hasta su cierre en 2001.

Pese al desenlace provocado por la crisis, la incipiente tradición en el estudio de materiales de esta Casa de Estudios tendría su revancha a los pocos años. En 2009, como resultado del programa RAICES de repatriación de científicos argentinos, el Dr. Ing. Luis Fernández Luco –quien había sido jefe de aquella primera experiencia interrumpida– regresaría de España para sumarse al equipo de investigación del Laboratorio de Materiales y Estructuras de la FIUBA (LAME). El retorno, en consecuencia, sería el impulso para la creación formal del Grupo de Materiales Compuestos Granulares, un ámbito que entre sus áreas de interés tiene ejes temáticos como el diseño por durabilidad, la construcción sostenible y el diseño y control de hormigones especiales.

“Los antecedentes del grupo no son triviales porque sirven para entender su origen y las profundas vinculaciones con la industria, una situación que no es frecuente en otros laboratorios de investigación –explica el Dr. Ing. Fernández Luco, hoy director de dicha área de trabajo y secretario de Investigación y Doctorado de la FIUBA–. Las becas del ICPA para estudiantes permitieron llevar a cabo muchos trabajos importantes con repercusión nacional y soportar acciones de transferencia”.

En ese sentido, uno de los ejemplos paradigmáticos de investigación y desarrollo conjunto con el sector industrial se desprende del diseño de hormigones de retracción compensada a partir de aditivos expansores a base de óxidos de calcio. Como producto directo de este avance, se destacan logros como la primera aplicación mundial de hormigones para pisos industriales con esa tecno-

logía; diversas presentaciones en congresos internacionales; el dictado de un curso de posgrado y complementación con docentes de la facultad en sintonía con profesionales de la industria; y la formación de recursos humanos a través del desarrollo de tesis de grado. Otro de los aportes reconocidos por su transferencia efectiva comprende la investigación en tecnología de alto rendimiento para la ejecución de pavimentos de hormigón, cuyo éxito puede advertirse en casos concretos como la ruta nacional 9 entre Rosario y Córdoba, la ruta provincial 39 en Santa Fe o el aeropuerto de El Calafate, en la provincia de Santa Cruz.

“Es importante destacar que, conscientes del rol de la universidad, se procura capacitar además de transferir una tecnología determinada”, aclara Fernández Luco. Y agrega: “Recientemente, la industria solicitó la participación del Laboratorio de Hormigones de la facultad para el diseño de mezclas y su adecuación a la logística disponible para la reparación del Aeropuerto El Plumerillo, en Mendoza. Lo importante para nosotros es que no sólo fue exitoso el proceso de reconstrucción de parte de la pista y rodajes, sino que la empresa constructora se desempeñó de manera autónoma en la obra siguiente (reparación de la pista en el Aeropuerto de Tucumán), incluso rompiendo el récord sudamericano de rendimiento diario en la ejecución de pavimentos de hormigón con pavimentadoras de alto rendimiento”.

Como contrapartida a su impacto en el terreno de la innovación, las investigaciones en esta especialidad presentan dificultades para su patentamiento, dado que las novedades no intervienen en el desarrollo de materias primas, sino más bien en las aplicaciones y los métodos para poder predecir el comportamiento de los materiales a largo plazo. De todos modos, subraya Fernández Luco, en cooperación con otros sectores se han diseñado equipos de medida que podrían protegerse, aunque no patentarse porque carecen de novedad a nivel mundial. “Es destacable que, progresivamente y gracias a una coordinación entre investigadores, tesis de grado y colaboradores, se incrementa la capacidad de respuesta del Laboratorio de Hormigones, incorporando nuevas técnicas de medida, nuevos procedimientos de ensayo y nuevos equipos, muchos de ellos de fabricación propia”, cuenta.

A propósito del potencial técnico de las investigaciones, para el director del Grupo de Materiales Compuestos Granulares se vislumbra que no existe una acción sistemática y orgánica desde

la facultad para difundir los aportes de los grupos de trabajo en relación a las empresas del Estado o el sector privado. “Se espera que en los próximos años se incentive esta actividad –admite–. Para ello, es importante que se conozca la disponibilidad de equipamiento singular disponible y capacidades específicas, así como participar, como grupo de investigación, en actividades distintas de la publicación en revistas indexadas. En el ámbito de la Ingeniería Civil, suele ser más efectivo adquirir visibilidad a través de reuniones nacionales o regionales (congresos, seminarios, entre otros). Otra circunstancia favorable para mejorar la vinculación universidad-empresa es aprovechar los trabajos de tesis de maestría, usualmente orientados a aplicaciones específicas que podrían resolver las necesidades del medio, con una respuesta más rápida y orientada a la aplicación”.

Del mismo modo, la articulación con otras áreas de conocimiento, tanto puertas adentro de la FIUBA como a nivel nacional o internacional, suele encontrar dificultades en su progreso, aunque en el marco de algunos proyectos se pueden apreciar ciertos puntos de contacto con laboratorios afines a las ciencias básicas. Un caso palpable se evidencia a partir de la presentación conjunta con el Grupo de Láser, Óptica de Materiales y Aplicaciones Electromagnéticas (GLOmAe) a un proyecto UBACYT bajo la temática de eficiencia energética. El objetivo central de la propuesta se basaba en la valoración de la factibilidad de determinar la propiedades térmicas de materiales de construcción mediante métodos no destructivos basados en la medida de propiedades ópticas del aire en contacto con los materiales evaluados. Asociada con esta iniciativa, se presentó una tesis de grado de Ingeniería Civil y se expusieron diversas presentaciones en congresos internacionales. Según destaca el también secretario de Investigación y Doctorado de la FIUBA, esta filosofía de trabajo se mantiene en la actualidad como consecuencia de la producción de tesis de grado que requieren el aporte de disciplinas relacionadas con el ciclo básico. “Podríamos citar también la interacción con otra área del conocimiento para el diseño y construcción de equipos de medida. Alumnos de Ingeniería Electrónica, guiados por investigadores del grupo y con el asesoramiento de docentes de Electrónica, desarrollaron un resistímetro de cuatro puntas para hormigón. Se trata de un equipo de medida que no se fabrica en el país y que podría producirse sin dificultad”, puntualiza Fernández Luco.

El grupo de Materiales Compuestos Granulares, junto con el Laboratorio de Hormigones, intervienen en

“Es importante destacar que, conscientes del rol de la universidad, se procura capacitar además de transferir una tecnología determinada”.

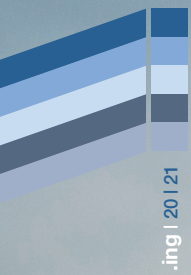


Dr. Fernández Luco

las actividades de I+D+i relacionadas con hormigones y morteros en integran, junto a otros laboratorios, el Laboratorio de Materiales y Estructuras.

Cuentan con financiamiento propio, obtenido a través de proyectos de asistencia técnica, desarrollos, transferencia y servicios, así como los aportes de los sistemas de financiamiento estatal (PICT, PDTs, UBACYT, etc.)

Además de su director, el equipo de trabajo reúne a profesionales de vasta trayectoria en ciencia y tecnología de Hormigones, como el Ing. Humberto Balzamo, en suelos y técnicas de petrografía óptica para la caracterización de hormigones, la Dra. Victoria Altinier y profesionales jóvenes con fuerte formación en el cemento y sus aplicaciones, como el Ing. Tomás Dobel. Muchos alumnos interesados en realizar sus tesis de graduación en dicha especialidad de la ingeniería participan en las actividades del grupo y sin excepción, sus trabajos culminan en presentaciones en reuniones técnicas específicas o congresos nacionales o internacionales. En síntesis, el estudio de este tipo de nuevos materiales es otro aporte más de la FIUBA en el desarrollo de un nuevo concepto dentro de la ingeniería civil. ■



.ing | 20 | 21

EN CONSTRUCCIÓN



Así en la tierra como en el cielo

Diálogo con el Dr. Ing. Ezequiel Pallejá, titular del **Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas de la FIUBA**, un espacio de trabajo científico de la sede de Av. Las Heras, en el que las ondas gravitacionales, la corteza terrestre y los océanos se miran con la misma lupa.

Son varias las líneas de investigación que se llevan a cabo desde la FIUBA en lo que hace al análisis de este globo que habitamos y que conocemos como planeta Tierra. A saber: el “clima espacial”, que consiste en realizar estudios estadísticos y analíticos de fenómenos ligados a la actividad solar, para identificar y reducir las incertidumbres asociadas a su influencia en la dinámica de la Tierra, en sitios distribuidos en el globo, de forma tal de poder caracterizar, para cada variable, diferentes regiones de incidencia.

El análisis de la relación entre las anomalías de profundidad y las gravimétricas es otro área de trabajo y de gran interés para la defensa nacional por tratarse de una región poco explorada y que muestra un importante potencial, sobre todo al estar enmarcado en lo que se conoce como proyecto “Pampa Azul”. Actualmente, buques oceanográficos han intensificado la exploración de la zona.

Desde Ingeniería de la UBA, también se está desarrollando una tesis doctoral en la determinación del límite entre cortezas, continental y oceánica,

a partir de métodos gravimétricos, magnéticos y sísmicos. El aporte de esta tesis es, fundamentalmente, el desarrollo de una metodología para la determinación de bordes corticales inaccesibles, tal como sucede en la Antártida dadas las barreras de hielo.

El desarrollo de un modelo de la influencia gravimétrica de la onda de tormenta en el Río de la Plata es otro de los emprendimientos científicos que tienen a la FIUBA como escenario de trabajo; este modelo permitirá extraer esta influencia de las mediciones de gravedad de alta precisión en el recientemente instalado Observatorio Argentino-Alemán de geodesia, que depende del CONICET y el BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, esto es: la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia de Alemania).

En paralelo, se está desarrollando una metodología y un prototipo de medición de marea a partir de receptores GPS de bajo costo, usando la técnica de interferometría pasiva. Y otra tesis doctoral; en este caso, sobre la deformación de la corteza

Página anterior:
Estación fija GNSS
en la terraza de la
Facultad de Ingeniería,
sede Las Heras.

terrestre a partir de mediciones GPS, incluyendo la sistematización del procesamiento de datos GPS a partir de una base de datos geoespacial, que simplificará el procesamiento para el usuario final.

Además, conjuntamente con el Servicio de Hidrografía Naval, dependiente del Ministerio de Defensa de la Nación, se está implementando el modelo hidrodinámico 3D ADCIRC (Advanced Circulation) para obtener amplitudes y fases de la marea astronómica en la plataforma continental y costas argentinas. Los resultados obtenidos, sumados a las amplitudes y fases encontradas por altimetría satelital, se utilizarán para obtener un modelo empírico de marea astronómica.

Cada una de estas acciones se impulsan desde el Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, originalmente denominado “Instituto de Geodesia”, que fue creado el 19 de diciembre de 1951 en la entonces Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y que luego pasó a la Facultad de Ingeniería en junio de 1953. Esto significa más de 65 años de actividad ininterrumpida. Su fundador y primer director fue el Ing. Eduardo Esteban Baglietto (ver recuadro). Su actual director es el Dr. Ing. Ezequiel Pallejá, quien recibió a .ing para detallar y transmitir algunas de las aplicaciones de este tipo de estudios.

Históricamente, este instituto –ubicado en el tercer piso del edificio de Av. Las Heras 2214– ha mantenido fluidas y fructíferas relaciones con las universidades públicas y con los organismos oficiales que tienen incumbencias en sus especialidades. “Por ejemplo, el Instituto Geográfico Nacional, el Servicio de Hidrografía Naval, Vialidad Nacional, YPF. Las colaboraciones se relacionan con aspectos como la precisión de redes geodésicas, los sistemas geodésicos de referencia, el sistema de alturas geoidales, el desarrollo de campañas geodésicas y gravimétricas, la medición y el análisis

de mareas y la medición de deformaciones de equipos de generación eléctrica. También en proyectos de ingeniería naval”, explica el Dr. Ing. Pallejá. Y agrega sin dar tiempo a la pregunta: “Por supuesto, la que ha tenido mayor repercusión es en la que interactuó con la Comisión Nacional del Límite Exterior de la Plataforma Continental (COPLA)”.

Este instituto y la COPLA celebraron un convenio para estudiar aspectos geodésicos y geofísicos relacionados con los límites de nuestra plataforma. Once ingenieros geodestas-geofísicos formados en la Escuela de Graduados, en ese entonces dependiente del Instituto, tuvieron una activa participación que derivó, para varios de ellos, en la recepción del premio Sarmiento del Senado Argentino. “Miembros y exmiembros de este instituto formaron parte de la subcomisión técnica dedicada a las tareas de ocupar y medir las coordenadas geodésicas de los puntos fijos ubicados a lo largo del extenso litoral marítimo argentino, a partir de los cuales se miden la anchura del mar territorial, así como a analizar registros geofísicos de sísmica de reflexión multicanal y de refracción, gravedad-magnetismo, incluyendo: adquisición de los datos (más de 7000 kilómetros de líneas sísmicas, batimetría, gravedad y magnetismo), control de calidad, procesamiento (más de 14 000 km de líneas sísmicas) edición y, finalmente, la interpretación y correlación de los diferentes tipos de datos con la información geológica, y, lo más importante, la aplicación directa a la demarcación del límite exterior de la plataforma continental argentina, según el artículo 76 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR)”, señala el entrevistado con dosis precisas de entusiasmo y orgullo, subrayando que la intervención del Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas en el trabajo de COPLA fue múltiple en lo que respecta a sus aportes en el estudio

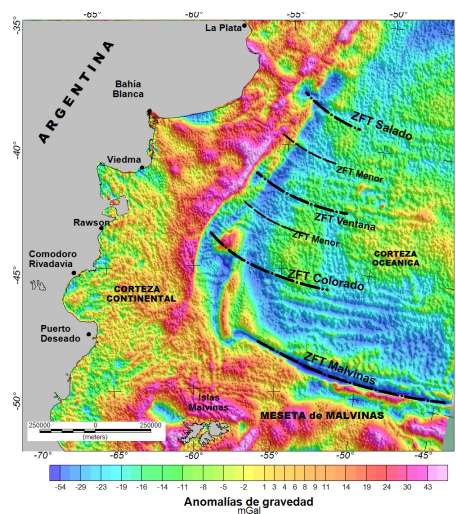


Equipo GNSS para RTK de última generación.

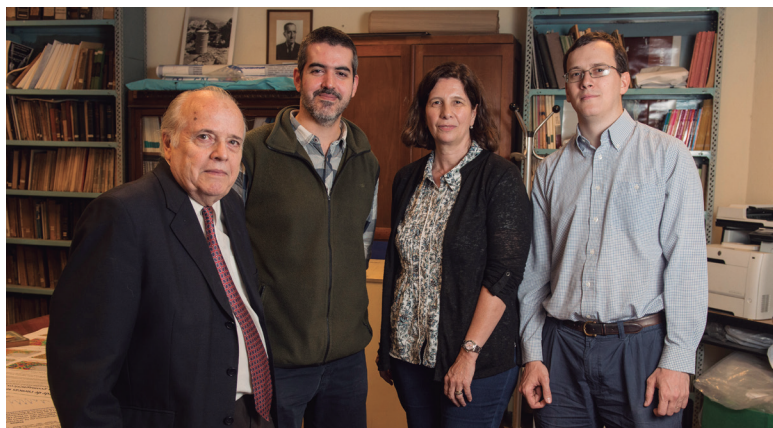
de las características fractales del fondo marino, especialidad en la que este espacio científico de la FIUBA fue pionero en la toda la Argentina. Sobre este “descubrimiento” que amplió nuestras fronteras, cuenta Pallejá, desde su oficina en la sede de Av. Las Heras 2214, que ya se aprobó la extensión del Límite Exterior de la Plataforma Continental Argentina por las Naciones Unidas. “Según nuestra excanciller, Susana Malcorra, es una ocasión histórica para la República Argentina ya que hemos dado un gran paso en la demarcación del límite exterior de nuestra plataforma continental: el límite más extenso de la Argentina y nuestra frontera con la humanidad. De esta manera se reafirman nuestros derechos de soberanía sobre los recursos de nuestra plataforma continental: minerales, hidrocarburos y especies sedentarias. La Comisión del Límite Exterior de la Plataforma Continental, órgano científico integrado por veintiún expertos internacionales de reconocido prestigio, creado por la Convención de Naciones Unidas sobre Derecho del Mar, adoptó por consenso, es decir sin un solo voto en contra, las Recomendaciones sobre la presentación argentina. Han reconocido el caso argentino como un *leading case*”. Vale señalar que la superficie comprendida en la demarcación presentada, entre las 200 millas marinas y el límite exterior, es de aproximadamente 1 700 000 km², es decir equivalente a cerca del 48% del territorio emergido de la República Argentina que se suman a los aproximadamente 4800 000 km² comprendidos entre las líneas de base y las 200 millas marinas.

A la hora de especificar quiénes forman parte del instituto, el Dr. Ing. Pallejá indica que el *staff* está compuesto por doctores en ingeniería, ingenieros geodestas geofísicos, una licenciada en oceanografía, un ingeniero agrimensor becario doctoral Peruih y un agrimensor. “Además –dice– los estudiantes de la carrera de Ingeniería Geodesta-

Geofísica participan todo el tiempo en campañas geodésicas y geofísicas. Nuestros investigadores son docentes de esta carrera y también del departamento de Agrimensura. Además, dirigen las tesis de esta carrera y de grado”. Los actuales integrantes son: Ing. Enrique D’Onofrio, Ing. Alejandra Arecco, Dra. Patricia Larocca, Lic. Mónica Fiore, Ing. Fernando Oreiro, Ing. Javier Clavijo, Agrim. Gerardo Aira y, en la secretaría, Karina Almada.



Mapa de anomalías de gravedad en la plataforma continental argentina, calculadas a partir de altimetría satelital, versión V23 (Sandwell *et al.*, 2014). Las líneas a trazos son zonas de fracturas de la corteza terrestre (Franke *et al.*, 2007). Se diferencian dos tipos de cortezas, una continental, que comprende la plataforma continental argentina, y otra oceánica, al oriente del mapa. Imagen facilitada por Arecco, M. A.; Ruiz, F.; Pizarro, G.; Giménez, M. E.; Martínez, M.P.; Ramos, V., (2016). Gravimetric determination of the continental-oceanic boundary of the Argentine continental margin (from 36°S to 50°S), *Geophysical Journal International*, 204, pp. 366-385. doi:10.1093/gji/ggv433



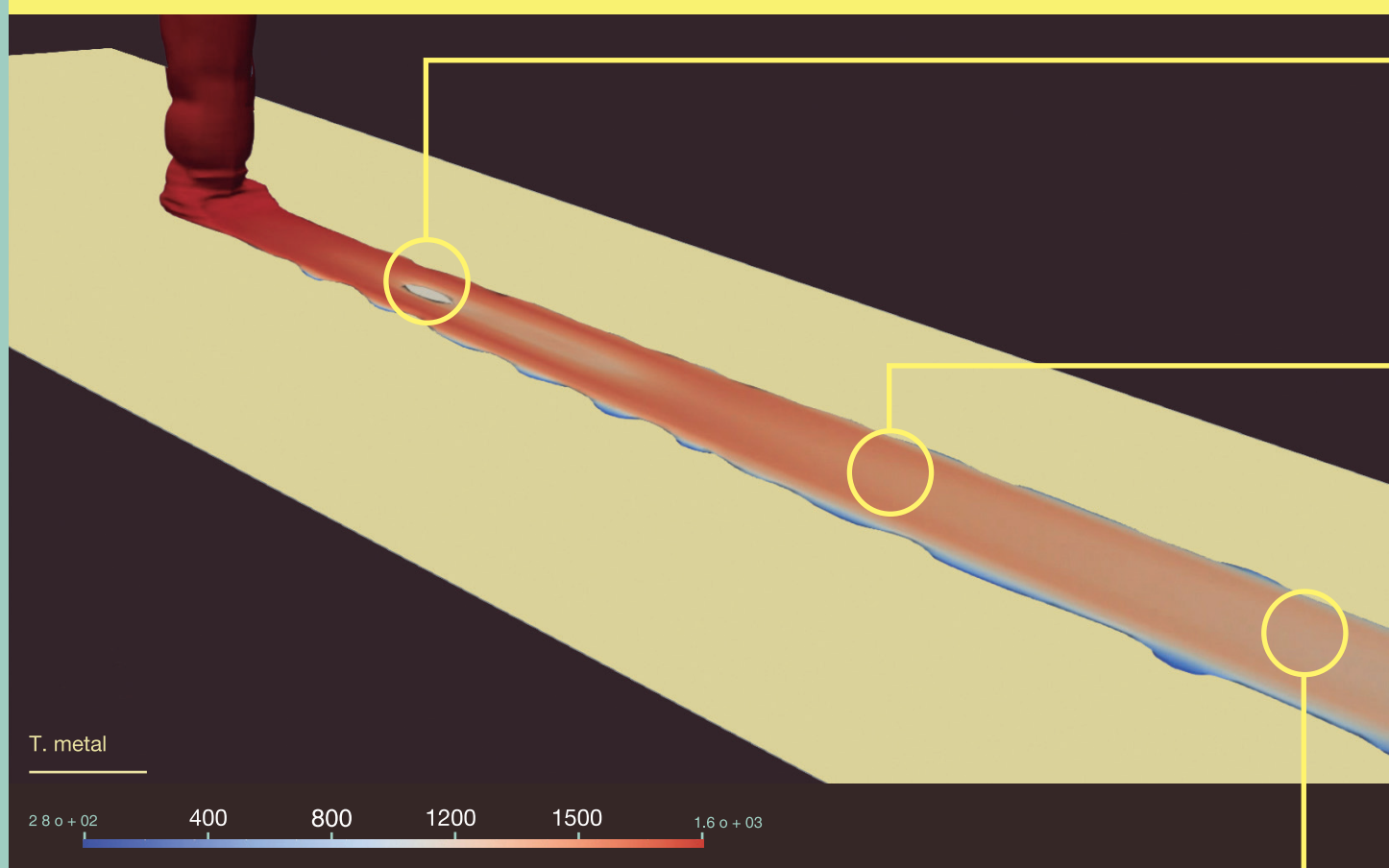
De izquierda a derecha: Dr. Ezequiel Pallejá, Ing. Fernando Oreiro, Dra. Patricia Larocca e Ing. Javier Clavijo, parte del equipo de investigadores del IGGA.

Breve reseña

El **Ing. Eduardo E. Baglieto** fue profesor emérito de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y miembro titular de la Academia Nacional de Ingeniería. Pionero y precursor del avance de la ciencia y tecnología, su pensamiento y acción fueron fundacionales, y han sido la guía de la actividad del Instituto Geodesia y Geofísica Aplicadas hasta la fecha.

Por su parte, el **Dr. Ing. Pallejá** es doctor de la Universidad Politécnica de Valencia, ingeniero geodesta-geofísico y agrimensor de la Universidad de Buenos Aires. Es miembro titular de número de la Academia Nacional de Ingeniería y de la Academia Nacional de Geografía. Es profesor consulto en la Universidad de Buenos Aires, profesor titular en la Escuela Superior Técnica y profesor consulto en la Universidad de Morón. Obtuvo el premio internacional “Samuel Gamble” de Canadá y el premio “Sarmiento” del Senado de la Nación Argentina. Paralelamente a sus tareas científicas, ha desarrollado una actividad musical como pianista de *jazz* tradicional y *ragtime*. Ha sido invitado a tocar a numerosos encuentros internacionales y ha creado y dirigido el Festival Internacional de Ragtime y Early Jazz de Buenos Aires.

Proceso de *Melt Spinning* para obtención de cintas magnéticas de FeSiB



La aplicación de **materiales magnéticos blandos** en la industria eléctrica o electrónica ha aumentado significativamente gracias al **desarrollo de los vidrios metálicos amorfos y/o nanocristalinos**, principalmente mediante el uso de la tecnología del **Melt Spinning**. Esta es una técnica utilizada para el **enfriamiento extremadamente rápido de metales en estado líquido**, y consta de una rueda metálica (representada por la superficie inferior plana en esta foto) que puede ser enfriada internamente con agua y que gira a alta velocidad, y de un delgado *jet* de metal líquido que es lanzado a alta presión y temperatura por sobre la superficie externa de la rueda desde una boquilla que se

encuentra a un determinado *gap* de la misma. El simple contacto con la superficie fría y plana de la rueda **produce un enfriamiento** que causa una **solidificación extremadamente rápida** que genera una **cinta** muy fina, que es la que se observa en la figura. Las tasas de enfriamiento que se pueden alcanzar por esta técnica están entre 10^4 y 10^7 K/s y son las que provocan la **amorfización** de estos materiales, que dependiendo su composición pueden llegar a **nanocristalizar**. Las turbulencias involucradas en este transitorio reportado duran unos milisegundos, tiempo suficiente como para estudiar el proceso con cámaras de alta velocidad en nuestro laboratorio.

01

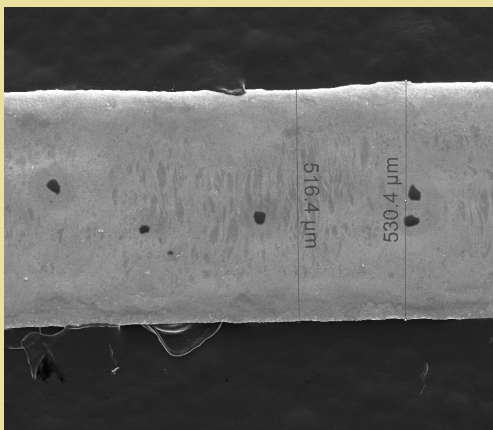
DEFECTOS EN LA SOLIDIFICACIÓN



Sobre todo al principio de la eyección, aparece una formación de un menisco de material que comienza a generar un perfil irregular con cambios en los espesores de la cinta, que se encuentra en estado líquido aún. El contacto de este perfil irregular en espesor hace que el proceso de solidificación comience en la parte más fina, debido a que esta es la que más rápido cambia su temperatura y, por ende, su viscosidad. Este mecanismo hace que se genere un contorno sólido continuo similar al de un hueco, que se propaga en la cinta mientras continúa manteniéndose ese fino espesor. Cuando el espesor se homogeniza, al desaparecer la turbulencia en el menisco, se detiene la propagación del defecto, y la cinta comienza a salir con un espesor constante que depende de la velocidad de rotación de la rueda.

02

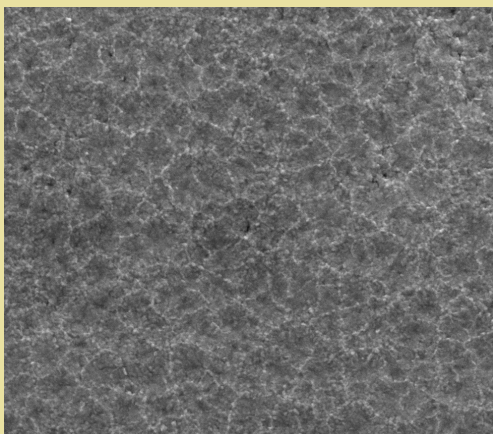
ZONA TRANSICIÓN



En esta zona, que ocurre con un menisco más estable, y posteriormente a las irregularidades, se puede observar un contorno constante de cinta con defectos casi imperceptibles del orden de los 5 μm .

03

ZONA DE ESPESOR HOMOGÉNEO



Una vez concluida la turbulencia en el menisco, luego de los cuales se estabiliza el proceso, desaparecen los defectos dando paso a una cinta continua con propiedades y cualidades listas para su uso específico en dispositivos electrónicos y con cualidades que superan ampliamente los materiales estándares, como su respuesta en frecuencia frente a los campos magnéticos variables.

Algunos cálculos sobre la mecánica del accidente de aviación de Carlos Gardel

Guillermo Artana

Profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica
de la Facultad de Ingeniería de la UBA,
investigador principal del CONICET y director del
Laboratorio de Fluidodinámica de la FIUBA.

El accidente fatal de aviación de Carlos Gardel ocurrió en el aeródromo de la ciudad de Medellín (Colombia) en 1935 y se produjo en el momento del despegue del avión que lo transportaba.

Gardel tenía 48 años y en ese momento su carrera estaba en el apogeo, despertando un fanatismo que trascendió nuestras fronteras.

La conmoción que produjo su muerte ha dado lugar a diferentes teorías acerca de lo ocurrido. Muchas de ellas resultan algo descabelladas. Involucran desde cuestiones relacionadas con un disparo de arma de fuego al interior del avión, que habría terminado con la vida del piloto en pleno decolaje [1], un piloto alcoholizado [2], y hasta un error de cálculo en una arriesgada maniobra de despegue intimidatoria en el medio de una guerra comercial entre compañías aéreas [3-4]. El accidente ha entrado también en la ficción literaria donde Roberto Fontanarrosa ha puesto incluso una nota risueña al tema [5].

El desarrollo de estas teorías tiene, sin embargo, dos elementos comunes. El descrédito de lo actuado por los peritos que elaboraron el dictamen para la justicia colombiana y el cuestiona-

miento de lo actuado por el piloto Ernesto Samper Mendoza, quien en esa época, era una suerte de “Jorge Newbery colombiano”. En principio, este descrédito parecería algo infundado ya que entiendo que no se ha producido ningún estudio técnico que contradiga al dictamen, o al menos desconozco su publicación. Uno de los objetivos de este artículo es acercar un análisis al respecto.

Nos podríamos preguntar, en tanto que ingenieros, cuál es el interés de discutir actualmente este accidente. Sobre todo teniendo en cuenta que este hecho ocurrió hace demasiado tiempo, este tipo de aviones son hoy una pieza de museo y el aeródromo de Medellín es totalmente diferente en la actualidad al de aquella época.

Siendo docentes-investigadores de una Facultad de Ingeniería de una institución pública situada en Buenos Aires, y en términos de la relación de nuestra actividad profesional con cuestiones que interesan o afectan a la sociedad, parecería que la situación es un poco diferente. Nos abarca, en alguna manera, un cierto compromiso con la construcción adecuada

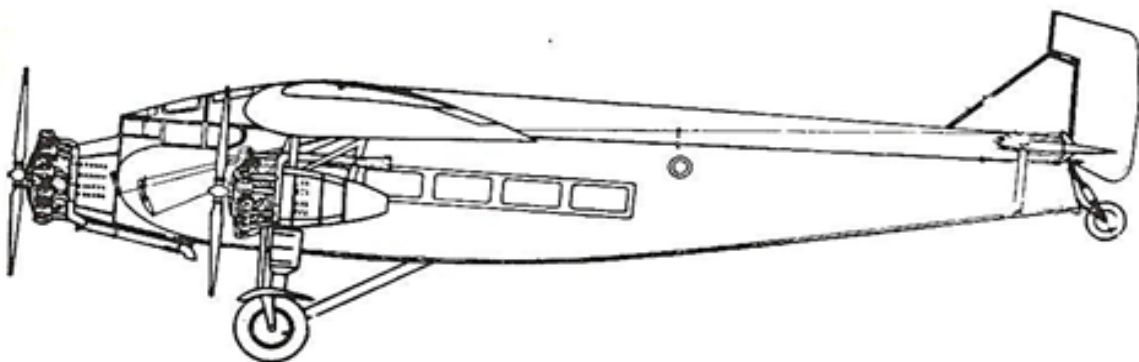
del relato histórico de los aspectos técnicos que provocaron la pérdida de una persona tan querida por los argentinos.

Por ello, entiendo que revisar el dictamen de los peritos colombianos presenta efectivamente actualmente algún interés.

Por otra parte, el análisis que se presenta en este artículo se realiza a partir de una serie de cálculos rápidos basados en conocimientos que se adquieren en los primeros años de ingeniería. Acercar a la comunidad educativa un ejemplo de aplicación sencilla de las leyes de la mecánica clásica a un problema real y de carácter ingenieril, quizás termine teniendo alguna utilidad para la enseñanza de las asignaturas comprendidas.

Fig. 1

Croquis del F31 obtenido de referencia [6].



Trayectoria en el despegue y causas de las anomalías según el informe pericial de la justicia colombiana

Los aspectos coincidentes entre los peritos oficiales y los de una de las partes involucradas (la compañía SCADTA) se pueden resumir de la siguiente manera: el avión que transportaba a Carlos Gardel, un Ford Trimotor F31 (modelo 5-AT-B) de la compañía SACO (ver figura 1); intenta realizar el despegue desde una pista con dirección aproximada sur-norte y con una brisa en la cola, de dirección sud-sudoeste, de poca intensidad. El piloto habría escogido realizar el despegue de esta forma porque la pista presentaba una pendiente favorable al hacerlo en ese sentido (despegar con viento de cola, está fuertemente desaconsejado). Inicialmente realiza una carrera sobre la pista del aeropuerto de Medellín de aproximadamente 350 m.

Luego de este recorrido, se desvía bruscamente hacia su derecha, describiendo una trayectoria de gran radio de giro, en la que recorre una distancia cercana a los 300 m, mientras se aleja del eje de la pista unos 90 m, aproximadamente.

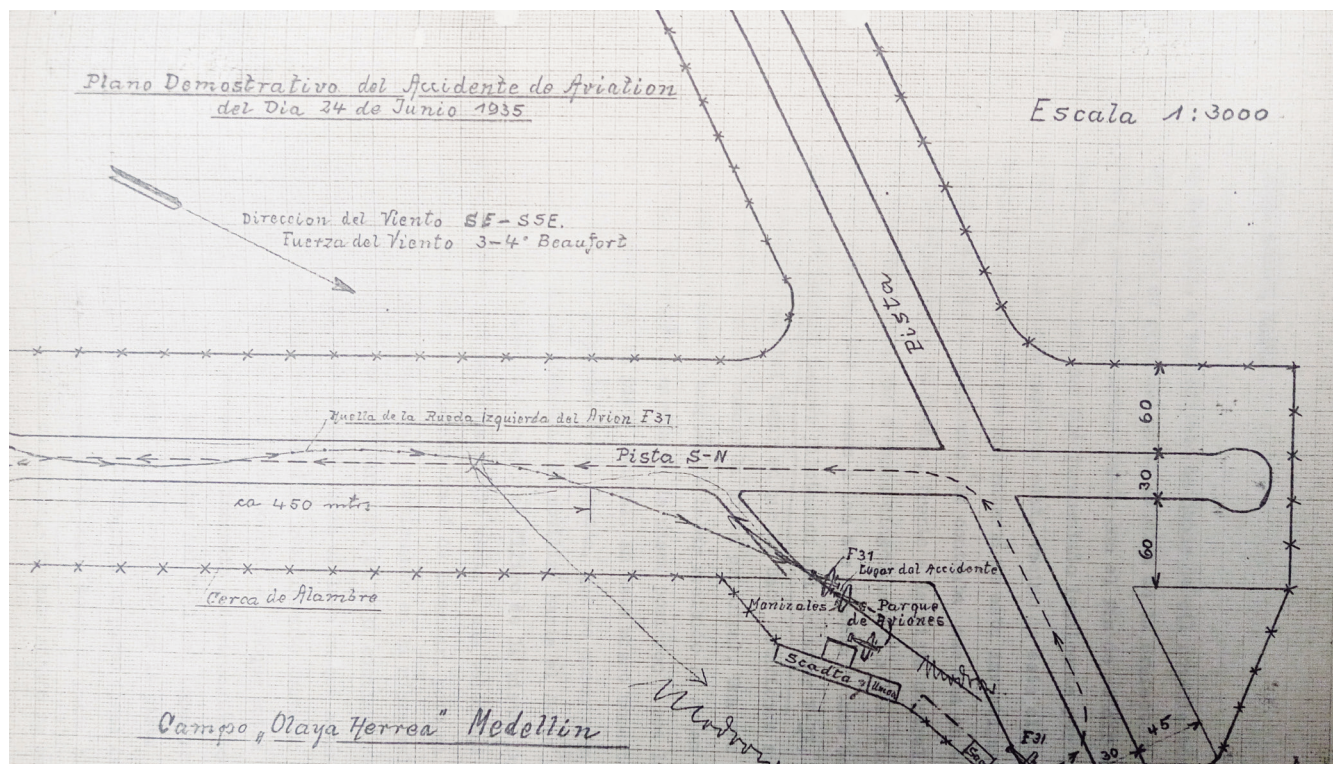


Fig. 2

Croquis del accidente según la compañía SCADTA [7].

En ese trayecto curvo final, el avión se inclina y logra levantar la rueda derecha del tren de aterrizaje, pero mantiene la rueda izquierda aún en contacto con el piso. Luego logra levantar vuelo, pero a una distancia muy próxima, cercana a 70 m, de otro avión perteneciente a la compañía SCADTA. Este segundo avión (que había sido bautizado Manizales) se encontraba estacionado esperando el momento en que se liberase la pista para proceder a su despegue. El F31 no pudo sortear por lo alto a ese avión (sólo se habría elevado, con respecto al piso, una distancia ligeramente inferior al metro) y lo termina impactando. Producto del accidente fallecen la mayoría de los pasajeros y la casi totalidad de la tripulación de ambos aviones (en total 16 personas). Sobreviven un mecánico de a bordo del F31 y tres miembros de la comitiva de Gardel (uno de ellos fallece unos días después, producto de las heridas).

Los peritos que actuaron en la justicia colombiana (Cap. aviador Méndez Calvo, Ing. Luis Gómez Grajales y Leopoldo Monroy) en su dictamen informan que las causas del accidente se deben a "...deficiencias permanentes del aeródromo Olaya Herrera de Medellín" y a "una súbita corriente de aire... que duró unos diez segundos antes de ocurrir el choque, con una intensidad de 6-7 Beaufort y de dirección suroeste".

El primer aspecto hace referencia a las condiciones precarias del aeródromo (ausencia de organización, reglamentos, señalamiento, etc.), y si bien pudo haber influido en el desenlace, no resulta la causa principal ya que en el mismo día habían operado otros tres aviones en ese aeródromo.

Los peritos detallan en su informe que el movimiento del avión hacia afuera de la pista fue de deriva. Entienden por deriva a "un movimiento del avión en que su eje longitudinal permanece en todas las posiciones paralelo a su dirección inicial" (el eje de la pista).

Sus afirmaciones se apoyan esencialmente en la medición de la distancia entre huellas del tren delantero del avión. La determinación de estas huellas fue realizada inmediatamente luego del accidente por los peritos del municipio de Medellín (Ings. Francisco Rodríguez Moya, Nefatalí Sierra y Epifanio Montoya).

En la zona donde se produce el inicio del desvío de la trayectoria, la separación de las huellas registrada habría sido de 5,45 m. En circunstancias normales, la separación entre ruedas debía ser de 5,67 m. Por ello, los peritos judiciales concluyeron que el eje de las ruedas no resultaba perpendicular a las huellas, sino que formaba un ángulo con respecto a esa traza. El avión habría tenido

en ese trayecto, entonces, un deslizamiento lateral con respecto al suelo, es decir las ruedas irían prácticamente patinando.

Es por esta separación que infieren la orientación del eje longitudinal del avión (perpendicular al eje de las ruedas y comprendido en el plano de simetría). Aseguran que este eje se mantuvo siempre paralelo al eje longitudinal de la pista incluso hasta 110 m antes del choque.

En el punto (110 m antes del choque), señalan que se observa una reorientación del avión que pasa a formar, con respecto al eje de la pista, un ángulo de $2^{\circ} 30''$. Este ángulo aumenta progresivamente hasta llegar a 11° en el momento en que se produce el despegue del avión del suelo. Los motivos que dan origen a la deriva la vinculan a la existencia de una fuerte ráfaga de viento. Asumen que esta tomó lugar en un momento de la carrera en que el avión había alcanzado una velocidad que le permitía lograr una fuerza vertical de sustentación tal, que la fuerza de fricción de las ruedas con el piso se encontraba muy menguada. En esa circunstancia, el avión, a pesar de estar fuertemente cargado, resultaba más propenso a tener un desplazamiento lateral si se lo sometiese a una fuerza lateral.

El informe calcula la intensidad del viento lateral que permitiría que el avión comenzara a tener este movimiento de deriva. Parten para ello del largo de la carrera de decolaje hasta el desvío, de la que concluyen que en el inicio del desvío la velocidad debía ser cercana a los 35 m/s. Esto les permitió calcular el valor de la fuerza vertical de sustentación esperable en el punto en que comienza el desvío, valor que estiman de 76 % del peso (suponen para ello un valor del coeficiente de sustentación medio $C_l = 1$).

Tomando luego un coeficiente de rozamiento entre las ruedas y el piso de 0,1, los peritos calcularon la fuerza de fricción que se pudo oponer al desplazamiento lateral en ese punto. El valor de esa fuerza se compensaría exactamente con la que debió ejercer el viento para dar inicio al movimiento de desvío.

Finalmente conocido el valor de la fuerza de fricción, las dimensiones del avión, su orientación respecto del viento, el valor de esta fuerza, y considerando un coeficiente de arrastre medio ($C_d = 1,4$), llegan a una estimación de la velocidad del viento lateral.

A partir de una cierta orientación de la ráfaga (el viento habría sido lateral y de cola), los cálculos los conducen a afirmar que la velocidad del viento que ocasionó la deriva debería haber sido, en escala Beaufort, igual a 6-7 (10-15 m/s).



Fig. 3
Fotografía obtenida
unas horas luego del
accidente.

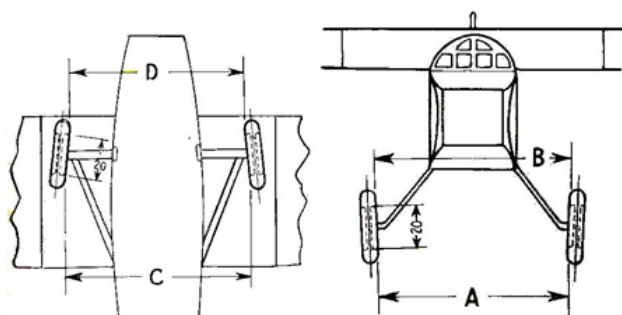


Fig. 4
Croquis del tren de
aterrizaje del F31
obtenidas de la
referencia [6].
De acuerdo al manual
 $C - D = 1''$ en tanto que
 $B - A = 3/4''$. La cifra 20
indica 20°. La fuerza
lateral producida por
el viento (actúa en el
centro de presión de
la superficie) se puede
descomponer en una
componente que actúa
en correspondencia con
el plano que contiene al
eje de las ruedas $F'L$ y
otra en correspondencia
con el timón de cola.
 FR : fuerza de fricción
con que se oponen las
ruedas a $F'L$.

Cuestionamiento al informe pericial

La velocidad de la ráfaga de viento calculada se corresponde, según Beaufort, con una situación en la que un peatón presenta dificultades para mantener abierto un paraguas y le cuesta avanzar frente al viento.

Es llamativo que la foto publicada en los diarios locales, que fue tomada unos instantes después del accidente, no parece indicar la presencia de un fuerte viento (nótese que algunos de los presentes llevan sombreros y no los están sosteniendo con sus manos).

Se podría suponer, sin embargo, que esa ráfaga efectivamente existió circunstancialmente y no se repitió luego. No obstante, antes de asegurar que fue la efectiva causa del accidente, hay algunos elementos adicionales que deberían tenerse en cuenta.

Cuestiones vinculadas al movimiento de deriva

Los peritos concluyen que el movimiento fue de deriva a partir de la separación entre huellas que dejó el avión en su trayectoria. Puede haber un cierto cuestionamiento a la precisión de esta medida, pero aun aceptándola como cierta, en el informe pericial se consideraba que "...el tren de aterrizaje estaba constituido de manera tal que las mantenía -refiriéndose a las ruedas- permanentemente verticales, paralelas y equidistantes". Los gráficos de la figura 4 fueron tomados del manual del constructor del avión donde ilustran el tren de aterrizaje [6]. Estos gráficos indican que los peritos partieron para hacer sus cálculos de un supuesto en este sentido que era falso. Las ruedas no son verticales y paralelas.

Este tren, además, contaba con amortiguadores telescópicos para absorber impactos. En casos de sobrecarga de una de las ruedas, resulta que este elemento podría alterar la distancia entre ambas. Estos elementos cuestionan, en principio, la aseveración de los peritos de que el movimiento fue efectivamente de deriva.

Por otra parte, la zona donde se ubica la resultante de la acción del viento (groseramente en el centro de área del lateral del fuselaje) se debería encontrar, respecto a la posición del eje de las ruedas (donde actuaría la fuerza de fricción con el piso), corrida hacia la cola. A excepción de que se hubiese producido una compensación simultánea y perfecta con el timón de cola, el resultado debería haber sido una tendencia del avión a perder el paralelismo del eje del avión con respecto

al eje de la pista. Esta situación, los peritos judiciales la descartaron para la mayor parte del tramo del desvío. Sin embargo, parecería coincidir en cierta medida con la condición previa al desvío que indicarían los gráficos de los peritos de parte de la compañía SCADTA (ver figura 2).

Cuestiones vinculadas a la trayectoria

La estimación por parte de los peritos oficiales de la fuerza lateral que produjo inicialmente el viento fue de un valor cercano a 1600 N.

El procedimiento de cálculo de fuerzas que pudieron realizar parece bastante cuestionable. Aun aceptándolo, el informe presenta una inconsistencia remarcable: no determina cuál sería el desvío esperable de la trayectoria original que provocaría esta fuerza. Es decir, los peritos no verifican si la fuerza asociada a la ráfaga efectivamente conduce a la posibilidad de impacto con el otro avión.

Escapan de realizar este cálculo argumentando en su informe que les resultaría imposible calcular las fuerzas aerodinámicas luego del desvío. Esto estaría asociado a la imposibilidad que les presentaba conocer en todo instante el ángulo de ataque de las alas o de los timones, así como también la intensidad del viento relativo.

Esta situación, si bien es cierta, no inhabilita intentar determinar una cota. Con ella, sería de esperar que pudiesen establecer cuál podría ser el valor máximo esperado de desplazamiento en la dirección perpendicular a la pista bajo supuestos adoptados.

Dado el valor de la fuerza lateral inicial del viento y asegurando que el movimiento es mayormente de deriva, surge que el valor de esta fuerza no podría haberse visto demasiado modificado a lo largo del desvío. En todo caso, no podría nunca haber aumentado fuertemente su valor si la ráfaga no incrementaba sustancialmente su intensidad.

El cálculo resulta simple ya que durante la deriva, la orientación del avión respecto al viento se mantiene constante. Al producirse este movimiento, la velocidad relativa aire-avión sólo puede disminuir. Esto produciría una disminución de la fuerza lateral (la fuerza de arrastre es proporcional al cuadrado de la velocidad relativa aire-cuerpo y proporcional a la superficie que enfrenta la corriente).

Se debe adicionar a este efecto, el hecho de que el movimiento del avión se vería acompañado por una ligera disminución del coeficiente de arrastre. Esto resulta evidente, considerando una transformación de coordenadas que nos sitúe en un referencial solidario con el avión. Al disminuir la velocidad relativa, se produce un cambio del ángulo

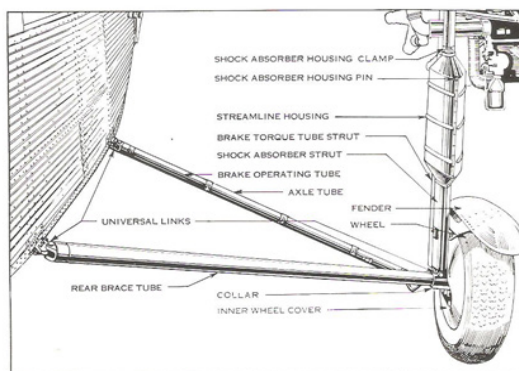


Fig. 5
Amortiguador telescópico del tren de aterrizaje [6].

comprendido entre el eje del avión (supuesto quieto) y la corriente de aire que lo ataca, producto de disminuir una de las componentes del vector velocidad relativa. La disminución del ángulo de ataque de una corriente en cuerpos romos provoca una ligera disminución del coeficiente de arrastre [8], y este sería el caso en cuestión.

Así, suponer en un principio que el valor de esta fuerza es constante, consiste en establecer un valor máximo de esta en el trayecto del desvío.

Aceptando que esta fuerza no varía sustancialmente, la determinación de la trayectoria que hubiera tenido el avión con ese viento es relativamente inmediata.

Con el valor estimado de la fuerza lateral (1600 N) y de la masa del avión cargado (cercana a los 6200 kg de acuerdo al informe), la primera ley de Newton de conservación de la cantidad de movimiento lineal proporciona una aceleración en la dirección, perpendicular a la pista, cercana a $0,25 \text{ m/s}^2$.

Teniendo en cuenta la velocidad que llevaba el avión en la dirección de despegue cuando de inicia el desvío (cercana a 35 m/s) y el tiempo transcurrido desde ese instante hasta el impacto (largamente inferior a los 10 segundos que se indicaba que duró la ráfaga), la distancia máxima a la que podría haberse alejado del eje de la pista, en sentido perpendicular, les hubiese resultado sólo de unos escasos metros, sin siquiera salir de la pista (12,5 m considerando un intervalo de diez segundos). Este es un valor muy lejano de los 90 m que efectivamente se alejó.

Resulta, entonces, poco probable que la sola acción el viento haya provocado el desvío tan marcado que ocurrió y por lo que algunos elementos adicionales deberían entrar en el análisis.

Las maniobras del piloto previas al impacto

No siendo en principio posible el desvío producido sólo por causa del viento, cabe entonces analizar que el piloto haya maniobrado deliberadamente para salir de la pista.

En la zona donde se produjo el desvío de la trayectoria con respecto al eje de la pista y de manera previa al impacto, se señala que hubo un levantamiento de la rueda derecha en una ocasión, hasta que logra elevarse definitivamente. Esto, desgraciadamente, fue de manera insuficiente como para superar por lo alto al otro avión.

La única forma de que ocurra la inclinación señalada del avión es bajo la acción de comandos del piloto sobre las superficies de control de las alas (alerones) como supusieron los peritos. Nótese que el viento lateral hubiese tendido a hundir la rueda derecha y no la izquierda.

Los peritos interpretan que "...la inclinación que tomó el ala derecha en el curso de su deriva fue ocasionada por los esfuerzos del piloto para contrarrestar la fuerza que produjo esa deriva". Esta maniobra del piloto intentaría así, en principio, corregir el rumbo y desacredita, en gran medida, las teorías que indicaban una salida deliberada del piloto de la pista para efectuar un vuelo rasante sobre el avión de la otra compañía aérea.

Antecedentes de fallas del F31 en el despegue

La maniobra de las superficies de control de las alas (alerón) señalada en el párrafo anterior, y eventualmente de la cola (timón), se puede realizar para procurar un giro en sentido contrario al que se venía produciendo en el desvío. Sin embargo, también una configuración similar de estas superficies es la recomendada en el vuelo en caso de falla de uno de los motores como indica

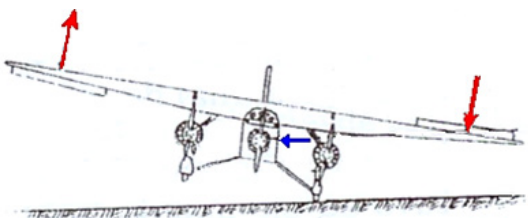


Fig. 6

Fuerza lateral producida por el viento y movimiento de los alerones para levantar la rueda derecha.

la figura 7. Esta configuración se corresponde con la situación conocida como EFATO (*Engine Failure After Take Off*) y es la recomendada por distintas asociaciones de aviación.

El avión F31 era un avión con tres motores iguales. Uno central y dos sostenidos desde las alas en correspondencia aproximada con las ruedas del tren de aterrizaje.

Es interesante entonces preguntarse si hay antecedentes de falla de uno de los motores en el momento del despegue para este tipo de aviones.

En el libro de revisión histórica de la aviación publicado por la NASA [9], se menciona en su capítulo 9: "El Ford trimotor estaba especialmente designado para mantener el vuelo frente a la falla de uno de los motores. Sin embargo en condiciones de plena carga en la situación de falla de un motor luego del despegue no podía trepar en altura probablemente por la excesiva fuerza de arrastre provocada por la hélice detenida".

El autor de este texto señala entonces dificultades que se pueden presentar en caso de falla de un motor en situación de despegue. Esta situación quizás se pueda vincular con la escasa altura que trepó el avión en cuestión al momento del impacto.

De manera más llamativa, el manual de instrucciones del F31 [6] indica: "...si en la carrera de despegue se produce el apagado de un motor momentáneo, la única solución segura es apagar los otros dos motores y comenzar nuevamente la maniobra de despegue. Una falla en el motor cuando comience el despegue es altamente probable que produzca peligrosamente un viraje de la nave y dada la baja velocidad los timones no tendrán la capacidad de corregirlo".

Resulta entonces interesante analizar la posibilidad de este tipo de desperfecto y cómo sería la eventual trayectoria en caso de falla del motor derecho.

Cálculos simples para la posible trayectoria del avión en la eventual falla del motor derecho

Nos interesa en este apartado calcular cuál habría sido la trayectoria posible del avión en el caso de que se hubiese producido efectivamente la falla en el motor derecho en el momento del despegue.

El movimiento para el avión puede ser descrito a partir de un movimiento de rotación alrededor del centro de rotación instantáneo (figura 8). También, a partir de un movimiento de traslación del eje entre ruedas y un movimiento de rotación alrededor de un eje vertical pasando por el punto medio del eje entre ruedas.

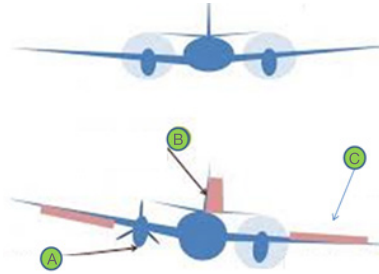


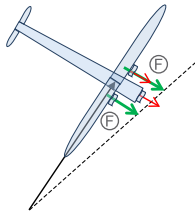
Fig. 7

Recomendaciones de configuración durante el vuelo frente a una falla del motor derecho (A), del timón de cola (B) y de los alerones (C).

La velocidad $\vec{v}_i(\vec{r}_i)$ de cualquier punto a una cierta distancia $\vec{r}_i$ medida desde el eje vertical que pasa por el punto medio entre ruedas (la que vamos a suponer constante, es decir, que el cuerpo es rígido) se puede expresar como la composición de las siguientes velocidades:

$$v_i(\vec{r}_i) = V_0 + \omega \times r_i$$

Donde $\vec{\omega}$ representa la velocidad de giro respecto del eje vertical entre ruedas y $\vec{V}_0$ representa la velocidad de traslación.



La cantidad de movimiento angular del cuerpo se define con:

$$\vec{L}_i = \sum m_i \vec{v}_i(\vec{r}_i) \times \vec{r}_i$$

Donde m_i representa el conjunto de masas del cuerpo del avión y $\vec{v}_i$, las velocidades de esas masas que ocupan la posición $\vec{r}_i$.

El torque ejercido por los motores respecto del eje vertical entre ruedas, como consecuencia de la falla resulta:

$$\vec{T} = \vec{F} \times \frac{a}{2} \vec{e}_z + \vec{T}_r$$

Donde $\vec{F}$ representa el empuje de los motores y $\vec{T}_r$, el torque dado por el conjunto de fuerzas que resisten al movimiento (aerodinámicas, fricción

de ruedas con el piso, etc.). Una cota superior surge de suponer que en una situación de falla del motor, el primer término es dominante frente al resto, y considerando que la potencia de los motores era de 425 HP, y una eficiencia relativamente baja de las hélices (20 %), el torque dado por el empuje del motor izquierdo sería cercano a los 4700 Nm.

Considerando la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento angular y asumiendo que el valor del empuje de los motores que funcionaban no tuvo variaciones a lo largo del tiempo, resulta que el módulo de la velocidad

Fig. 8

Centro de rotación instantáneo para el caso de falla en el motor derecho en la carrera de despegue. Las ruedas, en esa situación, no poseen la misma velocidad. F: empuje de los motores. Los otros vectores (en verde) representan la velocidad de las ruedas y del punto central del eje.

angular $\vec{\omega}$ varía linealmente con el tiempo y la ecuación diferencial de la trayectoria se expresa entonces como:

$$dx = V_0(t) \cos(\beta t^2) dt$$

$$dy = V_0(t) \sin(\beta t^2) dt$$

$$\text{Donde } \beta = \frac{|\vec{T}|}{\sum_i m_i r_i^2} = \frac{|\vec{T}|}{I}$$

Siendo I el momento de inercia del conjunto de masas que estaban en el avión y que suponemos simétricamente distribuidas respecto al plano de simetría del avión. El valor de β bajo los supuestos mencionados es una constante con unidades de $[s^{-2}]$. Considerando la distribución de pesos de la carga del avión reportada por los peritos y el peso de las distintas partes del avión,

surge que un valor de momento de inercia I cercano a 200 000 kg/m² resulta razonable. Por lo que se puede estimar una cota superior para $\beta \sim 0.02 \text{ s}^{-2}$.

Supongamos también que en el lapso que dura la falla del motor no se logra acelerar de manera significativa el avión, es decir $V_0(t) = V = \text{cte}$, en esas condiciones ambas ecuaciones se pueden integrar fácilmente y el sistema de ecuaciones admite una solución dada por:

$$x(t) = \sqrt{\frac{\pi}{2\beta}} V \left(C \sqrt{\frac{2\beta}{\pi}} t \right)$$

$$y(t) = \sqrt{\frac{\pi}{2\beta}} V \left(S \sqrt{\frac{2\beta}{\pi}} t \right)$$

Donde C y S representan las integrales de Fresnel del seno y del coseno. El tiempo obviamente debe ser contado a partir de que se produce la falla del motor. Bajo estos supuestos resulta entonces que el radio del centro instantáneo de rotación se puede expresar como:

$$R(t) = \frac{V_0}{\beta t}$$

Lo que indica que a medida que pasa el tiempo el centro de rotación instantáneo va disminuyendo su valor.

Podemos, entonces, graficar a lo largo del tiempo la trayectoria que seguiría el avión. Considerando $V_0 = 35 \text{ m/s}$, se logra ajustar correctamente los resultados adoptando un parámetro $\beta = 0.007 \text{ s}^{-2}$. Este valor es inferior a la cota superior supuesta pero aún resulta razonable teniendo en cuenta que su valor no tiene en cuenta los posibles torques resistentes que podrían ejercer la hélice que no era accionada y las superficies de control. Por otra parte, la hipótesis $V_0 = \text{cte}$ no es estrictamente cierta ya que finalmente el avión logra levantar vuelo.

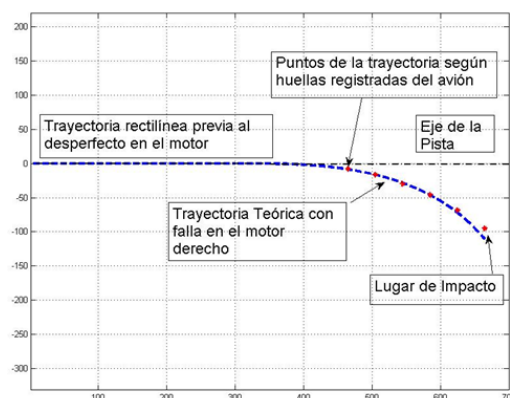


Fig. 9

Trayectoria conforme al sistema de ecuaciones (1) y (2) considerando $V_0=35 \text{ m/s}$ y $\beta=0.007$. Con asteriscos se indican puntos de la trayectoria obtenidos por traza de las huellas relevadas por los peritos del municipio de Medellín.

En la figura 9 se presentan también para su comparación los puntos de la traza de las huellas que fueron relevadas por los peritos municipales y personal de la compañía SCADTA unas horas después del accidente.

A pesar de que las hipótesis adoptadas pueden parecer algo restrictivas para el análisis, la coincidencia, en este caso, es bastante llamativa. Si bien no es un argumento para aseverar de manera categórica la causa del accidente, estos resultados indicarían que el desperfecto planteado es una explicación bastante posible.

Alguno de los lectores podrá preguntarse a esta altura acerca de la posibilidad de repetición de este tipo de accidentes en la actualidad. Los aviones hoy en día están preparados para despegar con la falla de uno de los motores, y los pilotos son entrenados para tal situación. A pesar de ello, y si bien esta posibilidad es muy lejana, el accidente de aviación ocurrido en el aeropuerto de Barajas (España) en el vuelo de Spanair Madrid-Las Palmas en el año 2008 parece haber ocurrido por estos motivos (falla de un motor y ráfaga de viento). Este accidente se cobró más de 150 víctimas. En vista de ello, me parece adecuado sugerir que si los argentinos queremos aplaudir dentro de los aviones, no lo hagamos sólo luego del aterrizaje, sino también luego del decolaje.

Conclusiones

La compañía SACO dio una versión muy diferente de lo ocurrido. Argumentó que el piloto intentó despegar por fuera de la pista, porque esta estaba deteriorada, y que en su trayectoria de despegue apareció de manera repentina el avión

de la compañía SCADTA. Esta versión no coincide con la mayoría de los testimonios, incluso con la de los sobrevivientes del accidente.

Así, en el presente trabajo, se tomaron como base los mismos datos que utilizaron los peritos de la justicia colombiana para elaborar su informe. De significativa importancia, son las supuestas huellas que dejó el avión F31 en su carrera hasta el impacto. Estas huellas fueron obtenidas por peritos del municipio durante la noche inmediata al accidente y durante la mañana siguiente. Asumiendo, como lo han hecho los peritos oficiales de la justicia colombiana, que estas huellas sean las que realmente dejó el avión F31 (los peritos de parte de la compañía SACO las cuestionan), el informe muestra una serie de cálculos con supuestos que llevan a resultados incompatibles con el impacto entre ambos aviones.

Se presentan en este trabajo resultados en el supuesto de falla de uno de los motores en la carrera del despegue. En esas circunstancias, la recomendación de la compañía constructora de los aviones es que el piloto debe apagar los motores (o desacelerarlos), ya que, en caso contrario, el avión produciría virajes difíciles de controlar. Bajo el supuesto de que el piloto no haya realizado esta maniobra, calculamos la posible trayectoria que se muestra bastante coincidente con la traza de las huellas.

Hay algunos elementos adicionales que no han sido tenidos en cuenta en el cálculo, como las posibles maniobras con los timones de cola y alerones que puede maniobrar un piloto para redireccionar al avión. Estas maniobras pueden haber alterado la trayectoria, pero, como ya mencionamos, la efectividad de estos se vuelve reducida cuando las velocidades del avión no son muy elevadas.

Concluir que las causas del accidente son atribuibles a la falla de un motor puede parecer presuntuoso luego del tiempo transcurrido y con los pocos elementos significativos del informe pericial. Sin embargo, surge de este artículo que esta hipótesis es más probable que las causas que señalaron los peritos.

Lo comentado en los párrafos anteriores lleva a un cuestionamiento acerca del accionar de los peritos que elaboraron el dictamen en el que se basó la justicia. La pregunta que surge en estos casos es si fue ignorancia o manipulación.

Una de las posibles causas de manipulación, para el caso que analizamos, tiene que ver con el rol influyente que jugaba en la sociedad colombiana Ernesto Samper Mendoza, el piloto del avión F31. A su funeral concurrió el presidente colombiano

de la época, Dr. Alfonso López, y representantes de distintas asociaciones vinculadas a los sectores aristocráticos de Colombia [3].

El presidente colombiano, en su texto de decreto de honores, diría que Ernesto Samper Mendoza se presenta como "... ejemplo para las nuevas generaciones colombianas, por su dedicación al trabajo, por la energía y seguridad que demostró en todas sus iniciativas, por la tenacidad de su ánimo y por la rectitud de su carácter".

El informe pericial, por otra parte, no se priva de elogios para él y señala "...que demostró capacidad técnica y sangre fría satisfactoria hasta el último momento".

Si la causa del accidente fue, efectivamente, el desperfecto en un motor, probablemente el accidente se hubiese podido evitar si el piloto procedía conforme a lo aconsejado por el constructor. Es difícil concluir aquí por qué no lo hizo.

Este artículo ejemplifica quizás, las dificultades en lograr verdad a partir de la actuación de la justicia en casos de que los hechos conmocionan a la población y en que están comprendidos sectores de poder. Otros ejemplos paradigmáticos de ello son el asesinato de J. F. Kennedy y la causa que está siendo analizada actualmente por la justicia argentina vinculada a la muerte del fiscal Alberto Nisman.

Espero, de todas formas, que este trabajo no contribuya al triunfo del escepticismo y que no se pierda la esperanza de lograr conocer lo que realmente ocurrió tarde o temprano en este tipo de casos. Finalmente, el Equipo Argentino de Antropólogos Forenses o el Banco Nacional de Datos Genéticos dan un cierto aliento con su accionar. Ellos han dado prueba de que el derecho a la verdad en una sociedad como la nuestra es posible.

Referencias

- 1- Barsky, J. y Barsky, O. (2004). *Gardel. La biografía*. Buenos Aires, Argentina: Taurus.
- 2- Umaña Núñez, M. "El doble asesinato de Carlos Gardel". Recuperado de <http://www.grupo346.com.uy/boletin/00220/ eldobleasesinatodecarlosgardel.pdf>
- 3- Zatti, R. y Almada, G. (2007). *El día que perdimos a Gardel*. Buenos Aires, Argentina: Lajouane.
- 4- Zatti, R. (1992). *Gardel, 544 días finales*. Buenos Aires, Argentina: Corregidor.
- 5- Fontanarrosa, R. (2003). "Mi amigo Mickey". En *Usted no me lo va a creer y otros cuentos*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones de la Flor.
- 6- Rice, M. (1973). *Instruction Manual for Ford Trimotor*. Milwaukee, Estados Unidos: Aviation Publications.
- 7- Expediente de la Justicia Colombiana del Accidente de Aviación ocurrido en Medellín el 24 de Junio 1935, una copia se encuentra disponible en la Academia Porteña del Lunfardo.
- 8- Hoerner, S. (1965). *Resistance à l'avancement dans les fluides*. París, Francia: Gauthier-Villars.
- 9- Loftin, L. K. (1985). *Quest for Performance: The Evolution of Modern Aircraft*. Estados Unidos: NASA.



NUESTROS
GRADUADOS



El ingeniero del viento

Entrevista al **Dr. Ing. Erico Spinadel**, docente, investigador y divulgador científico, especializado en materia de energías renovables a nivel mundial.

Erico Spinadel descubrió su pasión por la ingeniería mientras miraba la salida de las locomotoras a vapor en la estación de Südbahnhof, en el sur de Viena. Lo que aquel chico no sospechaba es que su profesión se desarrollaría a casi doce mil kilómetros de distancia, cuando se graduara en la Facultad de Ingeniería de la UBA.

Llegó a la Argentina a los nueve años en 1938, cuando su Austria era sofocada por el Tercer Reich. Terminó la primaria en 1942 y seis años después, a los 19, se egresó de la Escuela Técnica n.º 1 Otto Krause con orientación en Mecánica. A los pocos meses, y sin examen previo por sus buenas notas en la secundaria, comenzó a estudiar en la FIUBA, donde su adaptación a los métodos de evaluación iba a requerir –paradójicamente– la puesta en práctica de toda una ingeniería.

“En la escuela industrial se pensaba en la aplicación profesional del contenido de cada materia, mientras que en la FIUBA se insistía en ejercitar la memoria a la búsqueda de variantes teóricas de los temas. Esto lo aprendí al ser aplazado en Química Inorgánica en primer año: me pidieron todas las series radioactivas con lujo de detalles, mientras yo me conformaba con que al final de cada una de ellas quedaba el mismo esquema. Al repetir el examen en marzo aprobé con ‘sobresaliente’ porque lo preparé acorde a lo que se valoraba. A partir de allí, organicé con mis compañeros un equipo en el cual cada uno de nosotros se comprometía a tomar detallados apuntes de todas las clases teóricas de una de las materias y entregar una copia de cada clase al resto del grupo”, recuerda Spinadel, que hoy tiene 88 años, cuatro hijos y cinco nietos.

**“Cada vez que saben algo,
ese algo ya es obsoleto,
por lo que deben tener
fuerzas para continuar
estudiando durante
toda su vida”**

Presidente de la Asociación Argentina de Energía Eólica (AAEE) y miembro honorario de la World Wind Energy Association (WWEA), este doctor en Ingeniería de la UBA desarrolló tareas de investigación a nivel mundial, escribió cinco textos universitarios y operó por primera vez en la historia un reactor nuclear en el hemisferio sur. De su trayectoria como docente en esta Casa de Estudios, detalla sus inicios como ayudante *ad honorem* en 1951 y los sucesivos concursos que lo llevaron a ocupar, entre otras funciones, la dirección del Departamento de Electrotecnia y el cargo de profesor titular consulto.

Fruto de esa experiencia, Spinadel señala que si bien la incorporación de nuevas tecnologías es importante para la enseñanza de la ingeniería, los alumnos deben recibir una base adecuada de materias culturales para entender que “cada vez que saben algo, ese algo ya es obsoleto, por lo que deben tener fuerzas para continuar estudiando durante toda su vida”.

Probablemente, esa inquietud compartida entre intereses culturales y vocación por la ingeniería resultó determinante para sus búsquedas profesionales. Encantado por las melodías de la armónica y la navegación a vela, Spinadel encontró en la energía eólica una obsesión que lo inspira hasta nuestros días. “Desde que hemos desarrollado y llevado a escala industrial al electrolizador que opera a potencia variable, mi planteo sobre el viento patagónico ‘exportado’ en forma de hidrógeno líquido se ha convertido en realidad”, precisa Spinadel.

Y explica sobre el panorama actual de la matriz energética: “Cuanta más energía eléctrica interviene en un proceso industrial, menor es la demanda total de energía de ese proceso. No hay forma de generar energía eléctrica sin producir un impacto ambiental. No hay forma de eludir el segundo principio de la termodinámica. Ya Ludwig Boltzmann decía que sobreviven las especies que logran que la entropía de su medio crezca de la manera más lenta posible. Salvo en sus etapas de fabricación y de desmontaje, las turbinas eólicas no producen dióxido de carbono. Y la Argentina está privilegiada por el viento. Ergo, si bien todo lo vinculado con la energía es un tema movido por intereses políticos, la utilización de energías primarias de bajo impacto ambiental es un *must* para la Argentina”. ■

ACTORES
DE LA FIUBA

.ing | 38 | 39

Una vida en sede Paseo Colón

Entrevista a Martín Allois, no docente
con más de treinta años de trabajo en la
Facultad de Ingeniería de la UBA.



Hace 31 años que Martín Allois hace el mismo recorrido para ir a trabajar: toma un colectivo hacia la estación de Merlo, el ferrocarril Sarmiento con destino a Once y luego otro colectivo –de la línea 8 o 64– hasta la sede de avenida Paseo Colón al 800. Por más tediosas que resulten, para este trabajador no docente las dos horas y media de viaje ya se han vuelto una costumbre. Al igual que su andar por los pasillos de la Facultad de Ingeniería.

“Yo empecé acá, en Servicios Generales, como ascensorista. Estuve como tres años y después cuando arreglaron los ascensores pasé a Limpieza, donde estoy ahora. Pero en ese tiempo limpiaba los vidrios de las ventanas y sacaba pegamento. Hice toda clase de trabajo: ¡hasta lustrar bronce!”, cuenta Allois, de 57 años y nombre idéntico al de su padre, quien también trabajó en la FIUBA durante más de tres décadas y falleció poco antes de jubilarse.

“En realidad, mi viejo me llevó a trabajar con él a Mantenimiento, pero cuando terminó la vacante me tomaron en Intendencia. Yo quería ir con él, pero por lo menos entré a trabajar. Yo quería trabajar”, recuerda. Allá por octubre de 1986, Martín Allois ya llevaba tres años de matrimonio con su esposa Viviana y era la cabeza de una familia numerosa: tenía tres hijos y uno en camino, que como sugiere el refrán, nacería “con el pan bajo el brazo”.

Oriundo de zona oeste del Gran Buenos Aires, hoy percibe el paso del tiempo en la cotidianeidad de su casa. Vive con su esposa, dos hijos y cuatro de sus nueve nietos, y los fines de semana ayuda a su segundo hijo en la construcción de una vivienda. “A veces tengo que trabajar en casa. Hago trabajos de albañil o pintura, y también por la zona del barrio. Yo todavía no terminé mi casa. Tengo terreno y levantamos una pieza arriba que va a quedar para mi hijo, que está en pareja”, dice.

Al ser consultado por el paso de los años en la Facultad de Ingeniería, Allois admite que no siente muchos cambios en la forma de trabajar, ya que los cambios políticos nunca incidieron en sus tareas y tanto ingenieros como profesores lo saludan correctamente. “Los conozco a todos y sé cómo me manejo. Mi capataz o la intendenta saben que cuando llego ya sé qué tengo que hacer. Igual, si me dicen ‘Andá a limpiar el primer piso’, lo hago”, explica este no docente de la FIUBA, que termina la entrevista con .ing recurriendo a una frase que podría sintetizar su permanente buena predisposición y el cariño hacia sus compañeros de trabajo: “Si necesitan algo más, buscame. Cualquier cosa, preguntás en Intendencia”. ■



FACULTAD
DE INGENIERÍA
Universidad de Buenos Aires

POSGRADOS 2018

Ingeniería
UBA

Por su prestigio internacional, profesionales de todo el mundo eligen a la FIUBA para profundizar y actualizar sus conocimientos en ingeniería.

Inscripción abierta

posgrado@fi.uba.ar

[www.ingenieria.uba.ar / posgrado](http://www.ingenieria.uba.ar/posgrado)



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.

