



VERTIENTES
DEL
CONOCIMIENTO

ISSN 2422-7463
Año 2 | Volumen 2 | Febrero 2015



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional General Pacheco

[autoridades]

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Rector

Ing. Héctor Carlos Brotto

Vicerrector

Ing. Pablo Andrés Rosso



FACULTAD REGIONAL GENERAL PACHECO

Decano

Ing. Eugenio B. Ricciolini

Vicedecano

Ing. José Luis García

Secretario Académico

Ing. José Luis García

Secretario Administrativo

Ing. Juan Carlos Bossetti

Secretario de Ciencia y Tecnología

Dr. Adrian Canzian

Secretaria de Asuntos Estudiantiles

Ing. Natalia Bortolotto

Secretario de Extensión Universitaria

Ing. Oscar Ozuna

Secretario de Planeamiento

Ing. Norberto Heyaca

La investigación en la Ingeniería

La investigación es considerada en el mundo actual, como la herramienta que permitirá a las naciones posicionarse en el futuro con mayores ventajas competitivas y mejorar la situación de los pueblos.

En ingeniería y en la formación de ingenieros es necesario adoptar las investigaciones al desarrollo del país de tal manera que signifiquen un avance en el conocimiento y permitan la aplicación de esos conocimientos produciendo o aportando al desarrollo nacional.

Es importante que los programas de estudio y las prácticas universitarias promuevan esta actividad y que permitan avanzar en la frontera del conocimiento.

También es importante que en la formación se fomente la creatividad, utilizando las herramientas que el mundo actual dispone.

Es importante incentivar la investigación en aquellos campos de la ingeniería que signifiquen un real aporte al desarrollo.

La nueva generación de ingenieros va a tener que poseer esta visión y comprender la importancia de la investigación y la creatividad.

Nuestro país dispone de un Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva que desde su creación promueve esta actividad para producir un cambio tecnológico y un avance y profundización en la Ingeniería.

Nuestra facultad está en la actitud de fomentar esta actividad, su trasvasamiento a las distintas disciplinas de la ingeniería que darán como resultado profesionales que serán parte y contribuirán al desarrollo de nuestro país para el mayor bienestar de nuestros hermanos.

Ing. Eugenio Bruno Ricciolini

Decano

UTN - FRGP



VERTIENTES DEL CONOCIMIENTO

Año 2 | Volumen 2 | Febrero 2015
ISSN 2422-7463

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Alejandro Sarubbi

Ing. Jorge Felix Fernández

Dr. Salvador Gil

Dr. José Villella

Ing. Alberto Puppo

Dr. Martín Alurralde

STAFF

Director

Dr. Adrian Canzian

Coordinación de la publicación

Yamila Santarossa

Asesora consultiva

Raquel Perahia

Asistente

Leandro Santarossa

Diseño y diagramación

Estudio D-Factory

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional General Pacheco

Av. Hipólito Yrigoyen 288 (B1617FRP) | General Pacheco | Tigre | Provincia de Buenos Aires - República Argentina

[sumario]

3 Editorial

6 **Vibraciones en edificios cercanos originadas por espectáculos musicales en estadios**
Raul D. Bertero, Alejandro Lehmann, Alejandro Verri, Sebastián Vaquero, Juan Mussat y Germán Ivaldi.

11 **Laboratorio Integral de Ciencias**
Horacio E. Bosch, Mariano E. Pelem, Martín M. Pérez, María C. Rampazzi, Gabriela Scaella, Marcos N. Sterzovsky.

16 **Estudio sobre los estilos de aprendizaje de alumnos universitarios: Implicancias en la enseñanza**
Mario Di Blasi Regner, Andrea Comerci, Silvia Santos.

21 **La formación ambiental en las carreras de ingeniería**
Osvaldo Russo, María I. Graham.

27 **Análisis de índices de confort térmico para las condiciones de la República Argentina, comenzando por Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Provincia de Buenos Aires**
Luis H. Hernández, Pedro R. Juárez, José Loguercio, Juan C. Borhi, Cristián S. Balderrama.

35 **Aplicación del biomimetismo para el diseño de una herramienta agrícola**
Rodrigo E. Taboada, Eduardo A. Favret, Omar Tesouro, Adrian M. Canzian.

Vibraciones en edificios cercanos originadas por espectáculos musicales en estadios

Raul D. Bertero, Alejandro Lehmann, Alejandro Verri, Sebastián Vaquero, Juan Mussat y Germán Ivaldi.

Resumen

La realización de eventos musicales en el estadio de River Plate (y otros estadios) ha originado quejas de algunos vecinos relacionadas con la existencia de vibraciones molestas en edificios ubicados a distancias de hasta 3 km del estadio. En este trabajo se describen los resultados del estudio realizado para determinar las causas y los efectos de las vibraciones sobre los edificios vecinos generadas por la realización de conciertos de rock en el estadio de River Plate.

Se presentan en este trabajo los estudios analíticos y las mediciones realizadas, así como las conclusiones y recomendaciones en relación con los efectos del salto coordinado de los espectadores sobre el campo, el tipo de edificios afectado, su distancia al estadio y el grado de afectación de los edificios y de sus ocupantes.

Palabras clave: vibraciones, dinámica, estructuras

Abstract

Rock concerts events in the River Plate Stadium in Buenos Aires (and other stadiums) has raised neighborhood complains due to molest vibrations felt by the inhabitants of some buildings at distances up to 3 km. In this paper are described the results of the studies conducted to determine the origin and the effects on buildings of vibrations generated during rock concerts in River Plate Stadium.

The analytical studies, the planned and obtained measurements during the concerts, as well as the conclusions and recommendations in relation with the effects of the coordinate jump of the public on the field, the properties of the affected buildings, their distance to the stadium and the effects on the structures, contents and inhabitants are also presented.

Key words: vibrations, dynamics, structures

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo resume los estudios realizados para determinar las causas y los efectos de las vibraciones sobre los edificios vecinos generadas por la realización de espectáculos musicales en el estadio de River Plate.

2. OBJETIVOS

Tener un adecuado diagnóstico sobre el nivel de las molestias y las posibles soluciones a este problema desarrollando de un modelo físico que pueda predecir correctamente los movimientos de los edificios a partir de las acciones generadas en el espectáculo. Para ello es necesario desarrollar un proceso que involucre la preparación de un modelo analítico capaz de predecir el comportamiento observado, así como la elaboración y ejecución de un conjunto planificado de mediciones que alimenten los datos requeridos por el modelo analítico para confirmar o desestimar la validez del mismo, y finalmente el ajuste y selección del modelo físico que permita predecir adecuadamente el fenómeno.

3. METODOLOGÍA

3.1 Cargas dinámicas originadas por el público en un recital de rock

3.1.1 Estudios experimentales y modelo matemático

Los estudios de la Universidad de Surrey concluyeron que una carga sincronizada representativa de la acción de la multitud se puede expresar en el dominio de la frecuencia por la ec. (1), donde W es el peso total de los espectadores, es la frecuencia del "beat" que coordina el movimiento de los espectadores, DLF_n es el factor de carga dinámico para cada armónico n y φ_n es el ángulo de fase de cada armónico.

$$(1) \quad P(t) = W \cdot [1 + \sum_{n=1}^{\infty} (DLF_n \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot n \cdot f \cdot t - \varphi_n))]$$

A partir de los resultados obtenidos en la Universidad de Surrey y considerando el caso correspondiente a una frecuencia de 120 bpm (2.0 Hz) coincidente con mediciones experimentales en los alrededores del estadio de River Plate, en este trabajo se utilizaron los siguientes factores de carga dinámicos para los primeros tres armónicos

$$\begin{pmatrix} 0.321 \\ 0.080 \\ 0.010 \end{pmatrix}, \text{ con una frecuencia del beat, } f_b = 120 \cdot \frac{1}{\text{min}} = 2 \cdot \frac{1}{s}.$$

3.1.2 Acción de los espectadores sobre el campo del estadio de River Plate

Considerando el salto sincronizado de un total de 35 mil espectadores en el campo y un promedio en el peso de los asistentes a un concierto de rock de 62.4 Kgf, se obtiene un peso total $W_t = W_0 \cdot N_{exp} = 2.204 \cdot 10^4 \text{ kN}$. Considerando la ec. (1) se puede calcular la densidad de potencia espectral correspondiente a los tres primeros armónicos de la acción de los espectadores como,

$$(2) \quad S_{esp_i} = \frac{1}{2} \cdot [(DLF_i \cdot W_t)^2] = \begin{pmatrix} 2.502 \cdot 10^7 \\ 1.554 \cdot 10^6 \\ 2.428 \cdot 10^4 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}^2$$

Con las siguientes frecuencias para cada armónico:

$$(3) \quad F_{b_i} = f_b \cdot i = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \end{pmatrix} \text{ Hz}$$
$$(4) \quad \omega_b = 2 \cdot \pi \cdot F_b = \begin{pmatrix} 12.566 \\ 25.133 \\ 37.699 \end{pmatrix} \frac{1}{s}$$

3.2 Transmisión de vibraciones horizontales al entorno del estadio

3.2.1 Función de transferencia de vibraciones en un semi-espacio elástico

Considerando solamente las ondas de Rayleigh, Lamb resolvió en 1904 en forma analítica los desplazamientos $u(t)$ en cualquier punto de un semiespacio elástico a una distancia r de una carga armónica $P e^{i\omega t}$ de frecuencia ω .

La ecuación puede escribirse de la siguiente forma (Hunt 1991):

$$(5) \quad u(t) = U(\omega, \zeta, r) e^{i\omega t} = -\frac{\omega H}{2\rho c_R^3} e^{-\frac{\zeta \omega r}{2c_R}} H_1^{(2)}\left(\frac{\omega r}{c_R}\right) P e^{i\omega t} = H_u(\omega, \zeta, r) P e^{i\omega t}$$

Donde $H_1^{(2)}$ es la función de Hankel de segunda clase de orden uno. H es una constante que depende solamente del módulo de Poisson ($H = 0.095$ para $\nu = 0.35$). $H_u(\omega, \zeta, r)$ es la función de transferencia representando la respuesta del terreno.

Derivando dos veces la ec. (5), la respuesta de las aceleraciones $\ddot{u}(t)$ se puede calcular como:

$$(6) \quad \ddot{u}(t) = \ddot{U}(\omega, \zeta, r) e^{i\omega t} = -\omega^2 H_u(\omega, \zeta, r) P e^{i\omega t} = H_{\ddot{u}}(\omega, \zeta, r) P e^{i\omega t}$$

3.2.2 Vibraciones en el terreno en los alrededores del Estadio originadas por el movimiento de los espectadores en el campo

Mediante la aplicación de la teoría de las vibraciones aleatorias y utilizando la función de transferencia de la ec.(6) y la densidad de potencia espectral de la fuerza producida por el salto de los espectadores [ec.(2)], es posible obtener la densidad de potencia espectral de la aceleración horizontal a diferentes distancias r del estadio para cada armónico i , mediante la siguiente ecuación:

$$(7) \quad S_{\ddot{u}}(i, \zeta, r) = S_{esp_i} \cdot (|H_{\ddot{u}}(2\pi f_b i, \zeta, r)|)^2$$

El valor medio cuadrático de las aceleraciones se puede calcular por lo tanto mediante

$$(8) \quad \sigma_{\ddot{u}}(\zeta, r) = (\sum_{i=1}^3 S_{\ddot{u}}(i, \zeta, r))^{\frac{1}{2}}$$

El valor medio cuadrático (RMS) de las aceleraciones correspondientes a distancias de 500, 1000 y 1500 m del estadio de River son: 0.081 %g, 0.042 %g y 0.026 %g respectivamente.

Recordando que el límite a partir del cual las vibraciones correspondientes a la frecuencia del salto coordinado de los espectadores en un concierto de rock son claramente percibidas por las personas es del orden del 0.1 %g, estos valores explican por qué las vibraciones son apenas perceptibles en las viviendas de una o dos plantas, aún las que se encuentran en la zona más próxima al estadio de River Plate.

RESULTADOS

4.1 Vibraciones en edificios en los alrededores del estadio originadas por el movimiento de los espectadores en el campo

Las aceleraciones que se registran en el terreno y en los edificios de una o dos plantas son apenas perceptibles, aún para las viviendas ubicadas en la zona más próxima al estadio de River Plate.

Sin embargo, las aceleraciones horizontales de baja frecuencia en las fundaciones de los edificios de varios pisos provocan vibraciones que pueden amplificarse o reducirse en los distintos niveles dependiendo de las propiedades dinámicas de la edificación. En particular, si la frecuencia natural del edificio coincide con la frecuencia de la excitación se produce una gran amplificación del movimiento en los

pisos superiores, fenómeno conocido como resonancia.

La figura siguiente muestra el valor medio cuadrático de la aceleración en la azotea de edificios con factor de amortiguamiento $\xi_n = 0.02$ en función del período de vibración del primer modo $T_n = \frac{2\pi}{\omega_n}$ a 1000, 1500 y 2000 metros de distancia del estadio de River Plate.

En la Fig. 1 se observa claramente la resonancia con el primer y segundo armónico del salto de los espectadores a las frecuencias de 2 y 4 Hz (Períodos de 0.5 y 0.25s respectivamente).

Mientras que en la mayor parte de los casos, las aceleraciones en la azotea se encuentran por debajo del umbral de percepción clara de 0.1 %g, para los edificios cuyas frecuencias naturales coinciden con las frecuencias del salto de los espectadores las aceleraciones alcanzan valores cercanos al 1% g aún a distancias mayores a 1500 m del estadio.

La Fig. 2 muestra cual sería el valor medio cuadrático de las aceleraciones horizontales en la azotea de edificios con frecuencia natural coincidente con el salto de los espectadores (2Hz) a 500, 1000, 1500 y 2000 m del estadio de River Plate (1.93 %g, 1.13 %g, 0.76 %g y 0.55 %g respectivamente).

El período del primer modo de vibración de edificios está fuertemente correlacionado con la altura del edificio. A partir de estudios experimentales, Naoki Satake y otros en el 2003 propusieron la siguiente relación,

$$(9) \quad T_n = 0.015 \frac{H}{m}$$

Considerando una altura promedio de 3 m para los entrepisos y utilizando la ec. (9), las frecuencias de resonancia de 2 y 4 Hz corresponden a edificios de entre 11 y 12 pisos y de 6 pisos respectivamente, dependiendo de sus características específicas de rigidez, masa y amortiguamiento.

4.2 Riesgo de daño estructural y no estructural

El daño a los elementos estructurales o no estructurales de un edificio está relacionado con el nivel de los desplazamientos. Considerando que la máxima aceleración horizontal de los edificios, el desplazamiento máximo de los más cercanos al estadio de River Plate debido al salto de los espectadores es 30 veces menor que el desplazamiento admisible ante la acción del viento adoptado por la mayoría de los reglamentos (H/1000).

Este nivel de desplazamientos, es por lo tanto, muy inferior al requerido para producir daños a los elementos estructurales o no estructurales de los edificios.

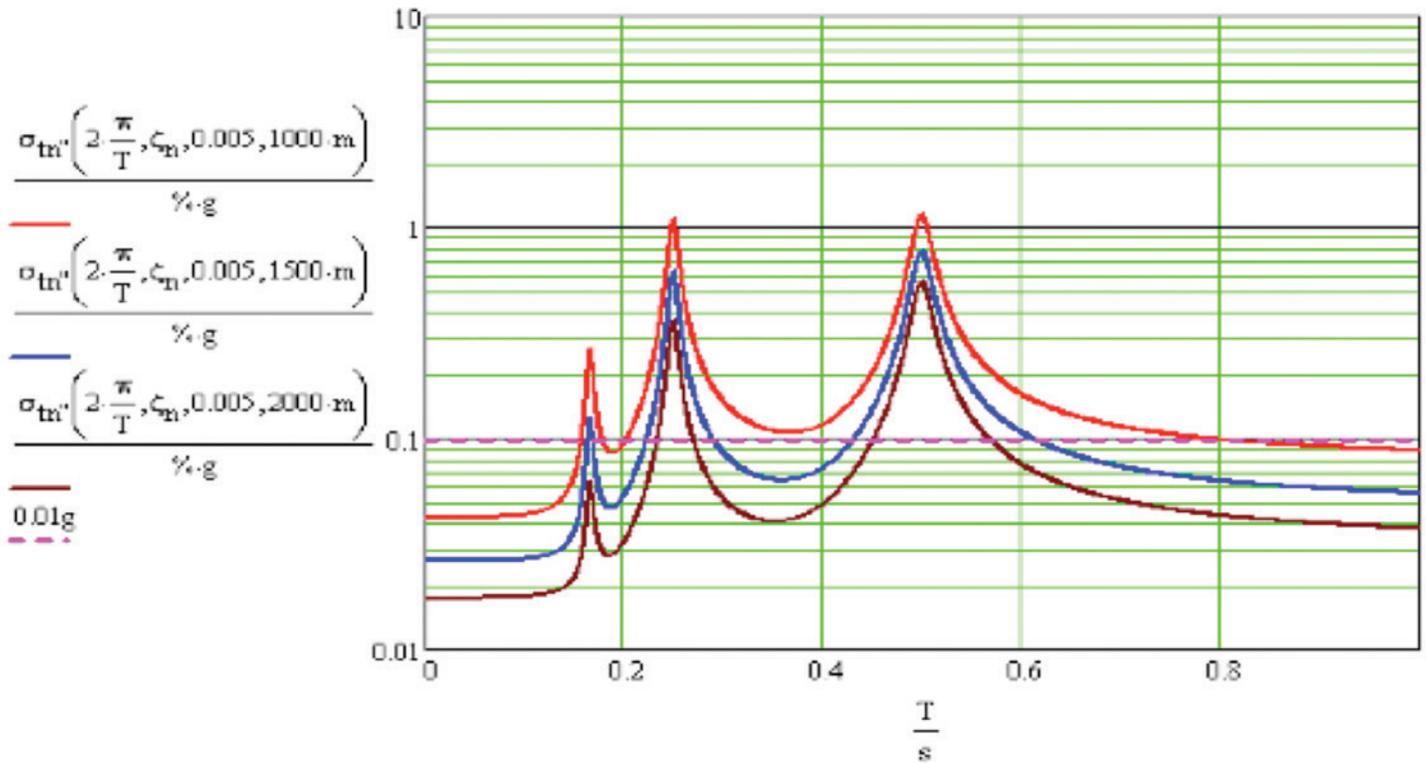


Fig.1 Valor medio cuadrático de la aceleración en la azotea para edificios con períodos de 0 a 1 segundo

5. CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones de las mediciones realizadas

Como resultado de las mediciones realizadas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- De las mediciones y filmaciones realizadas del movimiento de los espectadores en el estadio, se pudo determinar que las ondas de Rayleigh tienen su origen en el movimiento coordinado de los espectadores durante algunos segmentos de los eventos musicales. El nivel de las aceleraciones registradas y la distancia a la que pueden sentirse está relacionado con el número de espectadores saltando en forma coordinada al ritmo de la música.
- Tanto las aceleraciones medidas en el terreno como las medidas en los edificios coinciden razonablemente con los valores obtenidos con el modelo analítico de propagación de ondas y respuesta de los edificios.
- El nivel de aceleraciones y desplazamientos medido está por debajo de los niveles requeridos para provocar daños estructurales y no estructurales en los edificios.



Fig. 2. Valor medio cuadrático de las aceleraciones horizontales en la azotea de edificios con frecuencia natural coincidente con el salto de los espectadores (2Hz) a 500, 1000, 1500 y 2000 m del estadio de River Plate

5.2. Conclusiones obtenidas del modelo analítico

El estudio trata los efectos de las vibraciones transmitidas por el suelo sobre las edificaciones y las personas que los habitan producidas por el movimiento coordinado y simultáneo de 35 mil espectadores saltando al ritmo de la música en el campo del estadio de River Plate en Buenos Aires. Las principales conclusiones son las siguientes:

- El nivel de los desplazamientos calculados en cualquier punto de los alrededores del estadio es muy inferior al requerido para ocasionar daños a los elementos estructurales o no estructurales de las edificaciones.
- El movimiento coordinado de los espectadores saltando al ritmo de la música genera ondas de aceleración con frecuencias de 2 y 4 Hz. Estas ondas (fundamentalmente ondas de Rayleigh) se propagan por el terreno alcanzando las fundaciones de los edificios en los alrededores del estadio.
- A nivel de la planta baja de las viviendas las vibraciones podrían ser percibidas por algunas personas dentro una distancia de unos 380 m del centro del Estadio.
- Las vibraciones horizontales del terreno son amplificadas en un edificio de varios pisos si la frecuencia del movimiento de los espectadores coincide con la frecuencia propia del edificio.
- Las aceleraciones pueden alcanzar valores RMS de entre 0.6 %g y 1.1 % g en los niveles superiores de edificios de entre 10 y 12 pisos (para la resonancia con el primer armónico del salto de los espectadores) y para edificios de 6 pisos (para la resonancia con el segundo armónico del salto de los espectadores) en un radio de más de 3000 m alrededor del estadio. El número de pisos a los que se produce resonancia puede variar ligeramente en función de las características propias del sistema estructural, del suelo de fundación, de la cantidad y características de las paredes no estructurales y del tipo de movimiento de los espectadores.
- Aceleraciones RMS de más de 0.6%g son muy molestas para las personas. Los objetos colgantes (lámparas, macetas) pueden oscilar algunos milímetros y las personas pueden sentirse alarmadas por el movimiento.
- Los análisis fueron realizados considerando el salto simultáneo de 35 mil espectadores en el campo del estadio. Los niveles de aceleración en el terreno y en los edificios son directamente proporcionales a la cantidad de espectadores saltando en forma coordinada al ritmo de la música.
- Debido a la baja frecuencia de las ondas de vibración no es posible utilizar los métodos tradicionales de control de vibraciones que consisten en la ejecución de zanjas de unos pocos metros de profundidad alrededor de la fuente vibrante.
- Una posible solución sería la colocación de una carpeta que: a) limite el salto de los espectadores y b) evite la transmisión al terreno del salto coordinado de los espectadores.
- El nivel de aceleraciones y desplazamientos medido está por debajo de los niveles requeridos para provocar daños estructurales y no estructurales en los edificios. ■

Raul D. Bertero (UTN-UBA), Alejandro Lehmann (UBA)
Alejandro Verri (UBA), Sebastián Vaquero (UBA), Juan Mussat (UBA), Germán Ivaldi (UTN).

Bibliografía

- C. WHIFFEN and D. R. LEONARD 1971 Transport and Road Research Laboratories Report LR 418. A survey of traffic induced vibrations.
- F. G. BELL 1987 Ground Engineer's Reference Book. London: Butterworth.
- T. K. LIU, E. B. KINNER and M. K. YEGIAN 1974 Sound and Vibration 8(10), 26-32. Ground vibrations.
- T. HANAZATO and K. UGAI 1983 Journal of the Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering 23(1), 144-150. Analysis of traffic-induced vibrations by the finite element method (in Japanese).
- H. E. M. HUNT 1991 Journal of Sound and Vibration 144, 41-51. Modeling of road vehicles for calculation of traffic-induced ground vibration as a random process.
- H. LAMB 1904 Philosophical Transactions of the Royal Society (London) A203, 1-42. On the propagation of tremors over the surface of an elastic solid.
- H. E. M. HUNT 1988 Ph.D. dissertation, University of Cambridge. Measurement and modeling of traffic-induced ground vibration.
- PARKHOUSE, J.G. and EWINS, D.J.. (2006). "Crowd-induced rhythmic loading". Structures & Buildings 159, October 2006, pag. 247-259,
- NAOKI SATAKE et al, (2003), "Damping Evaluation Using Full-Scale Data of Buildings

Laboratorio Integral de Ciencias

Horacio E. Bosch, Mariano E. Pelem, Martín M. Pérez, María C. Rampazzi, Gabriela Scalella, Marcos N. Sterzovsky.

Grupo UTN de investigación educativa en ciencias básicas

Universidad Tecnológica Nacional

Unidad Ejecutora: Facultad Regional Gral. Pacheco

Resumen

Durante varios años el Grupo UTN ha desarrollado diversas experiencias relacionadas con contenidos de ciencias naturales y de ciencias matemáticas, contribuyendo a la estructuración del Proyecto Laboratorio Integral de Ciencias. Estas experiencias son realizadas con un sistema automático de registro, procesamiento y representación de datos, utilizando las tecnologías presentes en la actualidad. Los diseños experimentales imponen la necesidad de crear nuevos ambientes de trabajo, cambiar la disposición de alumnos en el aula-laboratorio y usar modernas herramientas tecnológicas y computacionales. En resumen, las experiencias de laboratorio proveen oportunidades a los alumnos para interactuar directamente con el mundo real, usando herramientas, técnicas de colección de datos, modelos y teorías científicas.

Se desarrollan recursos didácticos basados sobre el uso de herramientas y diseños de clase diferentes a las clases del docente frente a la pizarra. Se establecen bases metodológicas para la elaboración de los recursos didácticos. El diseño conduce a la resolución de un problema de la vida real mediante un enfoque interdisciplinario a través de un modelo. El mayor desafío está dirigido a los docentes, quienes deben aprender formas de experimentación actuales y desarrollar guiones didácticos y planes de clases en función del aporte del Proyecto.

Se ha practicado la interdisciplinariedad integrando información, datos, métodos y herramientas entre varias disciplinas como física, química, biología, matemática, tecnologías, computación, situación contemplada en la metodología STEM.

Esta colección contiene experiencias destinadas a profesores y alumnos de la enseñanza secundaria, terciaria y universitaria. Se trata de publicaciones originales con experiencias desarrolladas y resultados relacionados con las teorías o leyes.

La razón esencial de este Proyecto es promover la cultura científica despertando en la población de alumnos el interés por la ciencia, alentándolos a tener un conocimiento en ciencias que les habilite entender los fenómenos de la naturaleza.

Palabras clave: experimentación – ciencias - tecnología - interdisciplinariedad

Abstract

The research team (Grupo UTN) has developed experiments related to natural sciences and mathematical sciences making a contribution to build-up the present Project. The experiments are performed with assistance of an automatic data processing system by using the present technologies. The experiments are designed to allow the change of classical classroom, the change of the students' positions, bringing the use of present electronic and computational tools. The experiments provide opportunities to interact with real life problems, to use new tools and develop skills to work with data, models and scientific theories.

New units of instruction are designed completely different from the ones given by a teacher's talk in a general classroom lesson. An interdisciplinary focus is introduced to bring insights and procedures of real life problems.

In STEM lessons, students address real social, economic, and environmental problems and seek solutions. STEM lessons are mainly designed for teachers in order to improve their preparation programs and to provide support systems and professional development.

The present experiments' collection is addressed to teachers and students from both secondary and university levels. The reason to develop this Project is to collaborate to the promotion of scientific culture aiming to motivate students to study sciences and providing basic science knowledge for their lives.

Key words: experimentation – sciences- technology - interdisciplinary

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo resume variadas experiencias e investigaciones sobre enseñanza de las ciencias naturales integradas con tecnología educativa actualizada, conducidas en los últimos años por el Grupo UTN de Investigación Educativa en Ciencias Básicas. Se han desarrollado, sobre esta base, proyectos acreditados en el Programa de Incentivos del Ministerio de Educación de la República Argentina.

Se trata de utilizar la tecnología educativa actual tomando como contenido el que corresponde a la enseñanza de las ciencias en el ciclo secundario y universitario, así como para las escuelas de ciencias naturales, fundamentalmente de formación docente.

El objetivo es proponer un cambio de enseñanza basado sobre diseños de gestión educativa incorporando tecnologías, nuevos ambientes de enseñanza y modos de transferencia para que profesores y alumnos trabajen conforme a las exigencias actuales de la Sociedad.

La tecnología educativa implantada está constituida por un conjunto de sensores, interfaces, programas computacionales y computadoras (notebooks, tablets), siendo el equipamiento esencial para disponer de un sistema automático de adquisición, procesamiento y representación de datos experimentales⁽¹⁾⁻⁽³⁾. Si bien el ojo del experimentador sigue teniendo su importancia en el control de la experiencia, con el sistema automático que se presenta en este Proyecto, se obtienen resultados muchos más precisos, rápidos y verdaderamente originales, que aquél no puede percibir.

No se trata simplemente de usar los sensores y ver qué pasa, sino de encuadrar el estudio del fenómeno como una investigación, con arreglo experimental, obtención de resultados, proposición del modelo, estudio de la bondad de ajuste de los valores predichos por el modelo con los valores experimentales, y su correspondiente análisis y conclusiones. Como parte final, comparar los resultados obtenidos en las experiencias con otros resultados publicados en libros, revistas o Internet. De esta manera se impulsa la creación de ambientes experimentales para mejorar la enseñanza de las ciencias y desarrollar nuevas capacidades de aprendizaje con nuevas tecnologías.

Se considera que los procesos de observación de fenómenos, análisis de datos y desarrollo de modelos para explicar los resultados proporcionan al estudiante una oportunidad para su formación de base científica. Precisamente, estos

aspectos son reiterados en el curso de las experiencias y demostraciones que contiene el Proyecto.

Se pretende que los profesores planteen más énfasis en el aprendizaje de las ciencias a través de la experimentación, y que resulte una integración evidente entre la teoría y la práctica. La propuesta ayuda a que el aprendizaje sea colegiado y en colaboración. El alumno comprende mucho mejor la evolución de la experiencia, aprende a interpretar gráficos y a derivar conclusiones. Incita a la conjetura para que el alumno piense qué pasaría si modificara tal o cual parámetro, provocando en él una actitud indagatoria, esencial para el estudio de las ciencias.

OBJETIVO

La educación de las ciencias incluye el aprendizaje sobre los métodos y procesos de la investigación científica y del conocimiento derivado de esos procesos, que son los contenidos.

Precisamente, las experiencias de laboratorio son una componente crítico de la educación de las ciencias y potencialmente adecuadas para proveer estos procesos y contenidos.

Las experiencias de laboratorio proveen oportunidades para los alumnos para interactuar directamente con el mundo real, usando herramientas, técnicas de colección de datos, modelos y teorías científicas. La conformación de modelos sobre el comportamiento de fenómenos observados constituye una sólida base para adquirir la metodología de aprendizaje científico.

El objetivo de todo recurso didáctico con contenidos de las ciencias es que los estudiantes tengan una oportunidad de ejercitar su pensamiento más que su memoria, aprender a resolver problemas científicos en general, y mejorar su experiencia y actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias. En particular, deben aspirar a poseer ciertas cualidades básicas de todo estudioso de las ciencias, tales como:

- Cultivar una comunicación efectiva oral y escrita de las ideas científicas;
- Lograr un entendimiento básico del manejo de datos y de los métodos estadísticos para tratarlos;
- Aprender a encarar modelos de la vida real utilizando métodos computacionales;
- Desarrollar el razonamiento científico;

- Entender la complejidad y la ambigüedad del trabajo empírico;
- Desarrollar habilidades prácticas;
- Entender la naturaleza de las ciencias;
- Cultivar el interés por la ciencia y la vocación de aprender ciencia;
- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo.

METODOLOGÍA

Los criterios metodológicos para el diseño de recursos didácticos deben tener en cuenta:

- Que se cumplan las formas efectivas de experiencias señaladas;
- Integrar los contenidos con los procesos de la investigación científica;
- Incorporar la reflexión y la discusión por parte de los alumnos;
- Proveer suficientes actividades para desarrollar y entender conceptos científicos fundamentales;
- Que existan suficientes preguntas sobre el porqué y cómo;
- Que se dé oportunidades para que los alumnos conjeturen y concluyan argumentos sobre las observaciones.

Los recursos didácticos perfeccionados deben ser orientados a la preparación de docentes, a los efectos de mejorar sus conocimientos básicos sobre las ciencias y acostumbrarlos a desarrollar experiencias. Es preciso elaborar un sistema de apoyo a la capacitación y fortalecimiento de desarrollo profesional de docentes por medio de Workshops, seminarios, cursos cortos, escuelas de verano e invierno para trabajar sobre experiencias con sus manos, con sus mentes, con sus emociones, para crear e innovar, no para escuchar conferencias ni ver Power Point y videos ^{(4), (5)}.

Para implantar los recursos didácticos es necesario hacerlo en aula-laboratorio que permita experimentar. Para cumplir con este propósito éstas deben equiparse con computadoras ligadas a sistemas automáticos de obtención, procesamiento y representación de datos, con software adecuados.

Como lo demuestra la experiencia, los problemas disciplinarios poseen una componente importante de las ciencias matemáticas. Muchos de los problemas de las ciencias y de la ingeniería se plantean mediante una modelización matemática algorítmica, cuya solución requiere del uso de tecnología computacional. Esta interconexión entre cien-

cias naturales, ciencias matemáticas y tecnología computacional define las bases de la educación integrada entre Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, cuya sigla en inglés es STEM (Sciences, Technology, Engineering and Mathematics) ⁽⁶⁾. Estas disciplinas son concebidas conjuntamente e integradas. Los componentes principales de la tecnología integrada son computadoras, software, sensores, sistemas automáticos de colección, procesamiento y representación de datos.

Por consiguiente, la metodología de diseño de recursos didácticos debe estar centrada en la actividad del alumno realizando experimentos con sus manos (hands-on, la main à la pâte).

Con el objeto de adoptar el paradigma STEM es necesario cambiar los procedimientos de enseñanza y pedagogías que se vienen arrastrando desde hace 50 años, cambiar el aula clásica y la disposición de los estudiantes para que trabajen en grupo con sus computadoras, paquetes de software, de tal manera que puedan encarar nuevas áreas tales como visualización, análisis de datos y graficación instantánea.

La metodología de diseño de recursos didácticos STEM debe estar basada sobre las siguientes características:

- Resolución de problemas;
- Generar experimentos;
- Procurar el trabajo en equipo;
- Procurar que los alumnos aprendan a expresar sus conceptos y comunicar sus resultados.
- De esta manera el diseño didáctico conduce a la resolución de un problema de la vida real mediante un enfoque interdisciplinario a través de un modelo.
- Estas formas de educación STEM deben ser desarrolladas de común acuerdo entre investigadores – desarrolladores y docentes a cargo de cursos ⁽⁷⁾.

RESULTADOS

Se han definido las prácticas esenciales para el aprendizaje de las ciencias como la forma de aprender ciencia en el siglo XXI ⁽⁸⁾:

- Hacer preguntas y definir problemas;
- Desarrollar y usar modelos;
- Planificar y conducir investigaciones;
- Analizar e interpretar datos;

- Usar matemática y programas computacionales;
- Explicar y diseñar soluciones;
- Argumentar conclusiones;
- Observar, evaluar y comunicar resultados.

Estas prácticas son las que hacen los investigadores. Se pretende introducirlas como visión de la educación de las ciencias a los efectos que los estudiantes, a través de su carrera, las practiquen activamente.

El grupo UTN de Investigación Educativa ha desarrollado investigaciones y experimentaciones que le ha permitido la elaboración de nuevos materiales de aprendizaje, no existentes en el mercado. Se ha desarrollado una colección de Cuadernos de Experimentación utilizando una tecnología educativa actualizada, la cual representa una contribución directa a la enseñanza de las ciencias y, al mismo tiempo, propugna la difusión del saber científico.

Se han desarrollado unidades educativas dentro de las tendencias actuales (open educational resources)⁽⁹⁾, para crear oportunidades a los que deseen aprender ciencias (alumnos, docentes, público en general) adoptando nuevas herramientas tecnológicas y experiencias.

Esta colección contiene experiencias de física, química y biología, destinadas a profesores y alumnos de la enseñanza secundaria, terciaria y universitaria. Se trata de publicaciones originales con experiencias desarrolladas y resultados relacionados con las teorías o leyes⁽¹⁰⁾⁻⁽¹⁷⁾.

CONCLUSIONES

La razón esencial de este Proyecto es promover la cultura científica despertando en la población de alumnos el interés por la ciencia, alentándolos a tener un conocimiento en ciencias que les habilite entender los fenómenos de la naturaleza. Se pretende que adquieran una base científica sólida que les facultará, a su vez, alcanzar las competencias necesarias para participar plenamente en las diferentes esferas de la vida, afrontar las exigencias y desafíos de la Sociedad, acceder a un empleo digno y desarrollar un proyecto de vida.

Como indica la American Association of Physics Teachers, las metas que deben cumplir los cursos de ciencias son:

- 1) “Los estudiantes deberían comprender que la evidencia experimental es la base de nuestro conocimiento de las leyes de las ciencias, y que las ciencias no son una mera colección de ecuaciones y de problemas de textos”.
- 2) “Los procesos de observación de los fenómenos, análi-

sis de datos y desarrollo de modelos matemáticos para explicar observaciones, proporcionan al estudiante una única oportunidad para relacionar la experiencia concreta con las teorías científicas”.

Estas frases contundentes ponen de manifiesto la importancia trascendental que tiene la experimentación en las demostraciones científicas y, por ende, en la promoción del conocimiento científico. Por lo expuesto, se toma la experimentación científica como modelo más apropiado para la promoción y transferencia del conocimiento científico. Se trata de cómo presentar las ideas visualmente, de saber qué hacen los aprendices, cómo adquieren los conocimientos y cómo usan las herramientas, qué los motiva, cómo incentivarlos para que ellos mismos expresen conceptos científicos, y cómo debería ser usada la tecnología en la educación. En esencia, comprometer activamente a los aprendices en sus propios aprendizajes mediante la experimentación.

Todos los jóvenes deben estar en condiciones de afrontar las demandas tecnológicas del Siglo XXI. Los docentes son los encargados para que se cumpla esta premisa. Lo docentes son los constructores de las generaciones pasadas, presentes y futuras.

Los docentes son los verdaderos actores de la efectividad de las experiencias de laboratorio. Ayudan a los alumnos a aprender conceptos de ciencia provocando discusiones y contestando preguntas. Es el docente el que integra el aprendizaje del alumno con los procesos y contenidos de las ciencias. ■

Horacio E. Bosch (Dr. en Cs. Físicomatemáticas)
hbosch@funprecit.org.ar

Mariano E. Pelem (Ingeniero)
mpelem@gmail.com

Martín M. Pérez (Profesor de Física)
perezmartinm@yahoo.com.ar

María C. Rampazzi (Licenciada em Educación)
mcrampazzi@gmail.com

Gabriela Scaella (Bioquímica)
gascapi60@hotmail.com

Marcos N. Sterzovsky (Ingeniero)
sterzovsky@frgp.utn.edu.ar

Referencias

- (1) HOFSTEIN, A. AND LUNETTA, V.N.". "The laboratory in Science Education". Science Education 2004, 88; 28-54.
- (2) U. S. NATIONAL RESEARCH COUNCIL "America's Lab Report" (2005).
- (3) VERNIER SOFTWARE AND TECHNOLOGY. "Physics with computer", "Chemistry with Computers", "Biology with Computer", "Earth science with computer".
- (4) Teacher Competencies for Education for Sustainable Development, Innsbruck, Austria. (2010).
- (5) MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE LA NACIÓN Y ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES. "Taller latinoamericano de alfabetización científica". (2008)
- (6) STEM EDUCATION. Gran cantidad de reportes han sido publicados sobre STEM (AAAS 1990, 1993; Carnegie Corporation 2009; Council on Competitiveness 2005; NCMSTC 2000; NGA 2007; NRC 1996, 2007a, 2012a; NSB 2007; PCAST 2012).
"STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research" (2014). National Research Council. ISBN 978-0-309-29796-7.
- (7) "A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas" (2012). National Research Council. ISBN 978-0-309-21742-2.
- (8) AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (Junio 2011).
- (9) CENTER FOR OPEN AND SUSTAINABLE LEARNING (COSL). OpenEd conferences. <http://cosl.usu.edu>
Commonwealth of Learning – Learning Object Repository. <http://www.col.org/colweb/site/>
- (10) BOSCH, H. E., BOSIO, D.O., STERZOVSKY, M. N. "Lecciones de Mecánica". Facultad Regional Buenos Aires. (2005).ISBN987-21516.
- (11) BOSCH, H.E, BOSIO, D.O., PELEM, M., SCAIOLA, M.V., STERZOVSKY, M.
"Lecciones de Química Básica Experimental Asistidas por Tecnologías Electrónica e Informática". Editorial Dunken, Buenos Aires, 2009. ISBN 978-987-02-4075-4.
- (12) BERGERO, M.S., BOSCH, H. E., CARVAJAL, L., DI BLASI, M. A., GEROMINI, N. S. "Innovaciones en investigación y enseñanza experimental de Cálculo". Editorial Dunken, Buenos Aires. 2009. ISBN 978-987-02- 3799-0.
- (13) BOSCH, H. E., BOSIO, D. O., PELEM, M. E., RAMPAZZI, M. C., SCAIOLA, M. V., STERZOVSKY, M. N., BERGERO, M. S., CARVAJAL, L., DI BLASI, M. A., GEROMINI, N., SEONE, A. Nuevos diseños de gestión de enseñanza de ciencias e ingeniería integrados con tecnología educativa. "La tecnología educativa al servicio de la educación tecnológica". Editores U. Cukierman y M. Virgili. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. (2010) ISBN 978-987-25855-9-4.
- (14) BOSCH, H. E., BOSIO, D. O., PELEM, M. E., RAMPAZZI, M. C., SCAIOLA, M. V., STERZOVSKY, M. N., BERGERO, M. S., CARVAJAL, L., DI BLASI, M. A GEROMINI, N. Enseñanza integrada de ciencias, Ingeniería y matemática como paradigma del Siglo XXI." Revista de Telecomunicaciones de la Asociación Iberoamericana de centros de investigación y empresas de telecomunicaciones. Año XXVIII. N° 124. Octubre- diciembre 2010.
- (15) BOSCH, H. E., BERGERO, M. S., CARVAJAL, L., DI BLASI REGNER, M. A. , GEROMINI, N., PELEM, M. E. (2011). Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. Revista Avances en Ciencias e Ingeniería. Vol. (3), pp. 131-140.(2011).
- (16) BOSCH, H., BERGERO, M., CARVAJAL, L., DI BLASI REGNER, M., GEROMINI, N., RAMPAZZI, M. "Educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemática para alentar a la juventud hacia la ingeniería". Engineering Education for Sustainable Development and Social Inclusion". World Engineering Education Forum, Buenos Aires, 17-19 octubre 2012.
- (17) BOSCH, H. E., RAMPAZZI, M. C. et al "Un marco didáctico de enseñanza de ciencias, tecnología, ingeniería y matemática para la sociedad contemporánea". Editorial Dunken, Buenos aires. ISBN 978-987-02-7374-5. (2014).

Estudio sobre los estilos de aprendizaje de alumnos universitarios: Implicancias en la enseñanza

Mario Di Blasi Regner, Andrea Comerci, Silvia Santos

Resumen

Los Estilos de Aprendizaje (EA) son “los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los discentes perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje” (Gallego Gil y Nevot Luna, 2008). Para Santaolalla Pascual (2009) es evidente que el rendimiento académico está relacionado con los procesos de aprendizaje. Estudios como el de Alonso (1999) señalan que el panorama de trabajos sobre el rendimiento académico y los EA es muy amplio y después de analizar las distintas investigaciones se puede concluir que los estudiantes aprenden con mayor efectividad cuando se les enseña con sus EA predominantes.

En este trabajo se presenta una experiencia que llevamos a cabo en la Facultad Regional General Pacheco de la Universidad Tecnológica de Argentina (UTN-FRGP), cuyo objetivo consistió en favorecer el aprendizaje de los estudiantes del concepto elipse. Dicha propuesta de enseñanza estuvo basada en estrategias didácticas que contemplan el Estilo de Aprendizaje predominante que pueda presentar cada alumno.

Palabras claves: Estilos de Aprendizaje, Estrategias Didácticas, Geometría Analítica, Asistente Geométrico, Educación Matemática.

Abstract

Learning Styles (LS) are “cognitive, affective, and physiological traits that serve as relatively stable indicators about how the learners perceive, interact and respond to their learning environments” (Nevot Gallego Gil and Luna, 2008). For Santaolalla Pascual (2009) it is clear that academic performance is related to the learning process. Some studies like Alonso (1999) indicated that the spectrum of works about academic performance and LS is very wide and after analyzing the various investigations it can be concluded that students learn more effectively when taught with their predominant LS.

We present an experience developed in Regional Faculty General Pacheco Technological National University of Argentina (UTN-FRGP) whose objective was to promote student learning concept of ellipse. This proposal was based on teaching strategies that provide the predominant learning style that can present each student.

Keywords: Learning Styles, Teaching Strategic, Analytic Geometry, Mathematical Education.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, articular la transición entre la escuela media y la universidad es un problema abierto a nivel mundial en el campo educativo (Falsetti y otros, 2007). Se cuenta con respuestas parciales, que vienen de la mano del análisis y de la reformulación de dispositivos de evaluación o propuestas de enseñanza que consideran las dificultades que los estudiantes traen del nivel medio, sin descuidar los aprendizajes propios del nivel superior con los enfoques que cada institución desea promover.

Entre las dificultades estudiadas de la mencionada transición entre los niveles educativos, la componente actitudinal, en particular en el aprendizaje de la Matemática, juega un rol central, y es deseable que las propuestas de enseñanza tomen alguna posición respecto de cómo favorecer, desde las estrategias de enseñanza, una actitud positiva en los estudiantes frente al aprendizaje de esta ciencia. Alonso et al.(1999) señalan que el panorama de trabajos sobre rendimiento académico y Estilos de Aprendizaje es muy amplio, y después de analizar las distintas investigaciones se concluye que parece suficientemente probado que los estudiantes aprenden con más efectividad cuando se les enseña sobre la base de sus Estilos de Aprendizaje predominantes.

A partir de la descripción de los estilos de Honey y Mumford (1986): Activo, Reflexivo, Teórico y Pragmático. Alonso, Gallego y Honey (1992) crean una lista de características que determina el campo de destrezas de cada estilo, que corresponden al cuestionario que ellos denominaron Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (Alonso, 1999), conocido como Test CHAEA. Este Test es, dentro de los instrumentos que se han utilizado conocido como Test CHAEA. Este Test es, dentro de los instrumentos que se han utilizado en investigaciones tendientes a determinar los estilos de aprendizaje, el más aceptado en la actualidad.

Este instrumento está constituido por ochenta ítems, dispuestos en forma aleatoria, sobre los estilos de aprendizaje. Corresponden veinte preguntas para cada estilo y solo se contabilizan las respuestas positivas. Para su evaluación, el cuestionario debe ser contestado en su totalidad.

En una investigación más reciente, como la desarrollada por Nevot Luna (2004), el autor menciona las principales “preferencias” que caracterizan a cada uno de los estilos:

Estilo Activo: Intentar cosas nuevas – Resolver problemas – Competir en equipo – Dirigir debates – Hacer presentaciones – No tener que escuchar sentado mucho tiempo – Realizar actividades diversas.

Estilo Reflexivo: Observar y reflexionar – Llevar su propio ritmo de trabajo – Tener tiempo para asimilar, escuchar, preparar – Trabajar concienzudamente – Oír los puntos de vista de otros – Hacer análisis detallados y pormenorizados.

Estilo Teórico: Sentirse en situaciones claras y estructuradas – Sesiones de preguntas y respuestas – Entender conocimientos complejos – Leer u oír hablar de situaciones presentadas – Tener que analizar una situación completa.

Estilo Pragmático: Aprender técnicas inmediatamente aplicables – Percibir muchos ejemplos y anécdotas – Experimentar y practicar técnicas con un experto – Recibir indicaciones prácticas y técnicas.

Por otro lado, Aguilera y Ortiz (2010) presentan una investigación cuyo objetivo es destacar la importancia de la caracterización de los estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios, que conduzca a un proceso de enseñanza más personalizado, como acción para garantizar la permanencia de los profesionales en formación.

Los autores afirman que un docente universitario debe lograr, esencialmente, que surja en cada estudiante el deseo de aprender y que descubra la mejor manera de hacerlo, diseñando estrategias didácticas orientadas a diversos contenidos respetando la diversidad en los modos de aprender de sus alumnos.

En la investigación de Aguilera y Ortiz, las estrategias didácticas son entendidas como la integración de cómo enseña el profesor y de cómo aprende el alumno. Se sugiere a los docentes la realización de una auto-revisión de los niveles de preparación y se listan una serie de recomendaciones sobre factores a tener en cuenta al desarrollar distintas estrategias. La investigación consiste en un estudio de casos (Perfil I y Perfil II) donde luego de caracterizar el estilo de cada uno de los dos estudiantes considerados en el estudio, se implementan distintas estrategias didácticas y se realiza un posterior seguimiento y ajuste.

Los autores concluyen en esta investigación, que la caracterización del perfil de estilo de aprendizaje ayuda a los docentes a determinar la dirección de las estrategias didácticas, que no son de carácter absoluto ya que deben modificarse en relación a la evolución de cada estudiante.

OBJETIVO

Nuestra investigación se inscribirá en los desarrollos teóricos sobre estilos de aprendizaje aportados por Aguilera y Ortiz (2010) y Alonso García, (1999) antes mencionados. El objetivo de nuestro trabajo consiste en diseñar, implementar e indagar el impacto de un conjunto de estrategias didácticas elaboradas expresamente para el abordaje del concepto elipse que contemplan, para cada alumno, su Estilo de Aprendizaje predominante.

METODOLOGÍA

Muestra.

En nuestro trabajo, la propuesta estuvo dirigida a los estudiantes de un curso de Álgebra y Geometría Analítica que cursan el primer año de la carrera de Ingeniería Mecánica en la UTN-FRGP. Dicha asignatura es anual, con una carga horaria de seis horas semanales. Para el estudio se consideraron cuarenta y ocho estudiantes, quienes participaron en forma voluntaria. Por tratarse de alumnos de primer año, se optó por elegir como momento para desarrollar la propuesta el comienzo del año, en el mes marzo de 2013, de manera que nos permitiera identificar el estilo de aprendizaje predominante de cada alumno con el cual ingresó a la materia.

Recolección de información. Instrumentos.

Para recoger la información que nos permitiera responder al objetivo de nuestra investigación:

Se aplicó, en primera instancia, como instrumento para conocer los EA de cada alumno de la muestra, el Test CHAEA (Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje) para cada uno de los estudiantes.

Dicho cuestionario es una adaptación del Cuestionario de Estrategias de Aprendizaje (LSQ) de Honey y Mumford, realizada en 1992 por Catalina Alonso y Domingo Gallego, para su aplicación en el ámbito académico. Está compuesto de 80 ítems, 20 por cada uno de los estilos; cada ítem admite la respuesta con signo (+) si se está más de acuerdo que en desacuerdo, con signo (-) en caso contrario. Todos y cada uno de los ítems deben ser contestados, y en una y solo una de las opciones. La fiabilidad del mismo se desprende de las investigaciones realizadas por Alonso, en

1992, en distintas facultades de las Universidades Complutense y Politécnica de Madrid (García Cué, 2009).

A partir del conocimiento de los distintos EA, se elaboraron tres actividades que contemplaban el EA predominante que pudiera presentar cada alumno.

Otro instrumento que nos sirvió para recolectar información relacionada con el desarrollo de las actividades diseñadas consistió en la observación directa de las clases, de la cual quedó un registro escrito, grabado y fotográfico por parte de un observador no participante.

Análisis de datos. Categorización.

Con la información obtenida del Test CHAEA, para categorizar la preponderancia de cada estilo (muy baja, baja, moderada, alta, muy alta) se realizó la interpretación de las puntuaciones según el Baremo General Abreviado para la interpretación de resultados del test CHAEA (Alonso, Gallego y Honey, 1994). Tal como se muestra en la Tabla N°1:

	Activo	Reflexivo	Teórico	Pragmático
Muy Baja	0-6	0-10	0-6	0-8
Baja	7-8	11-13	7-9	9-10
Moderada	9-12	14-17	10-13	11-13
Alta	13-14	18-19	14-15	14-15
Muy Alta	15-20	20	16-20	16-20

Tabla N°1: Baremo General Abreviado

Para el presente estudio, se consideró como estilo predominante al estilo o los estilos en los cuales los alumnos hubiesen obtenido una clasificación correspondiente a las categorías alta o muy alta.

La información se resume en la Tabla N° 2

Estilo	A	R	T	P	A-P	R-T	T-P
Casos	3	1	4	3	1	2	5

Tabla N° 2: Resumen de la aplicación del test CHAEA

Diseño de la actividad

En el mes de agosto de 2013, en un curso de Álgebra y Geometría Analítica de la Carrera de Ingeniería de la UTN-FRGP, participaron de la situación 48 alumnos y dos de los investigadores, uno de ellos en el rol de “observador no participante” y el otro como “profesor”.

Se formaron tres grupos que ocuparon distintos sectores del aula. El Grupo 1, integrado por 16 alumnos: seis con EA

Actividades propuestas:

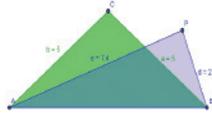
Actividad A

“Dos malabaristas, Flor y Félix, presentan su espectáculo en un Jardín de Infantes. Se ubicarán a una distancia, entre sí, de 4 metros. Diseñar un plano o maqueta para que las maestras ubiquen a los chicos, sentados en el piso, de modo tal que la suma de las distancias de cada nene a Flor y a Félix sea de 6 metros”

Cada grupo seleccionará el material concreto a utilizar.

Actividad B

Se presenta la siguiente escena en GeoGebra®



“Hallar todos los puntos P del plano de modo tal que el triángulo ABP tenga el mismo perímetro que el triángulo ABC”. Se muestra, a modo de ejemplo, un punto P que satisface las condiciones dadas.

Actividad C

Hallar la expresión de todos los puntos del plano tales que la suma de las distancias a dos puntos fijos F_1 y F_2 , $F_1 = (-c, 0)$, $F_2 = (c, 0)$ sea $2a$ ($a \in \mathbb{R}$)

predominante pragmático, seis con EA teórico-pragmático y cuatro sin ningún EA predominante. El Grupo 2, compuesto por 14 alumnos: seis con EA predominante activo, dos con EA activo-pragmático y seis sin ningún EA predominante. Y el Grupo 3, formado por 14 alumnos: ocho con EA predominante teórico, dos con EA reflexivo y cuatro con EA reflexivo-teórico.

La experiencia se desarrolló en el aula donde habitualmente se dictan las clases. Tuvo una duración aproximada 90 minutos, consistente en la realización de una actividad distribuida de la siguiente manera: Al Grupo 1 se le asignó la actividad A, al Grupo 2, la actividad B y el Grupo 3 trabajó con la actividad C.

Cada alumno debía leer las consignas de la actividad elegida y comenzar a trabajar, de modo individual o de a pares.

La Actividad A se elaboró con el objetivo de favorecer el aprendizaje de los alumnos “pragmáticos”, la misma consistió en la resolución de una situación realista¹. Para la realización de la misma, se proveyó a los alumnos de materiales concretos tales como cartón, alfileres, piolín, compás.

La Actividad B se orientó hacia los alumnos “activos”. Los alumnos que realizaron esta actividad debían utilizar un Software de Geometría Dinámica (SGD) como fue el GeoGebra®, previamente instalado en sus computadoras portátiles.

La Actividad C se orientó hacia el alumno “teóricos/reflexivos”, consistente en la resolución de un problema estereotipado, sin consideraciones ligadas a la realidad, donde el

1- Situaciones realistas, entendidas como razonables, realizables o imaginables por los alumnos (van den Heuvel- Panhuizen, 2001, p.3)

uso mecánico de algoritmos resulta suficiente y eficiente para la resolución del mismo. En cuanto a los recursos, los alumnos sólo podían valer de lápiz y papel.

Al finalizar la experiencia se realizó una puesta en común, donde cada grupo expuso la manera en que fue resuelta la actividad asignada.

RESULTADOS

Del análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del test CHAEA sobre un total de 48 alumnos:

- No se percibe ningún estilo predominante en 10 de los casos, lo que representa el 21% del total;
- En 38 casos (79% del total) se observa uno o más estilos dominantes;
- En 22 casos el estilo predominante es puro y;
- En 16 el estilo predominante es mixto.

A partir del análisis de la información recogida mediante los otros instrumentos utilizados -registro escrito y fotográfico de la experiencia- se observa una buena disposición de los alumnos a participar en la propuesta, respetando las pautas indicadas.

Los alumnos se mostraron interesados y atentos en todo momento, trabajaron en un ambiente ameno, con los profesores que estaban a cargo del curso, pero con una propuesta diferente a la tradicionalmente pautada por la cátedra.

Luego de la puesta en común, y ante la pregunta por parte del docente sobre la comprensión de lo realizado por los distintos grupos en cada actividad. Algunas respuestas fueron:

[Alumno1] *Sí, comprendí muy bien lo realizado por cada grupo.*

[Alumno2] *Sí, llegar a un mismo resultado partiendo de caminos diferentes.*

[Alumno4] *Sí, ya que buscamos tanto analítica como práctica, la construcción de una elipse.*

CONCLUSIÓN

En relación al objetivo de la propuesta, consistente en indagar el impacto de un conjunto de estrategias didácticas elaboradas expresamente para el abordaje del concepto elipse que contemplan, para cada alumno, su Estilo de Aprendizaje predominante, notamos que:

- Las actividades desarrolladas en la clase nos permitieron advertir una predisposición para el trabajo por parte del alumnado, y que la clase se tornó en un espacio donde no hubo recelo de comunicar los hallazgos, tanto a sus compañeros como al docente. De hecho, se propuso una puesta en común para exponer los resultados obtenidos por cada grupo, momento de la clase donde hubo lugar para la discusión y para extraer conclusiones. En esta puesta en común los alumnos repararon en que las tres actividades propuestas correspondían a un mismo problema, pero a partir de un abordaje diferente.

- Los estudiantes pudieron expresar con sus palabras las características que corresponden al lugar geométrico (elipse) a partir de los hallazgos que la experimentación les proporcionó al trabajar con materiales como cartón, alfileres, piolín, compás o software. Otro hecho que puede ser observado desde la propuesta es que cada alumno pudo trabajar a su ritmo, y no al impuesto por el docente.

Al establecer una comparación entre la propuesta didáctica diseñada sobre la base de los Estilos de Aprendizaje del alumnado y el modo en que los profesores de la cátedra, presentamos la temática abordada con un enfoque tradicional. Observamos lo poco que se aprecia la riqueza que tenemos frente a nosotros en las clases y la exigua intervención que tenemos en el aprendizaje cuando el énfasis en la enseñanza, solo está puesto en la enunciación de propiedades y expresiones algebraicas de las secciones cónicas, como es el caso de la elipse. ■

Lic. Mario Di Blasi Regner | mario.diblas@gmail.com

Lic. Andrea Comerci | andreacomerci@yahoo.com.ar

Lic. Silvia Santos | silvia.santos@live.com.ar

Bibliografía referenciada

ALONSO, C., Los Estilos de Aprendizaje. Qué son, cómo diagnosticarlos, cómo mejorar el propio Estilo de Aprendizaje. (3ª edic.), Bilbao, Ed. Mensajero, 1999.

ALONSO, C. M.; HONEY, P., et al, Los Estilos de Aprendizaje, procedimientos de diagnóstico y mejora, Bilbao, Ed. Mensajero, 2000.

AGUILERA, P. E.; ORTIZ, T. E., "La caracterización de perfiles de estilos de aprendizaje en la educación superior, una visión integradora". Revista Estilos de Aprendizaje, 2010,1-20.

FALSETTI, M. C.; CARNELLI, G., et al, "Perspectiva integrada de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática: una mirada a la Educación Matemática". Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 2007, 165-186.

GALLEGO GIL, D.; NEVOT LUNA, A., "Los estilos de aprendizaje y la enseñanza de la Matemática". Revista Complutense de Educación, 2008, 95-112.

HONEY, P.; MUMFORD, A., The manual of Learning Styles. Maindehead, Peter Honey Associates, 1986.

NEVOT LUNA, A. 2004. "Estilos de Aprendizaje y enseñanza de las matemáticas", en Primer Congreso Internacional de Estilos de Aprendizaje en la Universidad Nacional de Educación a distancia, Madrid, España.

SANTAOLALLA PASCUAL, E. "Matemáticas y Estilos de Aprendizaje". Revista Estilos de Aprendizaje, 2009, 1-17.

VAN DEN HEUVEL-PANHUIZEN, M. 2001 "Realistic Mathematics Education as work in progress", en The Netherlands and Taiwan Conference on Mathematics Education, Taipei, Taiwan.

La formación ambiental en las carreras de ingeniería

Oswaldo Russo, María I. Graham.

Resumen

A partir del incremento de conflictos ambientales a nivel mundial, la formación ambiental de los graduados universitarios en las carreras de ingeniería adquiere una gran importancia y determina la necesidad de operar sobre los diseños curriculares para lograr que los futuros profesionales adquieran competencias adecuadas para ejercer su profesión en forma responsable en relación al cuidado del ambiente y la calidad de vida.

El presente artículo refiere a la situación actual de los programas de formación ambiental a nivel internacional, al marco general de la educación ambiental en nuestro país, a la función de la universidad en el área de la formación ambiental, y a la importancia y la necesidad de la plena inclusión de la formación ambiental en las carreras de ingeniería.

Asimismo, fundamenta el cambio de paradigma que representa la inclusión de la formación ambiental en su relación con los procesos educativos tradicionales y las pedagogías implementadas, y señala la necesidad y la importancia de la capacitación docente y de la investigación como estrategia educativa para la formación ambiental.

Como cierre, se presenta un caso de investigación-acción para la formación ambiental actualmente en curso en cinco Facultades Regionales de la Universidad Tecnológica Nacional.

Palabras clave: formación ambiental, desarrollo sustentable, educación ambiental, capacitación docente, participación, investigación.

Abstract

From growing in environmental conflicts at the global level, the environmental training of university graduates in engineering careers takes on great importance and determines the need to operate on the curricular designs for future professionals to acquire appropriate skills to practice their profession responsibly in relation to the care of the environment and quality of life.

This article refers to the current situation of environmental training at the international level, the general framework of environmental education in our country, the role of the University in the area of environmental training, and the importance and the need for environmental training in engineering careers.

Also, it bases the paradigm shift that represents the inclusion of environmental education in its relationship with traditional educational processes and implemented pedagogies, and points out the need and the importance of teacher training and research as an educational strategy for environmental training. In closing, is presented a case of action research for environmental training currently underway in five regional powers of the national technological University.

Key words: environmental training, sustainable development, environmental education, teacher training, participation, research.

1. LA FORMACIÓN AMBIENTAL EN LA CONSIDERACIÓN INTERNACIONAL

A nivel de la comunidad internacional, la verificación del crecimiento exponencial del deterioro ambiental y la preocupación emergente, determinaron la inclusión, el tratamiento y la discusión de la temática en foros mundiales y en muchas agendas nacionales y regionales durante las últimas décadas.

En 1977, con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, se puso en marcha el Programa Internacional de Educación Ambiental. Hasta 1992, año de realización de la Conferencia Cumbre de Río de Janeiro, los resultados alcanzados a través del mismo fueron de escasa relevancia.

Una evaluación crítica del Programa, muy atinada por su enfoque conceptual, es la de Edgar González Gaudiano y Miguel Ángel Arias Ortega, quienes opinan que el mismo fue “un intento fallido por posicionar a este campo pedagógico dentro de los sistemas educativos y en el conjunto amplio de la sociedad”, y agregan que la falla no es “solo por el agotamiento de los sistemas escolares que cada vez más muestran su incapacidad de responder a los nuevos retos del mundo actual, con un currículo en fase terminal que ya ha perdido todas sus posibilidades heurísticas, sino que la propia naturaleza crítica de la educación ambiental (EA) subvierte el statu quo de la institución escolar hegemónica”. Los mismos autores concluyen afirmando que, así, “la dimensión crítico-social de la EA trastoca la positiva organización curricular por disciplinas, la estructura y gestión escolares, e incluso el vínculo pedagógico entre el profesor y el alumno, por mencionar sólo algunos”. Consideramos que las mencionadas referencias a los sistemas escolares, son extensivas a los sistemas educativos en general, educación superior incluida.

Mayor actualidad tienen los conceptos sobre Educación para el Desarrollo Sostenible derivados de la Cumbre Mundial Sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, 2002. Durante dicha conferencia se reforzó la idea de que “la educación para la sostenibilidad deberá potenciar el compromiso con valores, principios, actitudes y comportamientos y, más concretamente, con una noción de justicia y equidad ampliamente comprendida, así como, el sentimiento de compartir un destino común con todos los pueblos”. En esta propuesta se considera que la educación no debe limitarse a enfatizar solamente las disciplinas, áreas o temas que mejoren la comprensión del contexto y la naturaleza.

Se pretende también “situar un sistema de valores, virtudes y ética en el centro de todas las preocupaciones de las naciones y de la comunidad internacional” como una de las claves en las próximas décadas.

En diciembre de 2002, la Asamblea General de las Naciones Unidas, en su Resolución 57/254, proclamó el período comprendido entre 2005 y 2014 “Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible”, asignando a la UNESCO la responsabilidad de constituirse en organismo rector y coordinador mundial del Decenio y en ejecutor de las actividades correspondientes.

2. MARCO GENERAL DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN ARGENTINA

La Ley 25.675 General de Ambiente establece que la Educación Ambiental forma parte de los instrumentos necesarios para la política y la gestión ambiental del país. En sintonía con esa idea, la Ley 26.206 de Educación Nacional, ha indicado en su texto que se dispondrá de las medidas necesarias para proveer la educación ambiental en todos los niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional. La aprobación del proyecto de Ley de Educación Ambiental, que lamentablemente ha perdido estado parlamentario, constituiría un valioso complemento normativo para profundizar las políticas educativas del área.

3. FORMACIÓN AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD

El informe final de la Conferencia de Tbilisi, establece que “Las universidades, en su calidad de centros de investigación, de enseñanza y de formación del personal calificado del país, deben dar cada vez mayor cabida a la investigación sobre Educación Ambiental y a la formación de expertos en educación formal y no formal. La Educación Ambiental es necesaria para los estudiantes, cualquiera que sea la disciplina que estudien, ya sean las Ciencias Exactas y Naturales, las Ciencias Sociales o las Artes, puesto que la relación que guardan entre sí la naturaleza, la técnica y la sociedad marca y determina el desarrollo de una sociedad”.

Esta visión, actualmente enriquecida con propuestas formativas para el desarrollo sustentable, en general se incluye tácita o explícitamente como fundamento en un gran número de diseños curriculares de diferentes disciplinas que se dictan en nuestras Universidades. No obstante, la mayoría de las acciones que se llevan a cabo no se corres-

ponden con el discurso, y los contenidos programáticos prescriptos evidencian una escasa inclusión de contenidos ambientales.

4. LA IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN AMBIENTAL EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

Las intervenciones de la ingeniería inciden fuertemente en el desarrollo de la sociedad contemporánea siendo muy significativa la cantidad de problemas ambientales y socio-ambientales asociados a la disciplina. Es indispensable, en consecuencia, que los futuros ingenieros adquieran una adecuada formación para desempeñarse responsablemente y que eviten, a través de sus acciones tecnológicas y del uso inadecuado de recursos humanos y naturales, generar efectos socio-ambientales lesivos al ambiente y a la calidad de vida.

Es responsabilidad de las Universidades proyectar diseños curriculares con contenidos ambientales y proponer estrategias pedagógicas orientadas a estimular el pensamiento crítico en relación a: 1) la interacción sistémica de factores ambientales; 2) la prevención y estudio de los impactos ambientales producidos por las obras de ingeniería civil; 3) la necesidad de asumir compromisos a favor del desarrollo sustentable.

5. LA INCLUSIÓN DE LA FORMACIÓN AMBIENTAL EN LOS PROCESOS EDUCATIVOS

Como define Enrique Leff (1998: 209): “La educación ambiental¹ se inscribe así dentro de un proceso estratégico que estimula la reconstrucción colectiva y la reapropiación subjetiva del saber. Ello implica que no hay un saber ambiental hecho y ya dado, que se imparte y se inserta en las mentes de los educandos, sino un proceso educativo que fomenta la capacidad de construcción de conceptos por los alumnos a partir de sus significaciones primarias. En esta perspectiva educativa, el alumno es un actor inserto en un medio ideológico y social, donde se forma a través de prácticas en las que pueden transmitirse (memorizarse) conocimientos (modelo tradicional), o fomentarse capacidades para que el alumno forje su saber personal en relación con su medio, a través de un pensamiento crítico.”

1- Lo que en la cita se define como “educación ambiental” es lo que, en los términos de este artículo, se entiende como “formación ambiental”, instancia superadora de la “educación ambiental” (transmisión de contenidos, en este caso ambientales, según el modelo tradicional).

A partir de esta definición, la formación ambiental subvierte, compleja y positivamente, el orden tradicional de los procesos de enseñanza y aprendizaje, e introduce una concepción sistémica y transdisciplinaria transversal diferenciada de los actuales diseños curriculares estructurados fragmentariamente que, aún hoy, conservan una vigencia temporal pedagógicamente inexplicable.

Los conflictos ambientales son, en esencia, la manifestación de comportamientos sociales resultantes de reglas de juego y modelos inadecuados de desarrollo impuestos por los procesos de globalización. La formación ambiental, en armonía con la necesaria refuncionalización de la educación superior, debe constituirse en una herramienta eficaz para que los futuros profesionales de la ingeniería prevean, eviten, resuelvan y/o mitiguen los problemas ambientales desarrollando competencias generales y específicas con sentido ético y social.

6. LA CAPACITACIÓN DOCENTE PARA LA FORMACIÓN AMBIENTAL

Considerar la profundidad de los cambios que implica la inclusión de la formación ambiental en carreras de ingeniería conlleva la necesidad de que la práctica docente renueve propuestas conceptuales, metodológicas y actitudinales.

Las destrezas para la transmisión de conocimientos ambientales desde una mirada amplia, integradora y renovadora, no son solamente volitivas, ya que demandan, por parte de los docentes, la apropiación de un nuevo sistema de representaciones de carácter complejo, holístico, transdisciplinario y participativo, y la puesta en juego de valores desde una mirada crítica de la realidad.

La construcción de un nuevo sistema de representaciones incluye, necesariamente, la comprensión del carácter sistémico de las cuestiones ambientales, el reconocimiento de los ejes conceptuales que las definen y las caracterizan. A partir de tal comprensión, los docentes podrán asumir que los saberes ambientales no constituyen una nueva área disciplinar, sino una problematización de todas las disciplinas operada en todos los niveles del sistema educativo.

La capacitación permanente por parte de los docentes para incluir la temática ambiental solo es posible a través del compromiso y la participación activa de los mismos en un proceso que no es solo de formación externa, sino también de autoformación crítica.

7. LA INVESTIGACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA LA FORMACIÓN AMBIENTAL

El carácter sistémico e integrador de la enseñanza de la ingeniería impone el desafío de articular la formación con la investigación educativa, la investigación aplicada, y la concientización de los ingenieros acerca de su rol en la solución de los problemas que acentúan la desigualdad social y afectan la calidad de vida de las personas individuales y colectivas.

La investigación en el área de la formación ambiental se inserta naturalmente en el campo de una investigación educativa, caracterizada por planteos pedagógicos articulados con saberes técnicos, sociales y ambientales. La esencia propia de la actividad demanda estrategias que aporten a la construcción de conocimientos desde la reflexión y la acción.

Dentro de dicho contexto es necesario que la investigación educativa en temas ambientales para la formación de ingenieros sea participativa, tanto al interior de las instituciones universitarias como en su relación con las regiones a las que pertenecen, y asuma como objetivo el aporte de dar respuestas concretas a las expectativas de una mejor calidad de vida colectiva e individual de sus comunidades. En lo interno, la estrategia de investigación requiere articularse con la gestión institucional y con la gestión académica prescripta y actuada. En su relación con el contexto regional deberá considerar el desarrollo local, reconocer los conocimientos tácitos de la comunidad (saberes autóctonos y populares), la pertinencia de las tecnologías tradicionales propias de la región y su relación con nuevas tecnologías sustentables.

8. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN RED ENTRE CINCO FACULTADES REGIONALES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

La preocupación por la insuficiencia y/o ausencia de contenidos ambientales en el diseño curricular de las carreras de ingeniería de la UTN, ha motivado a las Facultades Regionales Bahía Blanca, Buenos Aires, General Pacheco, Mendoza y Rosario a desarrollar el Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) en red denominado “Estrategias didácticas y metodológicas para transferir saberes ambientales en la formación del Ingeniero Civil de cinco Facultades de la UTN”. Se trata de una investigación de carácter propositivo/participativo que plantea la elaboración e implementación experimental de instrumentos y es-

trategias didáctico-pedagógicas para incorporar el saber ambiental en la formación del ingeniero civil.

El PID adopta una metodología “investigación-acción” adecuada a la necesaria participación de los actores centrales del proceso educativo. En tal sentido se investiga “para los docentes y con los docentes”, “para los alumnos y con los alumnos”.

Las acciones conjuntas con los docentes incluyen el dictado de Seminarios de Capacitación Ambiental, mientras que la tarea con los alumnos involucra la integración de alumnos becarios y la transferencia a las aulas de los resultados obtenidos.

A partir de una evaluación diagnóstica de los contenidos ambientales prescriptos y actuados en cada Facultad, se acordaron los ejes conceptuales de la propuesta (ver Cuadro Anexo 1) que guiarán el curso de la investigación y la propuesta de capacitación. Actualmente se analizan los resultados del primer Seminario de Capacitación Docente en formación ambiental recientemente desarrollado a través de videoconferencias simultáneas, destacándose que, en esta etapa, treinta docentes de las Facultades que participan en el PID, se constituyeron en alumnos investigadores aportando sus comentarios y conclusiones.

9. CONCLUSIONES

Los responsables de elaborar los diseños curriculares de las carreras de ingeniería, tanto en el orden nacional como en el regional, enfrentan el crucial desafío de romper patrones normativos, conceptualmente perimidos y sustentados en la imitación y adopción de modelos supuestamente innovadores; patrones que, lamentablemente, suelen responder, tácita o explícitamente, a un mercado profesional cuyas prácticas y demandas generalmente colisionan con los principios y valores éticamente asociados al concepto de una ingeniería para el desarrollo sustentable.

Las acciones desarrolladas y previstas en el PID, representan, a juicio de los investigadores, una instancia concreta de “pasaje del discurso a la praxis”. Los resultados ya obtenidos permiten avizorar posibilidades firmes de implementación de diseños curriculares prescriptos y/o actuados que, atravesando la totalidad de la carrera, desde primero a sexto año, integren y articulen los conceptos, criterios y contenidos esenciales a la formación ambiental de los ingenieros civiles UTN.

El PID prevé, en su etapa de cierre, la implementación de experiencias piloto, a desarrollar simultáneamente en el aula y a lo largo de la carrera, bajo la premisa de formar ambientalmente desarrollando y aplicando herramientas didáctico-pedagógicas sustentables que eviten el incremento de la carga horaria, la cantidad de actividades que conforman el currículo, y la duración total de los estudios. Se aspira, finalmente, a aportar directrices que faciliten la tarea de elaboración de diseños curriculares que permitan satisfacer las demandas de ingenieros asociadas al crecimiento productivo del país, y respetando los principios inherentes a una formación sistémica, integrada y comprometida con el desarrollo sustentable. ■

Oswaldo Russo
Ingeniero en Construcciones – Ingeniero Vial (UTN-FRBA)
Profesor de “Territorio y Gestión Ambiental” / Maestría en Gestión y Planificación de la Ingeniería Urbana. UTN – UNBA
Investigador: UTN, Facultad Regional General Pacheco
e-mail: ingosvaldorusso@yahoo.com.ar

María I. Graham
Mg. Arquitecta (UNBA)
Profesora de “Ingeniería, Ciudad y Ambiente” / UTN, Facultad Regional General Pacheco
Investigadora: UTN, Facultad Regional General Pacheco
e-mail: mariaigraham@gmail.com

Bibliografía

- Arias Ortega Miguel Ángel, González Gaudiano Edgar. La educación ambiental institucionalizada: Actos fallidos y horizontes de posibilidad. Perfiles Educativos | Vol. XXXI, núm. 124, 2009 | IISUE-UNAM (2009)
- Leff, Enrique. Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder. Buenos Aires: PNUMA Siglo XXI. (1998).
- Conferencia Intergubernamental de Educación Ambiental de Tbilisi (RSS de Georgia, URSS). 14 al 26 de octubre de 1977.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente. Nuestro futuro común. Madrid. Editorial Alianza. (1988)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Transformación productiva con equidad. La tarea prioritaria de América Latina y el Caribe en los años noventa. Santiago de Chile. Publicación de las Naciones Unidas. (1990)
- Gómez Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid. Grupo Mundi-Prensa. 2da Edición (2002)
- Pesci, Rubén. Proyección Ambiental; Serie Desarrollo Sustentable, N° 2. La Plata. Fundación CEPA (1995)
- Pesci, Rubén. Proyectar la sustentabilidad. La Plata. Editorial CEPA (2007)

CUADRO ANEXO 1 – MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN DE EJES CONCEPTUALES

Eje	Caracterización
Territorio	 <p>Espacio terrestre delimitado mediante algún atributo específico: político, administrativo, económico, productivo, técnico, hidrográfico, etc., y por tanto constituyendo un sistema de referencia. Los habitantes habitan un territorio determinado y con ello lo conforman. Habitando existen: es su manera de estar en el mundo. Los seres humanos existen como habitantes y por ello necesitan construir. Construyen edificando y construyen cultivando. Transforman al territorio en un lugar: lo humanizan, lo cargan de significados e historias. Lo hacen suyo y lo construyen</p>
Ambiente	 <p>Es el entorno vital; el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia. No debe considerarse, pues, como el medio envolvente del hombre, sino como algo indisociable de él, de su organización y de su progreso (Gómez Orea, 2002).</p>
Sustentabilidad	 <p>El término “sustentabilidad” sufrió diferentes transformaciones a lo largo del tiempo hasta llegar al concepto moderno basado en el desarrollo de los sistemas socioecológicos para lograr una nueva configuración en las tres dimensiones centrales del desarrollo sustentable: la económica, la social y la ambiental. “Un proceso es sostenible cuando ha desarrollado la capacidad para producir indefinidamente a un ritmo en el cual no agota los recursos que utiliza y que necesita para funcionar y no produce más contaminantes de los que puede absorber su entorno.”</p>
Desarrollo Sustentable	 <p>Desarrollo Sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propios requerimientos. Nuestro Futuro Común. 1987- Gro Harlem Brundtland</p> <p>Desarrollo Sustentable: Transformación productiva con equilibrio ecológico y equidad distributiva. CEPAL (Comisión Económica para América Latina)</p> <p>La sustentabilidad está no solamente en el mantenimiento de un adecuado uso de los recursos naturales, sino fundamentalmente, en la sustentabilidad de las estrategias sociales que se plantean los grupos humanos para mantener la búsqueda de sus mejores condiciones de vida. Es la sustentabilidad que América Latina necesita. (Arq. Rubén Pesci - Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales)</p>
Participación Social	 <p>“En el discurso, el campo es de convergencias; en los hechos vamos a encontrar más conflictos que convergencias. Cualquier escenario está atravesado por conflictos basados en la heterogeneidad de los actores sociales: el conflicto es habitual. La intervención en un sistema ambiental o en un escenario para iniciar procesos de modificación ambiental, comienza siendo conflictivo, porque está siendo modelado por dichos actores o por los que tienen algún impacto en él desde fuera. Otro de los problemas que se encuentran es que ese escenario no está vacío; está siendo modelado permanentemente en función de la interacción de actores que están allí disputando, quizás salvajemente, por el uso y aprovechamiento de ese espacio, de ese territorio que estamos observando.” (Arq. Rubén Pesci - Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales)</p>

Análisis de índices de confort térmico para las condiciones de la República Argentina, comenzando por Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Provincia de Buenos Aires

Luis H. Hernández , Pedro R. Juárez, José Loguercio, Juan C. Borhi, Cristián S. Balderrama.

Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE)
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Gral. Pacheco.

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar distintos índices de confort térmico utilizando los métodos fisiológicos de confort de Fanger, el índice de nueva temperatura efectiva y los métodos adaptativos de Humphreys, Auluciems y De Dear; contribuir a la eficiencia energética y aprovechar mejor los recursos energéticos en un contexto de calentamiento global y cambio climático. Este análisis permitirá establecer el confort térmico para proyectos de edificaciones y plantas industriales a partir de datos climatológicos. Por medio del análisis comparativo de los distintos índices, y mediante la confección de mapas temáticos determinados por interpolación usando los datos climáticos de las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional de 26 ciudades, se podrá disponer de las condiciones de confort y psicométricas que establecen las normas para el bienestar humano y se elaborarán mapas que identifiquen las condiciones de confort. Esto permitirá establecer estrategias bioclimáticas de climatización para ejecutar proyectos de máxima eficiencia energética.

Palabras claves: Confort térmico, Mapa bioclimático, Modelos adaptativos, Uso eficiente de la energía

Abstract

The objective of this paper is to analyze different rates of thermal comfort, with physiological methods Fanger comfort, the rate of new effective temperature and the adaptive methods Humphreys, Auluciems, De Dear, contribute to energy efficiency and get more energy resources in a context of global warming and climate change. This analysis will establish thermal comfort for building projects and industrial plants from climatological data.

Through comparative analysis of the various indices and by producing thematic maps determined by interpolation using weather station data from the National Weather Service 26 cities and have the comfort and psychometric conditions that set the standards for the human welfare, maps identifying comfort conditions be developed, thus establishing HVAC bioclimatic strategies to implement projects of maximum energy efficiency.

Keywords: Thermal comfort, bioclimatic map, adaptive models, efficient use of energy

INTRODUCCIÓN

La información que figura actualmente en las bibliografías, en el contexto del calentamiento global y del cambio climático se encuentra desactualizada. Por lo tanto, se requiere obtener información climatológica para ciertas localidades, de forma tal de proveer información general por medio de mapas que presenten información específica sobre índices de confort térmico para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A.) y para la Provincia de Buenos Aires.

Aprovechando las ventajas de la superposición de mapas, en este proyecto se utilizará este método para realizar el análisis de las variables climatológicas, ambientales, y particularmente aquellas de interés bioclimático ^[1].

Hoy en día la demanda de sistemas de aire acondicionado por parte de diferentes industrias, así como también los requerimientos de las edificaciones para áreas comerciales -tanto de oficinas como residenciales- implican la necesidad de definir rangos de temperaturas y humedad adecuados para sus procesos productivos y para el confort de sus ocupantes. Por tal motivo, el desarrollo de los índices de confort se ha venido desarrollando durante el siglo XX y hasta nuestros días, principalmente de tres maneras: Los índices empíricos, los racionales y los híbridos.

En la actualidad existen básicamente dos tendencias: El modelo fisiológico de Fanger y los modelos Adaptativos (de adaptación). Estos últimos reconocen que las personas no son receptores pasivos de las impresiones sensoriales sino, que son participantes activos en el equilibrio dinámico con el ambiente térmico. Por lo tanto, las personas junto con su ambiente físico y social pueden ser consideradas como un sistema dinámico.

DESARROLLO

Con motivo de contribuir a la eficiencia energética de forma tal de aprovechar mejor los recursos energéticos en un contexto de calentamiento global y de cambio climático, poder establecer el confort térmico para proyectos de edificaciones y plantas industriales a partir de datos climatológicos contribuye a un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos renovables. Dado que la biotecnología es la ciencia que estudia la vida en relación al clima y la influencia que éste ejerce sobre los seres vivos se pretende, a través de los diferentes índices térmicos, utilizar los elementos favorables del clima con el objeto de satisfacer las necesidades mínimas

de confort para así establecer mejoras. Para ello se toma en cuenta que el mayor consumo energético ^[2 y 3] se produce en la época cálida y que, además de prolongarse hasta el otoño, se intercala en los meses invernales, cuando los factores determinantes del confort dependerán en gran medida de la velocidad con que se desprenda de calor el cuerpo humano. Esto último está supeditado a:

- a) Temperatura ambiente del aire,
- b) Humedad del aire.
- c) Velocidad del aire.
- d) Temperatura radiante media.

Hay que considerar que un edificio y/o vivienda que ha acumulado calor tiene capacidad radiante, y que su incidencia sobre el confort es más importante que la temperatura ambiente y que es capaz de modificar de manera fundamental la sensación de bienestar de sus ocupantes.

De todos estos elementos depende que el calor que constantemente produce el ser humano se disipe, desprendiéndose el exceso mediante las cuatro formas conocidas: Convección, radiación, conducción y evaporación.

Por lo tanto, antes de iniciar un proyecto, es fundamental conocer los elementos del clima y las estadísticas meteorológicas del lugar, como ser:

1. Viento (frecuencia, dirección, velocidad).
2. Temperatura y humedad (variaciones diarias y estacionales).
3. Radiación solar (Régimen horario diario y estacional).

Todos estos elementos, tanto de confort como del clima en sí, deben considerarse simultáneamente de manera de reducir el consumo de energía a causa de una climatización artificial, y plantear una alternativa para un acondicionamiento natural.

Por tal motivo, como resultado del análisis de la información climática de nuestro país y de las condiciones de confort y psicométricas que establecen las normas para el bienestar humano, se han elaborado mapas que identifican las condiciones de confort, de frío y de calor, lo que permitirá establecer estrategias bioclimáticas de climatización para ejecutar proyectos de máxima eficiencia energética. Estos mapas son las herramientas con las que se podrá establecer si el ambiente externo permite climatizar en forma pasiva y en un determinado lugar geográfico, donde no existan condiciones climatológicas extremas. Dicho de otro modo, un sistema de aire acondicionado no es indispensable si se logra un buen diseño bioclimático, como por ejemplo concretar una

construcción edilicia aprovechando los recursos materiales disponibles, tales como la orientación, el tamaño y la ubicación de las ventanas, las sombras externas o internas, los aislamientos adecuados y la ventilación natural.

Por otro lado, se podría verificar el funcionamiento de distintos edificios o conjuntos habitacionales existentes, e implementar un estudio para la posible refuncionalización energética [4].

Objetivo

Como objetivo de este proyecto se analizaron distintos índices de confort térmico para la República Argentina. Entre ellos los métodos fisiológicos de confort de Fanger, el índice de nueva temperatura efectiva, la temperatura efectiva estándar, así como también los métodos adaptativos de Humphreys y Nicol, Auluciem, De Dear y Brager [5].

Se realizó un análisis comparativo de los distintos índices a través de mapas temáticos determinados por interpolación, usando la base de datos climáticos de los observatorios y estaciones del Servicio Meteorológico Nacional.

En esta etapa se confeccionaron mapas bioclimáticos de C.A.B.A. y de la Provincia de Buenos Aires, y en el futuro se podrá elaborar un atlas bioclimático de la República Argentina.

Metodología

Se han seleccionado variables dependientes o incógnitas, que fue necesario calcularlas en función de las variables independientes o datos. Estos últimos son los parámetros necesarios para caracterizar un medioambiente desde el punto de vista térmico, o sea, parámetros primarios que se describen a continuación:

1. Temperatura del aire t_a (°C).
2. Temperatura media de radiación t_r (°C).
3. Humedad absoluta del aire P_a (en Kilopascales KPa).
4. Velocidad del aire V_a (m/seg).
5. Metabolismo (Watt o Watt/m² de superficie corporal).
6. Aislación de la vestimenta (unidades Clo).

Las cuatro primeras variables (t_a , t_r , v_a y H) son dependientes del ambiente de trabajo. El metabolismo y el aislamiento de la vestimenta, dependientes de la tarea a desarrollar y de la persona que la ejecuta.

Para nuestros cálculos utilizamos las variables mencionadas precedentemente. Dado que el Servicio Meteorológico Nacional nos proveyó información de mediciones de temperaturas máximas y mínimas, pero no de temperaturas horarias, se determinó la evolución horaria a partir de los datos mensuales mencionados precedentemente, de forma tal de salvar la falta de información higrótérmica horaria mensual que existe en gran cantidad de localidades del país.

Para determinar las condiciones o sensaciones térmicas se realizaron los siguientes pasos:

1. Se solicitó al Servicio Meteorológico Nacional los siguientes datos: Temperatura máxima media mensual más alta del año, temperatura mínima media mensual más baja del año, temperatura media anual para un sitio determinado.
2. Se calculó la posición del centro de la zona de confort: T_n .
3. Se calculó la amplitud de la zona de confort, para lo que se determinó la oscilación media anual de la temperatura del aire a partir de hallar la diferencia entre la máxima media mensual más alta y la mínima media mensual más baja, de tablas obtener la amplitud de la zona de confort en ° TEC y con dicha amplitud, centrada en torno a T_n , se establecieron los límites de la zona de confort.
4. Se definieron las condiciones de sensación térmica, para lo cual se procesarán los datos de temperatura y humedad relativa horaria.
5. Se analizaron los principales índices térmicos de modo de establecer el grado de confort o no en un ambiente. Entre otros índices se estudió el modelo fisiológico de FANGER, basado en el balance térmico con el cual se puede cuantificar el grado de inconfort a través del voto medio previsto (PVM) y el porcentaje de insatisfechos. También el modelo adaptativo, como ser el índice de HUMPHREYS, relacionado con la temperatura interior de confort en función de la temperatura media mensual; el índice de AULICIEMS, que pondera la temperatura neutra en función de la temperatura media mensual; y el índice de DEAR, que establece la temperatura interior óptima en función de la nueva temperatura efectiva.
6. Se digitalizaron los mapas temáticos de los distintos índices de confort obtenidos a partir de datos climatológicos básicos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y de la Provincia de Buenos Aires. Estos mapas se elaboraron con el programa ARC GIS 10.

Modelo de Fanger

Relacionó los datos de confort con variables fisiológicas [7]. Para un dado nivel de actividad M , y cuando el cuerpo no está lejos de la neutralidad térmica, la temperatura media de la piel y la tasa de sudoración son los únicos parámetros fisiológicos que influyen sobre el balance térmico. Sin embargo, el balance térmico por sí solo no es suficiente para establecer el confort térmico.

Teniendo en cuenta la ecuación de balance térmico y la relación de cada uno de sus componentes con la temperatura de la piel y la sudoración, y considerando los resultados experimentales, Fanger encontró una simple ecuación denominada “ecuación de balance térmico”. En ella se asume que todo el sudor generado es evaporado. Este último concepto es válido para ambientes con bajos o moderados niveles de actividad metabólica.

La ecuación combina las variables personales y ambientales para producir una sensación neutra, y está dada por la ecuación (1)

La resolución de esta ecuación es bastante compleja, debido a que involucra procesos de transferencia de calor relativamente complicados. La solución es muy laboriosa y requiere de procesos iterativos. Por esta razón existen diagramas que facilitan su aplicación práctica donde se pueden extraer las siguientes consideraciones:

- La humedad en personas en conformidad con el ambiente térmico influye de manera relativamente moderada. Un cambio de 0 a 100% en la humedad relativa puede ser compensado por una disminución de la temperatura de entre 1,5 y 3 [°C].
- El efecto de la humedad es relativamente independiente de la vestimenta y el nivel de actividad.
- El efecto moderado de la humedad solo es aplicable para las condiciones de confort y estado estable.
- La temperatura necesaria para el confort es independiente de la velocidad del aire cuando ésta es muy pequeña.
- Un incremento en la velocidad del aire de 0,1 a 0,3 [m/s] puede ser compensado con un incremento en la temperatura de 1,5 a 3 [°C].
- Para obtener un clima térmico uniforme dentro de la

zona ocupada, debe mantenerse la velocidad del aire inferior a 0,1 [m/s].

- La influencia de la vestimenta sobre la temperatura de confort se incrementa con el aumento del nivel de actividad.

La ecuación enunciada en esta sección y los conceptos volcados anteriormente son de mucha utilidad a la hora de buscar un índice que evalúe la sensación térmica de los ocupantes de un espacio dado.

Hay que tener en cuenta la recomendación de la norma UNE-EN ISO 7730 [7], que limita el campo de actuación de las variables que intervienen en el uso de este método para su correcto funcionamiento. Estas limitaciones se reflejan en los intervalos Tabla 1 [5].

Porcentaje Estimado de Insatisfechos (PPD)

Como se puede apreciar en el apartado correspondiente al índice del voto medio estimado (PMV), éste no es otra cosa que el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas expuestas al mismo ambiente. No obstante, los votos individuales presentan una dispersión alrededor de dicho valor medio, y es de gran utilidad el prever el porcentaje de personas que van a estar incómodas por frío o por calor. Esta previsión la conseguimos mediante el índice PPD, basándonos una vez más en la escala de sensación térmica presentada en la Tabla 2.

Una vez determinado el índice PMV, podemos obtener el porcentaje estimado de personas térmicamente insatisfechas (PPD) mediante la ecuación (2) porcentaje estimado de Insatisfechos (PPD) en %. En la Figura 1 se puede observar la relación entre ambos índices.

Modelos Adaptativos

Los modelos adaptativos incluyen en cierta manera las variaciones en el clima exterior para determinar las preferencias térmicas en el interior. Por el contrario, el índice de confort térmico de FANGER fue establecido por medio de estudios en cámaras controladas, con persona jóvenes, en reposo y de origen norteamericano o europeo.

Humphreys hizo una revisión de los estudios de campo, en la que encontró una fuerte dependencia estadística de las neu-

tralidades térmicas (Tn) o temperaturas en las que un mínimo estrés fue reportado en escalas verbales en niveles medio de temperaturas del aire o temperatura del globo (Ti) experimentada por los encuestados en interior o exterior. En un período de aproximadamente un mes se encontró que el valor de Tn, ecuación (3), varía unos 13 °C, entre 17 °C y 30 °C.

Un posterior análisis de Humphreys sustituyó la temperatura interior por la temperatura media exterior, ecuación (4). Los modelos adaptativos admiten, en cierta manera, las variaciones en el clima exterior para determinar las preferencias térmicas en el interior.

Para definir la temperatura neutra o de confort se tomará el promedio de seis modelos bioclimáticos adaptativos encontrados en una revisión bibliográfica (Humphreys, 1978; Auliciems y de Dear, 1986; Humphreys y Nicol, 2002; Nicol y Roaf, 1996; de Dear y Brager, 2001, y Heidari y Sharples, 2002), ecuación (5):

Donde Tn es la temperatura neutra y Tem es la temperatura media mensual.

ECUACIONES, FIGURAS Y TABLAS

$$M - W = 3,96 \times 10^{-8} fcl [(tcl + 273)^4 - (trm + 273)^4] + fcl hc (tcl - ta) + 3,05 [5,73 - 0,007 (M - W) - \phi] + 0,42 [M - W - 58,15] + 0,0173 M (5,87 - \phi) + 0,0014 M (34 - ta) \quad (1)$$

Donde

ϕ = es la humedad relativa.

ta = es la temperatura del aire, en [°C].

fcl = es un factor de área cubierta por la vestimenta.

tcl = es la temperatura superficial de la ropa en [°C].

hc = coeficiente de transferencia de calor por convección, en [W m² °K].

Como parte del cálculo tcl, hc y fcl son determinados respectivamente por las siguientes ecuaciones.

$$tcl = 35,7 - 0,028 (M - W) - fcl hc (tcl - ta) - 3,96 \times 10^{-8} fcl [(tcl + 273)^4] - (trm + 273)^4$$

Coef. de convección Valor (W/m² K), 2 Condiciones

$$hc = 2,38 \cdot (tcl - ta)^{0,25} \quad \text{si: } 2,38 \cdot (tcl - ta)^{0,25} > 12,1 \cdot Var^{0,5}$$

$$hc = 12,1 \cdot Var^{0,5} \quad \text{si: } 2,38 \cdot (tcl - ta)^{0,25} < 12,1 \cdot Var^{0,5}$$

Donde estas ecuaciones para tcl y hc pueden resolverse por iteraciones sucesivas.

Factor de vestimenta Valor (%) Condición

$$fcl = 1,00 + 1,290 \cdot lcl \quad \text{si: } lcl < 0,5 \text{ clo}$$

$$fcl = 1,05 + 0,645 \cdot lcl \quad \text{si: } lcl > 0,5 \text{ clo}$$

Donde Var es la velocidad del flujo de aire, en [m/s] e lcl es la resistencia térmica de la ropa, en [clo] (1[clo] = 0,155 [°K m² / W]).

Parámetro	Unidad	Lím. Inf.	Lím. Sup.
M	met	0,8	4
lclo	Clo	0	2
Ta	°C	10	30
TRM	°C	10	40
Var	m/s	0	1
Pa	Pa	0	2700
H.R.	%	30	70
PMV		-2	+2

Tabla 1. Límites recomendados s/ UNE-EN ISO 7730

PMV	PPD	Sensación
+3	99%	Muy caluroso
+2	77%	Caluroso
+1	26%	Ligeramente caluroso
0	5%	Confort (neutro)
-1	26%	Ligeramente frío
-2	77%	Frío
-3	99%	Muy frío

Tabla 2. Escala de sensación térmica

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2} \quad (2)$$

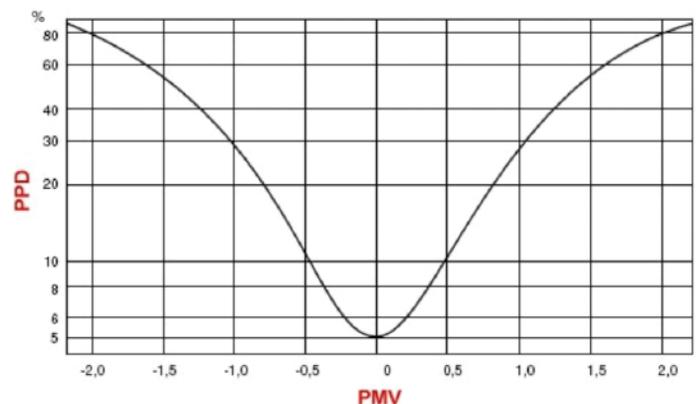


Figura 1 Relación entre voto medio estimado (PMV) y personas térmicamente insatisfechas (PPD)

$$Tn = 2.56 + 0.86 Ti \quad (3)$$

$$Tn = 11.9 + 0.534 Tem \quad (4)$$

$$Tn = 16.17 + 0.389 Tem \quad (5)$$

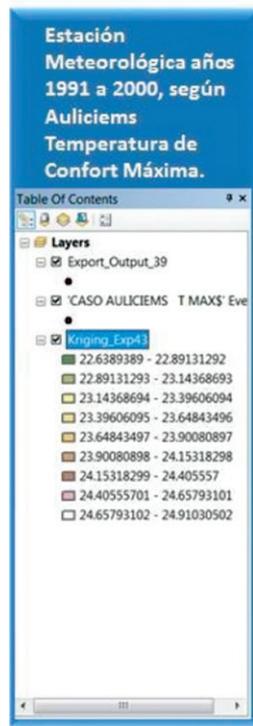
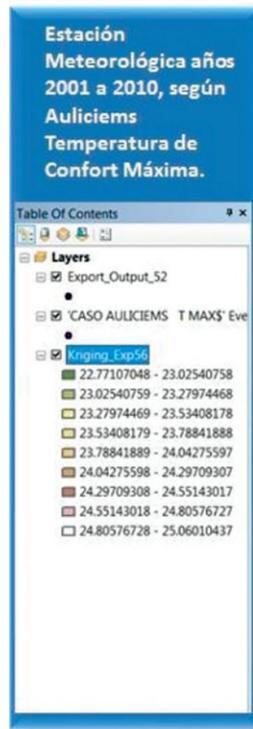
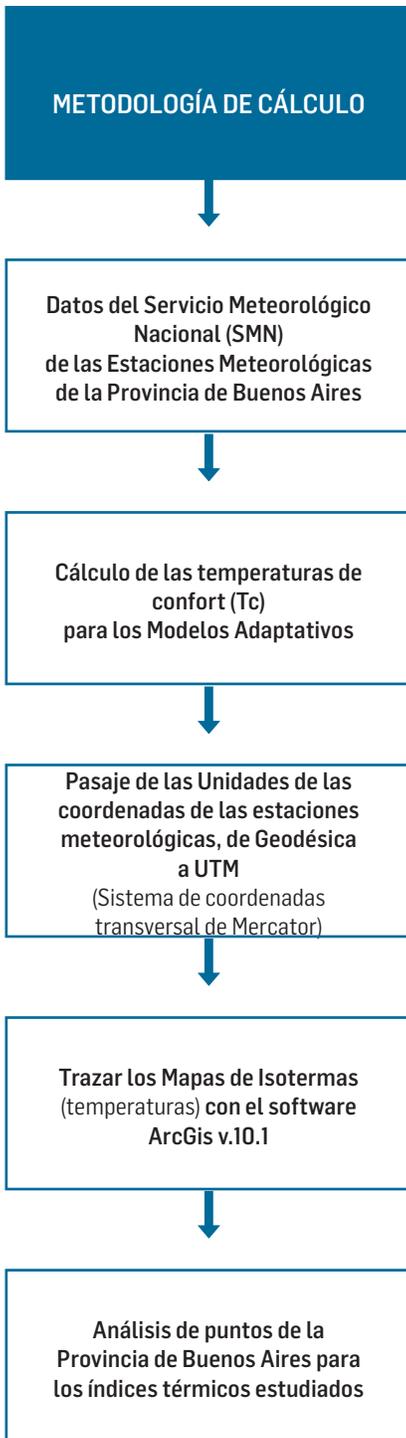


Figura 2. La metodología de cálculo

Figura 3. Mapas de isothermas

República Argentina		Temperatura de Confort Máximo (media)		Variación de década a década aproximada
Prov. de Buenos Aires	Estaciones Meteorológicas	Auliciems 1991-2000	Auliciems 2001-2010	
Norte	Nueve de Julio	24,2 °C	24.4 °C	0.2 °C
Centro-Este	Tandil Aero	23.7 °C	23.9 °C	0.2 °C
Sur	Tres Arroyos	24.0 °C	23.4 °C	0.6 °C

República Argentina		Temperatura de Confort Máximo (media)		Variación de década a década aproximada
Prov. de Buenos Aires	Estaciones Meteorológicas	Humphrey 1991-2000 edificios combinados	Humphrey 2001-2010 edificios combinados	
Norte	Nueve de Julio	24,2 °C	24.6 °C	0.4 °C
Centro-Este	Tandil Aero	22.5 °C	23.6 °C	0.1 °C
Sur	Tres Arroyos	23.8 °C	23.2 °C	0.6 °C

Tabla 3. Tendencia de variación de temperatura, desde la década de 1990-2000 a la de 2001-2010.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones del ambiente, los factores que en orden de importancia afectan el confort humano son: temperatura, humedad, movimiento de aire y distribución y pureza (la calidad del aire respecto a olores, polvos, gases tóxicos y bacterias). No podrá obtenerse confort a menos que estos factores estén debidamente controlados. Deben considerarse estos cuatro términos básicos en sistemas de aire acondicionado^[6], ya que la sensación de bienestar de una persona se relaciona con las condiciones del aire ambiente en que se encuentra. Con este proyecto de investigación se pretende hacer una regionalización general y establecer las estrategias de diseño bioclimático básicas para una región. Al disponer de mapas temáticos surgidos del análisis de los índices de confort térmico, se tendrá acceso a información climatológica para algunas localidades y se podrá visualizar gráficamente zonas homogéneas o heterogéneas, áreas de concurrencia o divergencia y fenómenos aislados o sobrepuestos espacialmente, que permitirán tener un conocimiento de todos los fenómenos ocurridos en un ámbito geográfico específico. Ésta es una potencial herramienta para el análisis y evaluación de distintos parámetros ambientales en la planificación. Por ejemplo, los contenidos del calentamiento global y el cambio climático que impactan en la Provincia de Buenos Aires no están actualizados. A través de estos mapas, que presentan información sobre índices de confort térmico de la Provincia de Buenos Aires, se suministrarán datos ge-

nerales por medio ^[Figura 3] donde se observó una variación térmica al cambiar de una década a otra.

La metodología de cálculo está representada en la Figura 2.

Con toda esta información presentada y los cálculos realizados, llegamos a obtener, para la Provincia de Buenos Aires los mapas de representación de las curvas de temperatura con los diferentes modelos. Es decir que, al realizar un análisis de los mapas con las curvas isotérmicas y considerando los modelos con los cuales se realizaron los cálculos, llegamos a obtener la tabla 3. En ésta se detallan los puntos que nos llevan a concluir que existe una tendencia de variación de temperatura en incremento, desde la década de 1990 hasta la década del 2000, según el modelo que se utilizó para dichos cálculos.

Además se obtienen otras conclusiones, como ser que en el centro de la Provincia de Buenos Aires la temperatura de confort máxima en el período 1991-2000 varió entre 23,6 °C y 24,1 °C, esto es una media de 23,8 °C. Para el mismo sitio, pero en el período 2001-2010, la variación es de 24,3 a 24,7 °C, es decir una variación de década a década de aproximadamente 0,7 °C. De la misma forma, en el sur de la Provincia de Buenos Aires, la temperatura de confort máxima ha variado, en el período 1991-2000, entre 21,1 °C y 21,5 °C, o sea, una media de 21,3 °C. Para el mismo sitio pero en el período 2001-2010, la misma es de 21,3 °C a 21,8 °C, es decir una variación de década a década de aproximadamente 0,3 °C.

En base a datos bioclimáticos actualizados se podrán ofrecer índices para realizar balances térmicos óptimos, lo que redundará en una mayor eficiencia energética para confort habitacional y de servicios productivos y/o comerciales.

Por ejemplo, la temperatura de confort en invierno a la que generalmente se programa la calefacción, obviamente condiciona el consumo de energía del sistema de calefacción, y por cada grado que se aumenta la temperatura se incrementa el consumo de energía en aproximadamente un 7%. Por este motivo, aunque la sensación de confort es subjetiva, se puede asegurar que una temperatura de entre 19 y 21 °C es suficiente para la la mayor parte de las personas. En la mayoría de los casos, el ahorro energético implica variar en 1 °C la temperatura de un recinto de trabajo. Además, se debería tener en cuenta lo perjudiciales que son para la salud los choques térmicos sufridos por el organismo cuando se abandonan el interior de las instalaciones para salir a la calle (tanto en invierno al pasar de un ambiente cálido a un ambiente gélido, como en verano al pasar de un ambiente en extremo refrigera-

do a un ambiente cálido). Esto significa que mantener una temperatura adecuada dentro de las instalaciones repercute directamente en los costos de una organización y en la productividad de los trabajadores, eso sin tener en cuenta las bajas por enfermedad que tanto los excesos de calor como de frío pudieran generar. Implícitamente, garantizar las condiciones de confort consiste en hacer uso eficiente de la energía y de los recursos, lo que trae aparejado el uso de tecnologías innovadoras y mejores materiales, y manejo cuidadoso de los sistemas de climatización, es decir, eficiencia energética. ■

Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Gral. Pacheco. Buenos Aires, República Argentina.
e-mail: gese@frgp.utn.edu.ar
Tel. 54 11 4740-5040 int. 181

Agradecimiento

Los autores de este trabajo desean agradecer al Servicio Meteorológico Nacional, y en particular al Centro de Información Meteorológica, por el apoyo brindado para llevar adelante la investigación.

Referencias Bibliográficas

- [1] Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica de México, Revista Energía Racional del FIDE, Año 19, Número 72, 2009.
- [2] Manual Ahorro de energía en la Industria de la Corporación de Fomento de la Producción de Chile. Gerencia de Desarrollo. (Reimpresión) 13. 1983.
- [3] Manual de Procedimientos para Uso Eficiente de la Energía en la Industria y El Comercio de los G. E. S. E. UTN. 1992.
- [4] Libro Seminario de Conservación de la Energía en la Industria. Subsecretaría de Combustible de la Nación. Fundación Gilette, 1981.
- [5] José LuíS TORRES. Climatización considerando el ahorro de energía y el confort térmico de las personas en ambientes dedicados a tareas de oficina, Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. 2010.
- [6] Jennings y Lewis, Aire acondicionado y refrigeración; Compañía editorial Continental, S. A. 1971.
- [7] Norma española UNE-EN ISO 7730. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPV y los criterios de bienestar térmico local. 2006.

Aplicación del Biomimetismo para el diseño de una herramienta agrícola

Rodrigo E. Taboada, Eduardo A. Favret, Omar Tesouro, Adrian M. Canzian.

Resumen

En el presente trabajo se analiza la modificación de la topografía de una púa escarificadora (SAE 1045) inspirada en la cutícula del bicho toro (*Diloboderus abderus*), que habita en nuestro suelo, con el objeto de reducir la adherencia del suelo. Por tal motivo, se reportan resultados experimentales de pruebas de campo que corresponden a una dada distribución geométrica de cavidades.

Palabras clave: Biomimetismo, púa escarificadora, metalografía

Abstract

This paper analyses how the modification of the topography of a plowshare (SAE 1045) inspired on the cuticle of a beetle called *Diloboderus abderus* reduces soil adhesion. Experimental results of field tests corresponding to a specific pattern distribution of cavities are reported.

Keywords: Biomimetics, plowshare, metallography

INTRODUCCIÓN

La naturaleza debe responder a una multiplicidad de estímulos y desafíos, por ello, su evolución involucra un desarrollo que va desde la macro hasta la nanoescala^[1]. Este desempeño que en principio resulta complejo por la cantidad de factores involucrados, a la vez resulta fascinante. En efecto, solo en años recientes y gracias al auxilio de nuevas herramientas experimentales se ha podido analizar y caracterizar muchas de esas funcionalidades. Dichos avances y logros se deben a la interacción entre botánicos, biólogos, físicos, químicos e ingenieros. Entre las aplicaciones se pueden destacar el efecto Lotus; en el año 1998 los biólogos Barthlott y Neinhuis^[2-5] logran una patente (Eur. Pat., EP 0772514, 1998) basada en dicho principio. La hoja de loto (*Nelumbo nucifera*) es una planta acuática de origen asiático. En algunas culturas orientales es considerada un símbolo de pureza por su propiedad autolimpiante, dado que al mojarse con agua, se forman gotas perfectamente esféricas que ante la menor inclinación de la hoja comienzan a rodar, atrapando las partículas de suciedad que se encuentran en la superficie. La piel del tiburón ha sido el centro de atención de diversos trabajos de investigación. Su morfología, compuesta por escamas con una topografía que varía de acuerdo a la posición del cuerpo, otorga características aerodinámicas al movimiento del tiburón. Basada en dicha funcionalidad la empresa Speedo en conjunto con la NASA diseñaron trajes de baño que permitieron obtener, en las olimpiadas de Sydney 2000, 27 medallas de oro. Asimismo, la empresa 3M diseñó un film que, aplicado al fuselaje del Airbus, permitió un ahorro del 3% en el combustible.

Recientemente se reportó que la modificación de la topografía de un arado inspirada en un escarabajo *Copris ochus* Motschulsky hembra^[6-8] ha permitido una disminución del orden del 30% en la fuerza de tracción. En dichos trabajos la topografía de la superficie del arado se modifica a partir de domos convexas, sin embargo los resultados están referidos a estudios de laboratorio. El suelo se adhiere a la superficie de la herramienta generando un aumento de la fuerza de tracción y afectando la calidad del trabajo. Por ejemplo, en la labranza se necesita el 50% de la energía para compensar la adhesión y fricción del suelo al herramienta agrícola.

A la hora de pensar y generar un diseño biomimético hay que realizar varias consideraciones. Como se estableció anteriormente, la naturaleza en su evolución solo nos deja a la vista el producto terminado. Lamentablemente no nos

indica cómo hacerlo. Es ahí donde diseñadores, ingenieros e investigadores comienzan su tarea. Por eso resulta importante definir primero el problema que se quiere resolver, para luego encontrar alguna solución inspirada en la naturaleza. De esta manera, y luego de un análisis profundo, se pueden encontrar los parámetros más importantes para establecer correlaciones que permitan trasladarla a una aplicación ingenieril. Es por eso que investigadores como Shu *et al.* establecieron un criterio para poder enfrentar algún problema y resolverlo de forma biomimética^[9].

Ahora bien, cuando el bicho toro (*Diloboderus abderus*) hembra emerge a la superficie, se observa que no tiene suelo adherido a su cutícula. Allí radica una fuente de inspiración biomimética que es el punto de partida del presente trabajo.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En una primera etapa se caracterizó la topografía de la cutícula del bicho toro. Para ello se analizaron tanto el tórax como la cabeza del insecto. El mismo presenta cavidades que están distribuidas con mayor densidad en la cabeza que en el tórax. La figura 1 muestra cavidades para el bicho toro hembra, donde se observa que las mismas no son perfectamente circulares y, además, dentro de cada cavidad existe una protuberancia, similar a un pelo. Dado que las cavidades no tienen una forma circular perfecta, para cada una de ellas se calculó el promedio para distintos diámetros. Además, a partir de diferentes imágenes SEM se caracterizó la densidad media de cavidades. Otra dimensión característica importante es la distancia entre las mismas.

Los resultados se detallan a continuación:

- Densidad media de cavidades:

$$12,97 \pm 4,19 \frac{\text{cavidades}}{\text{mm}^2}$$

- Diámetro medio de las cavidades del bicho toro:

$$\bar{D}_{CBT} \approx 70,76 \pm 11,36 \mu\text{m}$$

- Distancia entre cavidades:

$$\bar{L}_{CBT} \approx 300 \mu\text{m}$$

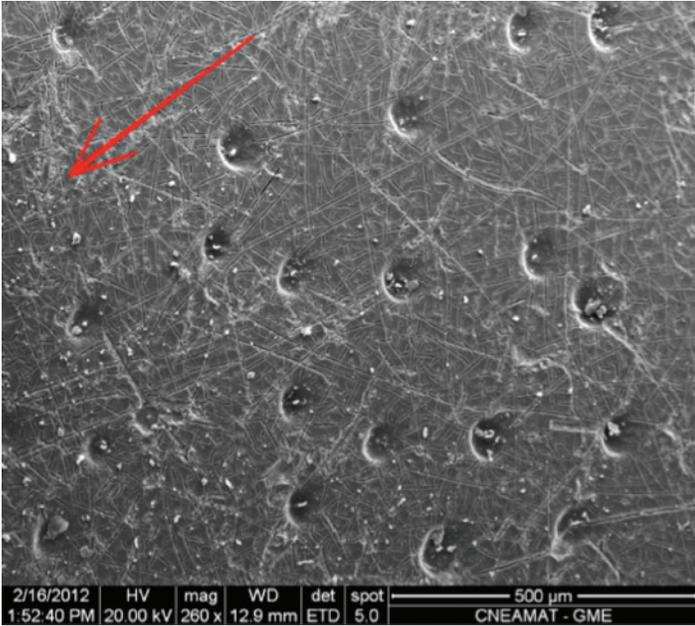


Fig. 1. Imagen obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM) de cavidades correspondientes al tórax del bicho toro hembra. La flecha indica la dirección de avance.

Diseñar la superficie de la púa exactamente igual a la cutícula del bicho toro resulta imposible, máxime si se desea fabricarla de manera industrial. Por lo tanto es necesario realizar algunos supuestos o aproximaciones para lograr un acercamiento a la funcionalidad que se está buscando.

A raíz de lo anterior, se supuso:

1. Todas las cavidades son círculos del mismo diámetro ($2r$) y profundidad (h).
2. Las distancias entre cavidades es la misma (d).
3. Las cavidades se distribuyen de acuerdo a los vértices de un triángulo equilátero, separados sus centros por d .

Para definir un factor de escala (F_e) se tomó el \bar{D}_{CBT} , como dimensión característica del insecto y para la púa se tomó un diámetro de cavidad de 2 mm. Por ello, $F_e \approx 30$; por lo tanto la distancia entre las cavidades de la púa fue:

$d = F_e \bar{D}_{CBT} \approx 10$ mm. En función de lo anterior, se construyó una púa (denominada Bio1), con $r = 1$ mm; $d = 10$ mm y $h = 2$ mm. El ensayo de campo se realizó sobre un terreno de 2 hectáreas del INTA Castelar, donde se empleó un equipo de captura de fuerza triaxial diseñado (figura 2) y desarrollado en el laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos (IIR-INTA Castelar-Argentina). Dicho equipo fue diseñado como parte del proyecto INTA PE AEA1 1703 “Mejoramiento de la implantación de los principales cultivos». El dispositivo permite medir las reacciones del suelo en los órganos activos probados en las direcciones axial, vertical y transversal en relación con la dirección del movimiento, además de la velocidad de avance instantánea y la profundidad de trabajo.



Fig. 2. Detalle del equipo de medición empleado. El ensamble permite que la púa trabaje con un ángulo de inclinación de 45°.

Por último, los datos almacenados por el equipo se analizaron mediante un procesamiento estadístico de datos (ANOVA), para lo cual se empleó un Diseño Completo de Bloque Experimental Aleatorio (RCBD). El objetivo de este análisis es determinar si la media de varios conjuntos de datos es distinta de la del otro.

En la tabla 1 se presentan los resultados (salida del programa SAS/STAT) de la medición para una púa lisa y la Bio1.

Tratamiento	F1 media (kg)	N	Cuadros medios		GL	F	Pr > F
			Tratamiento	Error	Error		
Lisa	109.68	366	10734.04	1634.61	8	6.57	0.0335
Bio1	101.97	441					

Tabla 1. ANOVA de la fuerza de tracción correspondiente a las púas lisa y Bio1.

De lo anterior se concluye que la fuerza de tracción para la púa Bio1 requiere un 7% menos respecto de la púa lisa. La probabilidad de cometer un error al tomar esta decisión es de 0,0335.

CONCLUSIONES

La modificación de la topografía de una púa escarificadora inspirada en la cutícula del bicho toro permite una disminución del orden del 7% en la fuerza media de tracción, al disminuir la adhesión del suelo a la superficie de la misma. Ahora bien, la fuerza F1 está en relación directa con la fuerza que el equipo motriz necesita para realizar la labranza agrícola y, a su vez, está en relación con el consumo de combustible. De esta manera, los resultados preliminares indican que se puede conseguir un ahorro energético al modificar la topografía. Por otro lado, el experimento fue realizado en el campo, a diferencia de los trabajos citados en la bibliografía, los cuales fueron realizados en un laboratorio.

Actualmente se está intentando superponer una microrugosidad a la topografía de la púa Bio1, con la finalidad de aumentar la característica hidrofóbica de la misma. Dado que el suelo presenta características abrasivas, se debe proteger dicha microrugosidad por medio de un recubrimiento por plasma, por tal motivo, se está estudiando la posibilidad de realizar un recubrimiento de SiC por CVD (Chemical Vapor Deposition). ■

Rodrigo E. Taboada
Instituto Sábato. CNEA-UNSAM

Eduardo A. Favret
INTA- Suelos. CONICET

Omar Tesouro
UTN.FRGP. Dpto. Ing. Mecánica

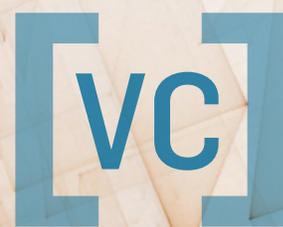
Adrian M. Canzian
amcanzian@gmail.com

Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente a los señores Ramón Castillo Guerra y Ricardo Montero del Depto. Materiales del Centro Atómico Constituyentes de la Comisión Nacional de Energía Atómica. El trabajo forma parte del PID UTN 1300.

Bibliografía

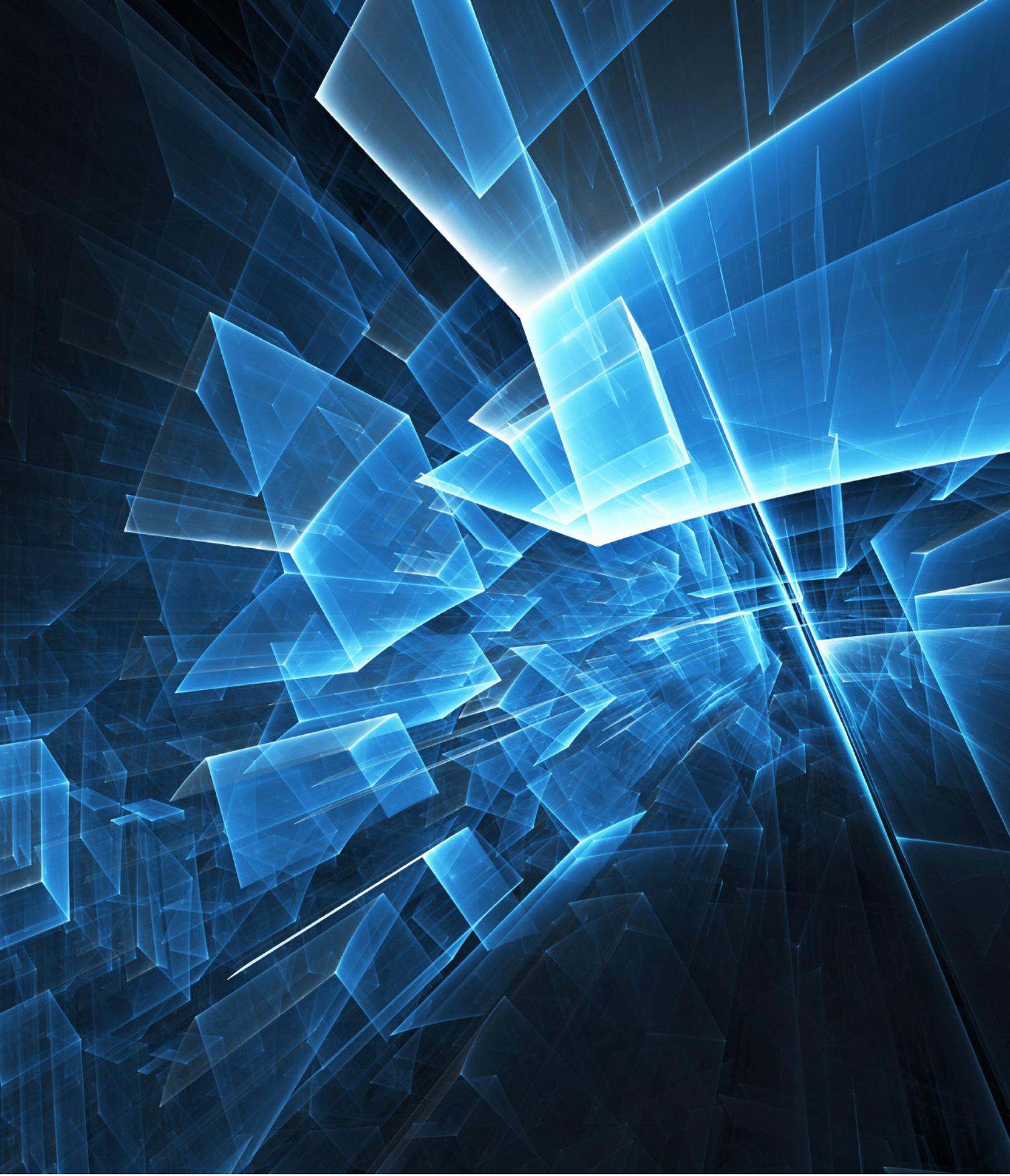
- [1] Bhushan Bharat. Biomimetics: lessons from nature-an overview. Phil. Trans. R. Soc. A 2009 367, 1445-1486.
- [2] Barthlott, Wilhelm; C. Neinhuis. The purity of sacred lotus or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202 (1998) 1-8.
- [3] Neinhuis, C.; Barthlott, W. Characterization and distribution of water-repellent, self-cleaning plant surfaces. *Annals of Botany* 79 (6), (1997) 667-677.
- [4] Barthlott, Wilhelm; Neinhuis, C. The lotus-effect: nature's model for self cleaning surfaces. *International Textile Bulletin* 1, (2001), 8-12.
- [5] Koch, K.; Bhushan, B. and Barthlott, W. Diversity of structure, Morphology and Wetting of Plant Surfaces. *Soft matter*. *Soft Matter* 4, 10, (2008), 1943.
- [6] Lu-Quan Ren, Jin Tong, Jian-Qiao li & Bing-Cong Chen 2001, Soil Adhesion and Biomimeticsos Soil-engaging Components: a Review, *J. agric. Engng Res.* 79(3), 239-263, 2001.
- [7] Muhammad Azam Khan, Rashid Qaisrani & Li Jian-Qiao, The Techniques of Reducing Adhesion and Scouring Soil by Bionic- Review of Literature, *Advances in Natural Science*, Vol. 3, No. 2, 41-50, 2010.
- [8] Mamdouh E. Abdelsalam, Philip N. Bartlett, Timothy Kelf & Jeremy Baumberg, Wetting of Regularly Structured Gold Surfaces, School of Chemistry and School of Physics and Astronomy, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, United Kingdom. *Langmuir*, 21, 1753 1757, 2005.
- [9] Shu, L. H., Ueda, K., Chiu, I., & Cheong, H. , Biologically inspired design, *Cirp Annals - Manufacturing Technology*, 60(2), 673-693, 2011.



investigación | innovación | desarrollo



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional General Pacheco



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional General Pacheco