



[vc]

VERTIENTES
DEL
CONOCIMIENTO

ISSN 2422-7463
Año 3 | Volumen 3 | Mayo 2016

[vc]

[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



[editorial]

Promover la cultura de la investigación

Nuestra facultad tiene una breve pero importante trayectoria en el ámbito de la investigación. Durante los últimos dos años hemos dado un fuerte impulso al desarrollo de las distintas líneas investigativas a partir de vínculos con empresas e instituciones, tendientes a producir resultados aplicables al entorno productivo y encaminados hacia el desarrollo industrial.

Debemos crear las condiciones para que investigadores y estudiantes participen de los distintos programas nacionales e internacionales que ofrecen oportunidades para desarrollar y enriquecer esta práctica y avanzar en la evolución del conocimiento.

Estamos convencidos de la necesidad de fomentar *una cultura de la investigación*, tanto en el área académica como en el campo profesional, porque entendemos que constituye una práctica fundamental para el progreso del conocimiento y la formación de la actitud reflexiva y del pensamiento crítico.

No todos podemos ser investigadores, pero una tarea ineludible de la institución educativa es la de promover este cambio cultural en las comunidades, concientizar sobre el valor de la investigación y formar profesionales preparados para abordar realidades complejas y dinámicas, con capacidad para transformarlas creativamente en búsqueda del desarrollo y el progreso de nuestro país.

Ing. Eugenio Bruno Ricciolini
Decano
UTN - FRGP



VERTIENTES
DEL
CONOCIMIENTO

Año 3 | Volumen 3 | Mayo 2016
ISSN 2422-7463

STAFF

Director

Dr. Adrian Canzian

Coordinación de la publicación

Yamila Santarossa

Asesora consultiva

Raquel Perahia

Asistente

Leandro Santarossa

Diseño y diagramación

Estudio D-Factory

[sumario]

- 3 Editorial**
- 7 Análisis de mejoras en competencias de escritura**
Encuadre, metodología, resultados y propuestas de una investigación
Liliana Laco, Mónica Ávila.
- 15 Interdisciplinariedad. Un aspecto clave en la formación actual del ingeniero**
Liliana Milevicich, Alejandro Lois.
- 25 Simulación Computacional en la Industria del Gas y Petróleo**
Casos de Aplicación
José Manuel Pereiras.
- 29 Investigación sobre procesos de validación en entornos de Geometría Dinámica**
Ariel Amadio, Zulma Bretón, Soraya Buccino, Ana Castro, Andrea Comerci, Silvana Daneri, Mario Di Blasi Regner, Alicia Fayó, Mabel Rodríguez, Silvia Santos, Tamara Marino, Daiana Valgoi, Pablo Viveros.
- 41 TRIZ. Resolución Estructurada de Problemas Ingenieriles**
Juan Carlos Nishiyama, Tatiana Zagorodnova, Carlos Eduardo Requena.
- 53 PDTS: Banco Rotatorio de Máquinas de Reciclado (BRMR)**
Transferencia de ecotecnologías para reciclado de residuos inorgánicos
C. Levinton, J. Fructuoso, F. Perez mollo, I. Delich, P. Plaza, J. Mendez, N. Ramo, J. Perrez Arrieu y A. Canzian.
- 57 Desarrollo de un vehículo eléctrico personal**
Alejandro Lois, Sebastián Boschetti, Federico Donatelli, Renso Heredia, Camilo Ortiz.
- 65 Concentrador Aéreo de Información para la Toma de Decisiones y Control**
E. Tiscornia, E. Sellés, G. Nasini, P. Rey, R. Vecchio.
- 69 Análisis geométrico del mecanismo biela - manivela**
Mario Di Blasi Regner, María Silvana Ramirez Daneri.



[vc]

VERTIENTES
DEL
CONOCIMIENTO

Análisis de mejoras en competencias de escritura

Encuadre, metodología, resultados y propuestas de una investigación

Liliana Laco, Mónica Ávila

Resumen

El trabajo con las competencias comunicativas es un desafío irrenunciable para las instituciones universitarias. En la UTN FRGP se vienen desarrollando desde 1999 acciones con alumnos y docentes que se inician en el Seminario Universitario -trayecto para el ingreso a las carreras de grado- y en los cursos introductorios de tres tecnicaturas y tienen continuidad en las materias integradoras de los primeros años de las carreras de grado, en dos materias de la Tecnicatura Superior en Gestión de la Industria Automotriz (TSGIA) y en un taller en la TSMMMyD, a través de las tutoras académicas integrantes del Programa de Fortalecimiento de las Competencias Comunicativas para el Desempeño Profesional.

En este marco, entre los años 2009 y 2011 se llevó adelante una investigación para evaluar el grado de progreso de los alumnos a lo largo de las dos etapas: Seminario Universitario y primer año, durante el período 2007-2011. A partir de esos resultados, se realizaron intervenciones didácticas sobre las dificultades percibidas y se proyectaron acciones institucionales.

Palabras clave: alfabetización académica, tutorías.

Abstract

The development of communication competences is an unavoidable challenge for universities. Since 1999, the UTN FRGP has been working on writing competences, with teachers and students who are beginning the University Seminar –step towards the university entrance-, and during the introductory course of three high technician. This activity continues throughout the so called subjects “integrative courses”, which belong to the first years of the engineering careers and the degree of Industrial Organization, as well as in Higher Technician in the Automotive Industry -TSGIA and in TSMMMyD. These objectives are pursued by the academic tutors of the Communicative Competences Improvement Programme for Professional Performance.

In this context, between 2009 and 2011 a research was conducted to assess the students' progress in communication skills throughout two stages: the University Seminar and the first academic year, from 2007 until 2011. Based on the findings, training was provided to overcome the difficulties encountered. In addition, the institution has planned for future support.

Keywords: academic literacy, tutors.

ESTADO DEL ARTE

Desde hace más de treinta años en los países anglosajones se han llevado a cabo investigaciones sobre la lectura y la escritura en el ámbito universitario. En esa línea, muchas casas de altos estudios en nuestro país y en otros de Latinoamérica han desarrollado acciones que profundizan la observación de la incidencia que sobre los usos discursivos tiene su instalación en un campo específico del saber y más recientemente, sobre el vínculo escritura-evaluación-aprendizaje, constatando que en la universidad se escribe para ser evaluado en las diferentes asignaturas sin recibir orientación adecuada sobre esta práctica.

Efectivamente, en las aulas universitarias, se halla fuertemente arraigado un preconcepción que percibe la lectura y la escritura como habilidades que se adquieren de una vez y para siempre y concibe la alfabetización como un proceso funcional sin matices para cada sujeto, que se aplica de manera similar en diferentes niveles de estudio y frente a diferentes géneros (D. Cassany, 2008, p. 3). En contraposición con esta postura, se sostiene que el ingreso a una nueva comunidad de saberes implica siempre el desarrollo de prácticas particulares de lectura y de escritura y el acceso a espacios académicos y profesionales específicos supone aprender las convenciones propias de esos ámbitos.

Por ello, es fundamental que el aprendizaje de la lectura y la escritura de los textos académicos se realice en las aulas universitarias, ya que no se logran estas competencias si no es a través de acciones intencionales. Esta perspectiva se denomina “alfabetización académica” y en palabras de la Dra. Paula Carlino es “el proceso de enseñanza que puede (o no) ponerse en marcha para favorecer el acceso de los estudiantes a las diferentes culturas escritas de las disciplinas. Es el intento denodado por incluirlos en sus prácticas letradas, las acciones que han de realizar los profesores, con apoyo institucional, para que los universitarios aprendan a exponer, argumentar, resumir, buscar información, jerarquizarla, ponerla en relación, valorar razonamientos, debatir, etc., según los modos típicos de hacerlo en cada materia. Conlleva dos objetivos que, si bien relacionados, conviene distinguir: enseñar a participar en los géneros propios de un campo del saber y enseñar las prácticas de estudio adecuadas para aprender en él. En el primer caso, se trata de formar para escribir y leer como lo hacen los especialistas; en el segundo caso, de enseñar a leer y a escribir para apropiarse del conocimiento producido por ellos. De acuerdo con las teorías sobre aprendizaje situado y sobre géneros como acciones sociales, alfabetizar aca-

démicamente equivale a ayudar a participar en prácticas discursivas contextualizadas, lo cual es distinto de hacer ejercitar habilidades desgajadas que fragmentan y desvirtúan esas prácticas. Porque depende de cada disciplina y porque implica una formación prolongada, no puede lograrse desde una única asignatura ni en un solo ciclo educativo. Así, las “alfabetizaciones académicas” incumben a todos los docentes a lo ancho y largo de la universidad. (P. Carlino, 2013, p. 270 y 271).

Finalmente, las investigaciones ponen énfasis en la importancia que tiene la motivación para la escritura. Esta parece asentarse sobre algunos factores básicos tales como darle un valor, brindar herramientas para que el alumno avance en su fortalecimiento como productor de textos escritos, fomentar su compromiso con metas propias de producción y hacer devoluciones que favorezcan la reescritura como método. En este sentido, se comprueba que la valoración que los docentes hagan de las prácticas de escritura de los alumnos influye para que estas se modifiquen positivamente y que esta acción se hace efectiva cuando circulan, al interior de las cátedras, textos elaborados cuya adquisición y mejora demande un entrenamiento específico y planificado.

En relación con la escritura en particular, el ya clásico modelo de Flower y Hayes (1980), considerado eficaz para el análisis de su proceso, se tomó como marco para esta investigación. Este modelo resulta de gran impacto didáctico ya que deja de considerar el “producto” de la escritura para centrar su atención en los procesos que la actividad conlleva.

Describe tres momentos básicos: planificación, puesta en texto, revisión y reescritura, que no se organizan de manera lineal sino recursivamente. Estos momentos constan a su vez de subprocesos tales como formular objetivos, generar ideas, evaluar, etc. y ponen en evidencia que en cualquier momento de la tarea, quien escribe puede realizar intervenciones que afecten las características de parte de su producción o de la totalidad de la misma. Considera, además de otros aspectos, que toda actividad de escritura prevé objetivos retóricos, está guiada por metas, y se perciben diferencias entre la forma en que producen los escritores expertos y los novatos. En 1996, Hayes actualiza el modelo, incorporando un componente afectivo que incluye los elementos motivacionales y emocionales, que se agregan, en la memoria a largo plazo, al conocimiento lingüístico. Este último aporte resulta fundamental al analizar la importancia del impacto institucional de estas prácticas.

ENCUADRE EN LA UTN FRGP

En 1999 la Facultad Regional General Pacheco de la UTN asume la innovadora propuesta de realizar acciones tendientes a la mejora de la capacidad de lectura y escritura de los alumnos. Se destinó a este fin, originalmente, el espacio curricular Fundamentos para la Actividad Universitaria, en el Seminario para el ingreso a las carreras de grado de la institución y se incorporaron docentes de Lengua al dictado del mismo¹. Como se ha dicho, contemporáneamente, acciones semejantes se ponen en práctica en muchas instituciones de estudios superiores en nuestro país y en el extranjero, conscientes de que las competencias de lectura y escritura ponen en juego habilidades que se van desarrollando a través de todos los ciclos del sistema educativo y que deben renovarse tantas veces como se enfrentan nuevos escenarios de lectura y escritura, por ejemplo, cuando se inician ciclos educativos nuevos y especialmente en la Universidad donde se aborda la producción de nuevos géneros tanto académicos como profesionales.

En 2007 comienza a desarrollarse el **Programa de Fortalecimiento de Competencias Comunicativas para el Desempeño Profesional** dependiente de la Secretaría Académica, a través de tutorías específicas que se denominan **TUTACOMPLE: Tutorías académicas en competencias de lectura y escritura**. El eje central del trabajo es el concepto de “alfabetización académica” que considera de vital importancia que las prácticas se desarrollen en el seno de cada cátedra y no por fuera de ellas.

Las tutoras, docentes de Lengua, se incorporan en las materias integradoras de primer año constituyendo una pareja interdisciplinaria con el auxiliar docente de la cátedra que generalmente posee el título de la carrera en la que se desempeña (Ingeniero Civil, Electricista, Mecánico y Licenciado en Organización Industrial o afín en el caso de Ingeniería en Industria Automotriz y TSGIA). Este estilo de trabajo, eje del programa, acerca el acompañamiento al alumno en la resolución de las propuestas de lectura y escritura que la cátedra realiza y construye una pareja pedagógica con los docentes quienes asumen la mirada sobre dichas prácticas como un compromiso propio. Este trabajo conjunto constituye el área sensible del proyecto. En la tarea que se lleva a cabo en el aula, se

¹ En la actualidad se ha incrementado la carga horaria de la materia Introducción a la Universidad del Seminario de Ingreso, utilizando los contenidos propios del área para realizar actividades de lectura, reelaboración de la información y escritura que ayuden a los aspirantes a acercarse al umbral deseado para su acceso a una institución universitaria.

construye un saber nuevo para el cual el docente ingeniero o licenciado propone sus saberes expertos y la profesora de Lengua aporta sus conocimientos en el abordaje de lo discursivo, constituyéndose a la vez en un lector especial que, al no manejar estrictamente los contenidos disciplinares de la ingeniería o la organización industrial, por ejemplo, obliga al alumno a un esfuerzo efectivo por decir sus conocimientos o exponer sus ideas de modo que sean comprendidas.

La tutoría es entendida desde esta perspectiva (Laco-Guiggiani, 2008) como parte de la actividad docente y lleva adelante con los alumnos acciones de carácter personal y académicas que comienzan con la organización del tiempo, la toma de apuntes, el trabajo en equipos, el manejo de fuentes, para centrarse, finalmente en los productos escritos solicitados por cada cátedra (informes, parciales, etc.). En todos los casos, se colabora elaborando handouts de orientación, evaluación o apoyo que, en la actualidad, en algunas cátedras, se socializan a través de aulas virtuales.

En 2009, la creación del **Programa de Fortalecimiento de las Competencias Comunicativas para el Desempeño Profesional** encuadra las acciones descriptas. El fundamento desde el cual se opera considera primordial que los miembros de cada cátedra en la que se interviene y, a largo plazo, los de toda la institución se perciban a sí mismos como integrantes de una comunidad discursiva; por esto, se han realizado distintas acciones de sensibilización y capacitación, reuniones periódicas con los docentes de las cátedras participantes y se han llevado a cabo talleres con las materias integradoras de uno de los Departamentos. Se ha trabajado también con otras materias, por ejemplo, Ingeniería y Sociedad, que es común para los alumnos de primer año de las carreras de grado.

El Programa de Competencias Comunicativas ha organizado en 2009 y en 2011 (esta en conjunto con la Universidad Nacional de General Sarmiento) dos Jornadas de intercambio de experiencias, ha realizado la publicación digital de las ponencias y ha estado presente en numerosos congresos y encuentros sobre la especialidad.

LA INVESTIGACIÓN

Como se ha mencionado, en el año 2009, se dio comienzo a una investigación con dos objetivos:

- Evaluar el grado de progreso que se verificó en el desempeño de los alumnos en relación con un conjunto de

variables y subvariables consideradas, a lo largo de dos etapas: el Seminario Universitario y la Tutoría en la materia integradora de primer año durante el período 2007-2011.

- Generar dispositivos de intervención, didácticos e institucionales, para el trabajo sobre las dificultades que aparecían o persistían.

Se investigó sobre la base de las producciones de los asistentes al Seminario Universitario y de los ingresantes que cursaban la materia integradora del primer año de las carreras de grado en el período 2007-2011. Se trabajó por cohortes y por carrera con un total de de 372 alumnos.

La decisión de tomar en cuenta las cohortes y no los alumnos cursantes de la materia integradora, obedeció a la necesidad de garantizar que se mantuvieran las condiciones para su consideración: misma acción didáctica y continuidad en el tiempo.

Para el análisis se tuvo en cuenta la prueba diagnóstica -D- y la final -F- (sea en la primera oportunidad o en el recuperatorio) del Seminario Universitario y la actividad en la materia integradora -T-.

La metodología utilizada fue cuantitativa y cualitativa y la técnica fue básicamente el análisis documental. El producto evaluado fue siempre un texto breve de carácter informativo.

Se determinaron las propiedades textuales a tener en cuenta en los escritos, considerándolos a los efectos de la investigación como variables y subvariables. En la tabla 1 se los especifica.

Para evaluar las producciones se consideraron para cada subvariable los criterios a tener en cuenta para determinar el nivel adecuado o no y los resultados se registraron en tablas como la tabla 2.

A los efectos de cumplir con el primer objetivo de la investigación: evaluar el grado de progreso en el dominio de las habilidades propuestas expresadas en las subvariables, se realizó un doble análisis de los resultados obtenidos.

El primero se centró en cada cohorte de cada carrera, tomando como una unidad a todos los alumnos.

Los resultados obtenidos, se registraron en una tabla por carrera en la que, a través de los años, se pudiera verificar el grado de avance o dificultad en cada habilidad, es decir

Variables	Subvariables
Estrato semántico	Tema
	Progresión de la información
	Reelaboración de información
	Motivación de cláusulas
Estrato discursivo	Nivel de formalidad
	Esquema textual
Estrato léxico - gramatical	Elementos de cohesión: Conjunciones / Conectores Referencia, elipsis y sustitución
	Concordancia
	Léxico
Estrato fonológico	Ortografía
	Puntuación

Tabla 1: Variables y subvariables a considerar en la expresión escrita.

Actividad	D	F	T
Tema			
Nivel de Formalidad			
Motivación de cláusulas			
Conjunciones / Conectores			
Referencia, elipsis y sustitución			
Léxico			
Ortografía y puntuación			
Concordancia			
Esquema textual			
Progresión de la información			
Reelaboración de información			

Tabla 2: Registro de información sobre seguimiento de desempeño individual.

en cuáles el progreso era más notable y cuáles requerían más tiempo para su mejora, (Tabla 3). Las flechas representaban si hubo avance (\uparrow), si se mantuvo (\rightarrow) o si hubo retroceso (\downarrow) para lo cual las tutoras compararon los porcentajes correspondientes a la evaluación final del Seminario Universitario y la actividad en la materia integradora.

Para la intervención, se consideraron especialmente aquellas habilidades en las que se verificaba más del 50% en el nivel de descenso a los efectos de analizar causales y poder tomar decisiones al respecto.

El mismo procedimiento se utilizó para la comparación de las carreras entre sí.

CARRERA XX

Subvariables	2007	2008	2009	2010	↑		↓		→	
					nº	%	nº	%	nº	%
Tema	→	↑	↑	→	2	50	0	0	2	50
Nivel de Formalidad	→	↑	↑	→	2	50	0	0	2	50
Motivación de cláusulas	→	↑	↑	→	2	50	0	0	2	50
Conjunciones / Conectores	→	↑	↑	→	2	50	0	0	2	50
Referencia, elipsis y sustitución	→	↑	↑	→	2	50	0	0	2	50
Léxico	↓	→	→	→	0	0	1	25	3	75
Ortografía y puntuación	↓	↓	↑	→	1	25	2	50	1	25
Concordancia	→	↑	↑	→	2	50	0	0	2	50
Esquema textual	→	↑	↓	↓	1	25	2	50	1	25
Progresión de la información	↓	↑	↑	→	2	50	1	25	1	25
Reelaboración de información	↓	↑	↑	→	2	50	1	25	1	25

Tabla 3: Evolución por carrera a lo largo del período de investigación.

El segundo nivel de análisis estuvo dirigido a conocer el grado de progreso que se verificaba en el dominio de las habilidades en forma individualizada para lo cual se tomó como eje a cada alumno a través de las distintas instancias, en cada carrera de cada cohorte. Para ello se establecieron grados o categorías a fin de caracterizar el rendimiento global de los estudiantes en cada instancia y verificar su progreso.

Dado que las subvariables eran once, se consideraron, a nivel individual, los siguientes grados:

- **A:** alumnos en cuya producción se verificaron entre nueve y once subvariables correctas.
- **B:** entre siete y ocho subvariables correctas.
- **C:** entre cinco y seis subvariables correctas.
- **D:** entre una y cuatro subvariables correctas.

De acuerdo con esto, cada alumno fue caracterizado con tres grados correspondientes a cada evaluación formal (D, F y T) como se demuestra en la tabla 4.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación han permitido observar en primer lugar que, a partir del trabajo realizado durante el Seminario Universitario, los alumnos, al momento de responder al examen final, demostraban poseer competen-

Alumnos	Alumnos	Nivel		
		D	F	T
Tema		1	1	1
Nivel de Formalidad		1	1	1
Motivación de cláusulas		1	1	1
Conjunciones / Conectores			1	1
Referencia, elipsis y sustitución		1	1	1
Léxico			1	
Ortografía y puntuación			1	1
Concordancia		1	1	1
Esquema textual			1	1
Progresión de la información		1	1	1
Reelaboración de información			1	1
<i>Suma</i>		6	11	10
Grado		C	A	A

Tabla 4: Grado de avance del alumno respecto de sí mismo.

cias que les facilitaron la obtención de resultados adecuados en las variables y subvariables medidas. Sin embargo, en muchos casos, entre el examen final y la actividad de tutoría se verificaba un descenso en esos valores.

Los alumnos respondieron a las situaciones de escritura con los recursos que adquirieron y “practicaron” durante más tiempo, porque han mostrado ser “útiles” y rara vez recurrieron a acciones más productivas que no han podido ser suficientemente internalizadas (tal es el caso del Seminario Universitario). Parte de los objetivos del **Programa**

de Fortalecimiento de las Competencias Comunicativas para el Desempeño Profesional estará en mutar esta concepción acerca de la escritura como algo impuesto y de motivación extrínseca, tendiendo a que los alumnos descubran su valor en la vida académica.

Si bien la explicación es multicausal, ha podido comprobarse que los mejores resultados se han obtenido en aquellas cátedras donde se pone en valor el enfoque lingüístico y en las que se han practicado intervenciones didácticas colaborativas más frecuentes.

Naturalmente también se observó que las actividades propuestas en las materias integradoras representaban para los alumnos mayores desafíos por su especificidad. A partir de los primeros resultados, siguiendo el enfoque de la investigación-acción, se resolvió proponer en todas las cátedras el trabajo con un texto de carácter académico que se pudiera enseñar, modelizar; se consideró que esta actividad redundaría en una apropiación más efectiva porque se podrían compartir con los docentes y alumnos las especificidades de estructura, retóricas, etc. del género en cuestión, fortaleciendo el convencionalismo como recurso de apropiación de estos modos de escritura.

Otros abordajes resultantes de la investigación que redundaron en mejoras significativas fueron el trabajo conjunto con las consignas, procurando acercar criterios, unificar el léxico y hacer consciente qué competencia se pone en juego en el momento de resolver cada actividad. Entre otras consignas, se puso atención a la formulación adecuada de las propuestas de producción, a fin de explicitar lo que en cada actividad se solicitaba y a la redacción de los títulos de los informes para, en la misma línea, colaborar con el alumno a fin de sostener la atención en la consigna, elaborar planes de escritura pautados con los docentes y comprender, por ejemplo, el valor de un título apropiado para un texto de circulación académica o profesional.

Paulatinamente, en algunas cátedras, pudo implementarse la revisión de borradores y la reescritura de distintas producciones, por ejemplo las respuestas de parcial.

Finalmente, es necesario destacar que los docentes involucrados en el Programa son cada vez más precisos en el planteo de las consignas y que han evaluado que con este estilo de trabajo, la distancia percibida entre lo que proponen y las respuestas de los alumnos disminuye. El hecho de que alumnos y profesores compartan los mismos criterios y significados de conceptos evita incertidumbres,

dudas y malos entendidos y desde la perspectiva docente, es posible plantear, al comienzo del año académico, parámetros de evaluación que contemplen aspectos comunicativos posibles de ser sostenidos durante toda la cursada.

Ha habido también, en algunas cátedras, un cambio de concepción sobre la tarea de la corrección que exigió el diseño de grillas a fin de compartir con los alumnos los criterios generales que la orientan y, entre ellas, las competencias de escritura.

Por último, se ha considerado de fundamental importancia la necesidad de que una calificación numérica final para el área de las competencias comunicativas de cada uno de los trabajos solicitados se complemente con la calificación final de los contenidos disciplinares. Sobre esto se han logrado avances en algunas cátedras.

CONCLUSIONES

El encuadre teórico que sustenta la tarea y la investigación llevada a cabo tiene dos vertientes: por un lado el reconocimiento de que la lectura y la producción de textos son actividades de naturaleza social que se desarrollan a lo largo de toda la vida a partir de las particulares exigencias que plantean las diferentes circunstancias en las que las personas se desempeñan o involucran y que, en este sentido, el ingreso y los primeros años en la Universidad constituyen instancias de particular importancia por los requerimientos que plantean a los estudiantes. Por otro la convicción de que los alumnos universitarios consolidarán los aprendizajes requeridos por la alfabetización académica en la medida en que los docentes integren las estrategias didácticas pertinentes a la propuesta metodológica de sus cátedras. La incorporación de programas como el que se lleva adelante en la UTN-FRGP es importante porque permite la modificación del imaginario colectivo universitario asumiendo que es una responsabilidad que le compete; sin embargo su finalidad estará cumplida cuando se verifique un cambio en el paradigma pedagógico desde el cual se conciben los desarrollos curriculares, reemplazando el aprendizaje “natural” que pudiera darse de los modos de escritura esperables por un intento consciente y organizado de abordar los distintos géneros que caracterizan al área propia del saber, promoviendo experiencias cada vez más productivas en las que la escritura se convierta en la herramienta epistémica que obliga a la reorganización de las ideas y a la producción de nuevos conocimientos, como corresponde a un ámbito académico.

No escapa al contexto de análisis de resultados de esta investigación que en las actividades de clase de la mayoría de las materias de nuestra Facultad, la escritura tiene un lugar menor, por lo que, en principio, resulta difícil promover mejoras en las competencias de escritura en un aula donde no se escribe o se escribe poco. Mayormente, la actividad de clase se limita a la escucha, la lectura, en menor grado a la oralidad, y la resolución de problemas de índole técnica. El trabajo de las TUTACOMPLE ha intentado promover poco a poco una modificación de la tarea docente que re Cree, a través de la escritura, los procesos de apropiación del conocimiento, percibiendo la función epistémica de la escritura y promoviendo estrategias imprescindibles tales como la revisión de borradores que deben volverse cada vez más instrumentales.

Integrar la formación para la escritura académica en la propuesta pedagógica de la Universidad es un proceso lento.

Implica un cambio importante en la cultura organizacional, capacitación e intenso trabajo interdisciplinario. La experiencia llevada a cabo en la Facultad Regional General Pacheco no es una excepción pero sus resultados y avances ponen de manifiesto su progresiva consolidación. ■

Dra. Liliana Laco
Coordinadora pedagógica de la Secretaría Académica.
FRGP - UTN
llaco@frgp.utn.edu.ar

Prof. Mónica Ávila
Coordinadora del Programa de Fortalecimiento
de las Competencias Comunicativas para el Desempeño
Profesional. FRGP - UTN
mavila@frgp.utn.edu.ar

Bibliografía

- ALVARADO, Maite (1994): Paratexto. Buenos Aires: UBA.
- ALVARADO, Maite y CORTES, Marina (2000): La escritura en la Universidad: repetir o transformar en Boletín de la Facultad de Ciencias Sociales. Buenos Aires: UBA, Número 43 – agosto.
- ANDRADE CALDERON, Martha Cecilia (2009): La escritura y los universitarios. Cundinamarca: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- BAJTÍN, Mijail (2002): El problema de los géneros discursivos en Estética de la creación verbal. Buenos Aires: Siglo XXI.
- CARLINO, Paula (2005): Escribir, leer y aprender en la universidad. Buenos Aires: Fondo de Cultura Académica.
- CARLINO, Paula (2004): Escribir y leer en la universidad: responsabilidad compartida entre alumnos, docentes e instituciones en Textos en contexto, 6. Buenos Aires: Asociación Internacional de Lectura/Lectura y Vida.
- CARLINO, P. (2013): Alfabetización Académica diez años después en Revista Mexicana de Investigación Educativa, vol. 18, núm. 57, 2013, pp. 355-381 Consejo Mexicano de Investigación Educativa, A.C. DF, México.
- CASSANY, Daniel (1999): Construir la escritura. Barcelona: Paidós.
- CASSANY, Daniel y otros (1994): Enseñar lengua. Barcelona: Graó.
- CASSANY, Daniel (2006): Taller de textos. Barcelona: Paidós.
- CASSANY, Daniel (2008): Describir el escribir. Buenos Aires: Paidós.
- CASSANY, D. y MORALES, O. A. (2008): Leer y escribir en la universidad: Hacia la lectura y la escritura crítica de géneros científicos en Revista Memorialia. Cojedes: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (Unellez). En proceso de publicación.
- CASSANY, Daniel (2009): Metodología para trabajar con géneros discursivos en: http://www.upf.edu/pdi/daniel_cassany/_pdf/b08/UPVEuskera08.pdf
- DESINANO, Norma (2009): Los alumnos universitarios y la escritura académica. Rosario: Homo Sapiens.
- FERREIRO, E. y TEBEROSKY, A. (1979): Los sistemas de escritura en el desarrollo del niño, México: Siglo XXI.
- FLOWER, Linda y HAYES, John (1980): La redacción como proceso cognitivo en Textos en contexto, 1. Buenos Aires: Asociación Internacional de Lectura/Lectura y Vida.
- FLOWER, Linda y HAYES, John (1996): La teoría de la redacción como proceso cognitivo en Textos en contexto, 6. Buenos Aires: Asociación Internacional de Lectura/Lectura y Vida.

Bibliografía (cont.)

HALLIDAY, M. A. K. (1978): El lenguaje como semiótica social. México: FCE.

JACOBSON, Roman (1985): Ensayos de lingüística general. Barcelona: Planeta – Agostini

KAUFMAN, Ana María y RODRÍGUEZ, María Elena (1993): La escuela y los textos. Buenos Aires: Santillana, Aula XXI.

LACO, Liliana y GUIGGIANI, Lorena (2008): Programa Institucional de Tutorías. Un modelo integral. General Pacheco: Facultad Regional Pacheco – UTN.

LOZANO, Jorge y otros (1982): Análisis del discurso. Madrid: Cátedra.

MARÍN, Marta (2004): Lingüística y enseñanza de la lengua. Buenos Aires: Aique.

MARINKOVICH, Juana (2002): Enfoques de proceso en la producción de textos escritos en Rev. Signos [online]. 2002, vol.35, n.51-52, pp. 217-230.

PARODI, Giovanni (2009): El corpus académico y profesional del español PUCV 2006: semejanzas y diferencias entre los géneros académicos y profesionales en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-

VARDI, Iris y BAILEY, Manis (2006): Retroalimentación recursiva y cambios en la calidad de los textos escritos por estudiantes de nivel universitario: un estudio de caso en Signo & Señal. Número 16. Buenos Aires: Facultad de Filosofía y Letras-UBA.

VALENTE, E.; MOYANO, E. (2007): La enseñanza de la lectura y la escritura a lo largo de la carrera universitaria. Análisis de una experiencia en Actas del Congreso Internacional Transformaciones Culturales: Debates de la teoría, la crítica y la lingüística. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

VARELA, S. (1993): Líneas de investigación en la teoría morfológica en La formación de palabras. Madrid: Taurus.

Interdisciplinariedad

Un aspecto clave en la formación actual del ingeniero

Liliana Milevicich, Alejandro Lois

Resumen

El paradigma disciplinario, heredado del período de la ciencia clásica fue instituido en el siglo XIX, particularmente con la formación de las universidades modernas. Así, el conocimiento científico fue concebido durante mucho tiempo -y aún lo es a menudo en la enseñanza superior- como teniendo la misión de disipar la aparente complejidad de los fenómenos, a fin de poner de manifiesto la simplicidad que los caracteriza.

La interdisciplinariedad nace de constatar que la aproximación al mundo a través de una disciplina particular resulta sesgada y, generalmente, demasiado limitada. Ésta abre la posibilidad de compartir problemas, de abordarlos desde ópticas diferentes y de la formación de nuevas disciplinas.

La competencia para resolver problemas con capacidad de análisis y síntesis, tal como se expresa en los estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería, sigue siendo uno de los problemas con mayor arraigo en la educación superior. Transitar el camino académico hacia una forma integrada de abordar el conocimiento científico induce a tomar distancia de la preconcepciones de la vida cotidiana y a construir un espacio conceptual que brinda otro modelo del mundo: un modelo que tenga en cuenta los procesos sociales e históricos.

Palabras clave: Interdisciplinariedad, Formación del ingeniero, Constructivismo social.

Abstract

The disciplinary paradigm inherited from the period of classical science was established in the nineteenth century, particularly with the formation of modern universities. Thus, scientific knowledge was conceived for a long time, and still is often in higher education, as having the mission to dispel the apparent complexity of phenomena, in order to highlight the simplicity that characterizes them.

The interdisciplinary was born in order to note that the approach to the world through a particular discipline was biased and generally too limited; opens the possibility of sharing problems, address them from different perspectives and the formation of new disciplines.

The competence to solve problems with analysis and synthesis capacity, as expressed in the standards for the accreditation of the Engineering careers, remains as one of the most deeply rooted problems in higher education.

To walk the academic path towards an integrated way to address scientific knowledge leads to take away from the preconceptions of everyday life and build a conceptual space to provide another model of the world: a model that takes into account the social and historical processes.

Keywords: Interdisciplinarity, Engineering Education, Social Constructivism.

INTRODUCCIÓN

El origen del conocimiento científico

El análisis sobre la evolución del conocimiento humano nos lleva a iniciar este trabajo con una breve introducción sobre la denominada etapa pre disciplinar, caracterizada por el saber mítico.

El mito es la forma del saber que más ha perdurado en la humanidad, pues se cree que su antigüedad es de trescientos mil años y aún hoy continúa su vigencia en muchos grupos humanos. Es, por cierto, la primera forma de saber formulada por el hombre sin establecer diferencias entre religión, filosofía o ciencia.

Es posible que hayan sido los griegos quienes separaron el mito de otro tipo de saber, lo cual equivaldría a decir que los griegos cultivaron un saber, un saber analítico que presagiaba el saber científico a la manera de occidente. Sustentado por esta interpretación, podemos afirmar que a escuela griega es el origen de la ciencia actual.

Otro momento relevante que precede al advenimiento de la ciencia moderna, iniciada en el siglo XVII, es el saber medieval. Antes del año 1500 en Europa y en la mayoría de las civilizaciones prevalecía una visión orgánica del mundo (Boyer, 1992).

Por cierto, la naturaleza de la ciencia medieval era muy diferente a la de la ciencia actual. La meta de la ciencia en el Medioevo era comprender el significado y la importancia de las cosas, no predecirlas ni controlarlas.

A partir del siglo XVII comienza a consolidarse la visión del saber que perdura aún hoy, y que se conoce como “El Paradigma Clásico de la Ciencia”. Dicho paradigma surge progresivamente a partir del pensamiento de tres personajes: René Descartes, en lo que se refiere a las bases filosóficas; Francis Bacon en lo concerniente al método, e Isaac Newton, en cuanto a la realización y perfeccionamiento de tal paradigma.

Si bien la obra de Newton es la que solidifica las bases del paradigma disciplinar clásico, el aporte de Bacon merece una observación particular: él es el propulsor de la reforma metodológica que produjo el paradigma clásico (Boyer, 1992). Su obra de filosofía de la ciencia *Novum Organum*, en oposición a la que se encontraba vigente, escrita por Aristóteles, propone como método de la ciencia la induc-

ción en vez de la deducción. Como empirista que fue, pensaba que solamente a través de la observación se lograba comprender la naturaleza.

Disciplinario - Interdisciplinario

El paradigma disciplinario, heredado del período de la ciencia clásica, tiene características claras, a saber: el análisis, la disyunción, el reduccionismo, y la objetividad entre otras.

El *análisis* o estudio de las partes de un todo, ha conducido las ciencias a una división indefinida, hasta el punto que actualmente es difícil hacer el recuento completo de las mismas (Varela, 1997). Este proceso ha contribuido a delimitar y a simplificar cada vez más el objeto de estudio.

La *disyunción* es otro de los instrumentos del paradigma disciplinar. Algo es verdadero o falso, de manera excluyente, y sin que exista una tercera opción.

El mismo Newton resultó víctima de este principio. En torno a la discusión sobre si la luz era onda o corpúsculo, Christian Huygens había propuesto en 1690 su teoría según la cual la luz se trasmite en ondas que se propagan a partir de la fuente luminosa. En 1704 Newton rechazó la teoría ondulatoria propuesta por Huygens y propuso su teoría, según la cual la luz está compuesta por innumerables partículas que se mueven por el espacio. Para rechazar la teoría de Huygens, Newton se basó en que una de las dos teorías debería ser falsa; pues estaba persuadido, por excelentes demostraciones, de la verdad de su teoría. Así pues, el error de Newton no consistió en afirmar que la luz se compone de partículas, sino en no admitir la otra posibilidad propuesta por su contendor, la cual, posteriormente, se demostró que también era verdadera.

La *objetividad* permitió sostener que los procesos científicos son independientes de todo sujeto, éstos se comportan como la película de una cámara fotográfica. Los datos científicos serían el reflejo fiel de la realidad sin ninguna mediación del sujeto cognoscente, el cual no aportaría nada al conocimiento.

El *reduccionismo* es otra característica del paradigma disciplinar clásico, a partir del cual existe un solo punto de vista para la ciencia. Disciplinas como la Física, la Química, la Biología, la Psicología, la Astronomía, la Antropología, y la Sociología, por ejemplo, se basarían en las mismas suposiciones y sus resultados serían compatibles e incluso intercambiables entre sí.

Fouréz (2000, p 23) lo describe del siguiente modo:

“...se basa en la idea de que el mundo objetivo es fundamentalmente espacio, tiempo y partículas materiales, nada más. El estudio de cómo estas partículas se comportan es la Física, y cómo se combinan para formar partículas más grandes, es, en términos sencillos la Química. El estudio de cómo estas partículas más grandes se combinan para transformarse en partículas vivientes es la Biología y el estudio de cómo esas partículas vivientes se vuelven más complejas, de manera que empiezan a sentir, es la Fisiología y la Neurofisiología. El estudio acerca del modo en que estas aún más complejas partículas se comportan, reflejando lo que nosotros llamamos inteligencia, es la Psicología. Mi descripción ha partido desde la Física, desde las pequeñas partículas hasta las grandes partículas, hasta las cosas vivientes, inteligentes”.

La organización disciplinar fue instituida en el siglo XIX, particularmente con la formación de las universidades modernas, y se desarrolló en el siglo XX con el impulso de la investigación científica. Como parte de este proceso es posible analizar la evolución de una disciplina desde su nacimiento, institucionalización, evolución y dispersión.

Dice Morin (1986) que no es suficiente encontrarse en el interior de una disciplina para conocer todos los problemas referentes a ella misma. La frontera disciplinaria, su lenguaje y los conceptos propios van a aislar a la disciplina de otras y de los problemas que involucran a otras, a los que habitualmente llamamos interdisciplinarios.

Así, el conocimiento científico fue concebido durante mucho tiempo -y aún lo es a menudo en la enseñanza superior- como teniendo la misión de disipar la aparente complejidad de los fenómenos, a fin de revelar el orden simple al que obedecen.

Cabe observar que con el triunfo de la mecánica de Newton, en los siglos XVIII y XIX, la Física asumió visos de ciencia exacta con la que se habían de cotejar todas las demás ciencias. Cuanto más un científico -tanto de las ciencias naturales como sociales- llegase a la imitación de la Física, tanta más categoría ganaría su ciencia ante la comunidad científica.

La interdisciplinariedad nace de constatar que la aproximación al mundo a través de una disciplina particular resulta sesgada y, generalmente, demasiado limitada. Para estudiar una determinada cuestión de la vida cotidiana son

precisas múltiples aproximaciones y a eso se refiere el concepto de interdisciplinariedad.

Parafraseando a Morin (1986), decimos que la interdisciplinariedad puede pensarse en términos de intercambio y cooperación, lo cual hace que ella resulte algo orgánico. La necesidad del pensamiento interdisciplinario se impone progresivamente a lo largo de un camino en el cual aparecerán, ante todo, los límites, las insuficiencias y las carencias del pensamiento simplista, condiciones asociadas a lo disciplinar.

La historia de la ciencia no es solamente la historia de la constitución y de la proliferación de las disciplinas, sino también aquella de la ruptura de las fronteras disciplinarias, de la posibilidad de compartir problemas y abordarlos desde ópticas diferentes, de la circulación de conceptos, de la formación de disciplinas híbridas que terminarán por atomizarse.

DESARROLLO

El problema de la actualización de la enseñanza universitaria

La política de la enseñanza científica actual se justifica a menudo con el nombre de una “formación adecuada para los alumnos” (Fouréz, 2005). Esta política no está basada solamente sobre consideraciones educativas, sino también sobre ideas anteriores. Las disciplinas científicas han servido de base para la definición de ciertas carreras científicas y han definido una identidad que es adquirida por los estudiantes en el curso del desarrollo de su carrera.

El malestar vinculado a la enseñanza disciplinaria está bastante arraigado. A principio de los años setenta, con la puesta en marcha de la reforma de Haby primero en Francia y posteriormente en Bélgica, hubo tentativas, sin éxito, de aproximaciones interdisciplinarias. El fracaso, según los responsables de estos proyectos, se debió a la escasa o nula formación de los docentes para este tipo de trabajo (Fouréz, 2005).

En consonancia con la opinión de expertos en Didáctica de las Ciencias (Klimosvky, 1994; Bruner, 1997; Csikszentmihalyi, 1998; Morin, 1998 y 1999), uno de los problemas claves ha sido la manera en que se han reformado los contenidos de los cursos de ciencias. Éstos han sido a menudo modificados (más bien se han cambiado los capítulos de lugar¹), pero la estructura de base de los cursos de ma-

¹ El comentario entre paréntesis es nuestro.

temática, física y química data del siglo XIX. Siguen manteniéndose a través de los años las divisiones en temas o sub-disciplinas: la Física mantiene sus capítulos de óptica, electricidad, cinemática, etc.; la matemática mantiene sus divisiones en cálculo numérico, álgebra, ecuaciones diferenciales, etc.

Por tanto, uno de los desafíos más difíciles de la educación actual es el de modificar el pensamiento de los educadores para abordar la complejidad creciente, la rapidez de los cambios y lo imprevisible. Es necesaria una reforma en la forma de adquirir el conocimiento como producto de un proceso ultra complejo y, por consiguiente, una reforma educativa de carácter amplio.

La universidad, institución fuertemente clásica y tradicional de más de nueve siglos de existencia, se enfrenta actualmente a los requerimientos de una actualización dinámica y permanente frente a los cambios vertiginosos planteados por la globalización, la diversidad cultural y las tecnologías de la información y la comunicación (Campos y Herrera, 2009).

Morin (1998) promueve una continua revisión epistémica de los contextos del conocimiento científico, en tres aspectos: descubrimiento (epistemológico), validación (metodológico) y aplicación (tecnológico).

La necesidad de nuevas maneras de pensar e investigar se pone de manifiesto en la evaluación de la calidad de las instituciones educativas.

Así, los procesos de acreditación de las carreras de Ingeniería en la mayoría de las universidades latinoamericanas evidencian un conjunto de falencias que, en mayor o menor grado, obstaculizan tales procesos. Este conjunto se puede explicitar resumidamente del siguiente modo:

- escasa compatibilidad entre los programas académicos y la propia especialidad,
- escasa interdisciplinaridad entre las materias del ciclo básico y el ciclo superior de la carrera, internas de cada ciclo y entre ciclos,
- insuficientes oportunidades de formación pedagógica para los docentes,
- débil coordinación entre las instituciones de educación superior que ofertan carreras de ingeniería y los organismos públicos y privados vinculados a actividades de educación,
- mínima presencia de programas de investigación sobre la problemática específica de cada carrera,

- insuficientes recursos económicos destinados a la investigación,
- escasez de proyectos que faciliten la obtención de fondos extrauniversitarios para investigación,
- insuficiente disponibilidad de recursos para la organización de eventos destinados al intercambio de experiencias, discusión y análisis de resultados de investigaciones realizadas,
- débil coordinación entre las instituciones de educación superior que ofertan carreras de ingeniería y los organismos públicos y privados vinculados a actividades de investigación,
- escasa vinculación con medio,
- limitada formación y experiencia de docentes y estudiantes en aspectos metodológicos del trabajo específico de la especialidad.

Los estándares en Argentina, promueven la aplicación de un Programa de Acreditación a favor de un conjunto de aptitudes que caractericen al graduado de ingeniería. Entre ellas se enuncia: “Aplicar sus conocimientos de matemáticas, ciencias básicas y ciencias de la ingeniería para resolver problemas de la ingeniería con capacidad de análisis y síntesis”. (CONFEDI, 2000, p 235).

Más aún, específicamente en el Ciclo de las Ciencias Básicas se explicita que: “El objetivo de los estudios en matemática es contribuir a la formación del pensamiento lógico-deductivo del estudiante, proporcionar una herramienta heurística y un lenguaje que permita modelar los fenómenos de la naturaleza. Estos estudios estarán orientados al énfasis de los conceptos y principios matemáticos más que a los aspectos operativos” (CONFEDI, 2000, p 256).

Para lograr tales propósitos, el ciclo de las Ciencias Básicas tiene asignado un total de 750 horas de las cuales el 53 % están destinadas a Matemática (CONEAU, 1998), tal como se puede apreciar en la tabla 1.

Disciplinas	Horas	%
Matemática	400	53
Física	225	30
Química	50	7
Sistemas de Representación y Fundamentos de Informática	75	10
Total	750	100

Tabla 1. Ciclo de Ciencias Básicas, distribución de horas por disciplina. (CONEAU, 1998)

Sin embargo, a juzgar por los resultados luego de 10 años de implementación, la escasa interdisciplinariedad entre las materias del Ciclo Básico y entre los Ciclos Básico y Superior de la carrera sigue siendo uno de los problemas con mayor arraigo en la educación superior y sin vías de solución.

La interdisciplinariedad como intento de solución a las dificultades de la disciplinariedad.

Como respuesta al paradigma disciplinar, cada vez más, se reconoce que para estudiar una determinada cuestión de la vida cotidiana son precisas múltiples aproximaciones.

En ese sentido, la interdisciplinariedad busca aplicar los métodos de una disciplina a otra y, en algunos casos, generar una nueva disciplina (Basarab, 2002 y Carrizo, 2001). Tal es el caso de la Física-Matemática, generada a partir de la transferencia de los modelos matemáticos a la Física.

En ambos casos, construir una nueva representación del problema de manera interdisciplinar puede resultar más adecuado, independientemente de todo criterio particular. Se espera que se asocien, por ejemplo, la biología, la sociología, la Psicología, etc., con lo cual se podría obtener una ciencia de la salud más adecuada, objetiva y universal, porque examinará muchos más aspectos del problema y libre de los sesgos de cada una de las aproximaciones particulares.

Sin embargo, advierte Fouréz (2005), que semejante aproximación interdisciplinaria –no hace más que producir un nuevo acercamiento particular, pues el objetivo no es crear una nueva disciplina científica, ni un discurso universal, sino recobrar un problema concreto desde una visión compartida.

Es posible conjeturar, tal como lo sostiene Bishop (1999), que las ciencias han llegado al límite de su capacidad de articular una comprensión de la complejidad en los lenguajes formales que cultivan, y que se debiera pensar en una forma integrada de abordar el conocimiento científico. Una educación con espíritu interdisciplinario lo será también en sus estructuras, en su organización, en las dimensiones de su gestión y en la administración.

La estructuración del diseño curricular es una muestra clara de la ausencia de integración. Dice Peñalver (1998) que:

“la estructuración del diseño curricular, en los momentos en que ello ha sido posible, se ha convertido en un escan-

daloso pugilato definido por dos golpes básicos: un fuerte derecho porcentual, que se distribuye en las distintas áreas de conocimiento, y una izquierda con rango de importancia, porque se define que área es más importante que otra”. (Peñalver, 1998, p 2)

Una aproximación socio constructivista al conocimiento

La epistemología estudia nuestra manera de conocer. Se podría proponer una larga lista de temas que esta disciplina estudia, entre ellos nos interesa la manera en que el saber está dividido en disciplinas y las diferentes aproximaciones interdisciplinarias.

Las prácticas llamadas interdisciplinarias o interdisciplinares utilizan resultados de diversas disciplinas para comprender un fenómeno complejo. Desde esta perspectiva, el objetivo de la interdisciplinariedad es la construcción de un saber adecuado para una situación utilizando las diferentes disciplinas y los conocimientos que puedan aportar.

A modo de ejemplo, el análisis sobre el aumento de número de accidentes de tránsito en rutas constituye un problema que involucra a varias disciplinas. Los datos de los accidentes son un importante punto de partida para reducir el número de accidentes, ya que ellos permiten llevar a la práctica programas de control, educación, mantenimiento, inspecciones vehiculares, servicios de emergencia y mejoras de la red, tanto urbana como rural.

El uso de programas computacionales permitirá obtener tabulaciones a partir de listados periódicos de accidentes por localización, de lugares con alto número de accidentes, de resúmenes de accidentes por distintos tipos de situaciones, días de la semana, hora del día, etc.; que permitirán estudiar la situación existente.

Más aún, un equipo de expertos deberá realizar observaciones del terreno y dar respuesta a preguntas tales como:

- ¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del lugar? ¿Pueden estas condiciones corregirse o eliminarse?
- ¿La falta de visibilidad es la causa de los accidentes?, ¿Puede mejorarse? ¿Puede informarse del peligro a los conductores si la causa no puede eliminarse?
- La señalización, las marcas y semáforos ¿están cumpliendo el rol que les corresponde? ¿Alguno de ellos puede, de alguna manera, estar contribuyendo a producir un accidente en vez de prevenirlo?

- ¿Pueden prevenirse los accidentes prohibiendo algún movimiento vehicular? ¿Un giro a la izquierda de poca magnitud, por ejemplo?
- ¿El número de accidentes nocturnos tiene una proporción distinta a la diurna en relación con el volumen vehicular?
- ¿Muestran las condiciones que falta alguna disposición especial o un mayor control policial?
- ¿Los estacionamientos contribuyen a los accidentes?
- ¿Existe una adecuada señalización previa al lugar en consideración?
- ¿Se aprecia una demora que pueda impacientar a los conductores?

Los resultados de estos análisis acoplados al trabajo de otros especialistas pueden generar un conjunto de medidas correctivas

Parafraseando a Forres (2000), cada uno ve el mundo a su manera. De esta afirmación se desprenden, a nuestro juicio, dos observaciones fundamentales:

- Reconocer la diversidad de puntos de vista no implica nivelarlos, ni suponer que sean equivalentes.
- Cada perspectiva es individual, incompleta y parcial.

Desde una posición constructivista afirmamos que los conocimientos están hechos por y para los humanos. Más aún, el socio constructivismo, por su parte, desde una visión histórica y social analiza cómo, bajo la presión de factores económicos, sociales, políticos y culturales, las sociedades se desarrollan y evolucionan. El conocimiento estandarizado de una disciplina es una respuesta colectiva a las preguntas y problemas propios de una época.

Es importante observar la existencia de dos posturas epistemológicas bien diferenciadas que conducen hacia actitudes pedagógicas bien diferentes y que están ligadas a representaciones más bien opuestas de la enseñanza de las ciencias.

Por una parte están los docentes que creen que enseñan la verdad, frente a quienes los alumnos tienen la impresión de encontrarse con una enseñanza que busca convencerlos. Ellos tratan de comprender estas verdades y, finalmente, creerán en ellas. En muy pocos casos se preguntarán en qué contextos una ley o propiedad es aplicable. Desde esta óptica, el objeto de enseñanza será la verdad científica, y el propósito hacérsela conocer a los alumnos.

Por otra parte están los docentes que aceptan la existen-

cia de representaciones múltiples del conocimiento científico. A partir de la puesta a prueba de nuevos modelos, sus alumnos aprenderán oportunamente a utilizar el más adecuado.

Se parte de la idea de que quienes aprenden en primer lugar miran el mundo a través de ideas preconcebidas, representaciones, modelos científicos y pre científicos, mitos. Lejos de provenir de experiencias realizadas, dependen de las ideas aceptadas en el punto de partida. En segundo lugar, trabajan con modelos hechos, los comprueban, pueden ver hasta qué punto eso funciona, utilizando los conceptos que van unidos a ellos.

En ese sentido, el trabajo en ciencias resulta una práctica que sustituye constantemente las representaciones que tenían del mundo. Dice Fouréz que se empieza a hacer ciencia desde el momento en que se deja de aceptar la visión espontánea, relacionada con la vida cotidiana y condicionada por la cultura (Fouréz, 2006, p 48). Para dar ejemplo: todas las personas perciben el calor irradiado y la luz visible como fenómenos naturales distintos, sin embargo, al estudiar ondas electromagnéticas, se aprende que esto no es así, que en realidad son manifestaciones distintas de un mismo fenómeno físico y solo difieren en la longitud de onda.

Los modelos teóricos aparecen como interpretaciones que organizan nuestra percepción del mundo. Lo que acabamos de exponer lleva a plantearse nuevas preguntas: ¿sería posible tener otras representaciones equivalentes o igualmente “buenas”?, ¿existen reglas universales?, ¿cuáles son buenas representaciones?, el consenso en torno a una teoría ¿obedece a reglas rígidas o flexibles? En definitiva, toda representación va unida a convenciones. Los análisis que hemos desarrollado van en la línea de la ausencia de criterio absoluto para decir cómo hay que representar las cosas. En todo caso, los criterios podrían ser relativos al contexto.

En definitiva, los modelos teóricos tratan de organizar el mundo, de que se ajuste a nuestro razonamiento. En este sentido, el descubrimiento de nuevos modelos teóricos consiste en inventar una manera nueva de ver las cosas, más adecuada y más fecunda.

A modo de ejemplo: “La revolución copernicana fue una revolución en el campo de las ideas, una transformación del concepto del universo que tenía en hombre hasta ese momento y de su propia relación con el mismo...” (Kuhn, 1996,

p 23.). Copérnico, en 1543, propuso simplificar la teoría astronómica vigente hasta es momento, transfiriéndole al Sol funciones que se le atribuían a la Tierra. De este modo revolucionó la astronomía. No solo dio origen a innovaciones en otras ciencias, sino que también generó debate en otros ámbitos: la religión, la filosofía y lo social.

Una aproximación interdisciplinaria al conocimiento

En la educación superior surge el cuestionamiento sobre cómo promover las formas integradas de investigación y la transferencia de métodos entre disciplinas que permita enlazar tres aspectos claves del conocimiento, tal como lo propone Souza Da Silva (2008):

- *El sistema de conocimiento* (relacionado con los procesos empíricos que han hecho aflorar los presentes problemas, y que pueden también influir en el desarrollo de un problema futuro).
- *El objetivo del conocimiento* (se refiere a los valores y normas que son aceptables como bases para determinar los objetivos propios del proceso de resolución de problemas).
- *El conocimiento de transformación* (hace referencia al hecho de si la situación de un determinado problema puede ser transformada o mejorada, y a los caminos o estrategias para lograrlo).

Creemos que una aproximación interdisciplinaria permite construir una representación del problema mucho más adecuada e independiente de todo criterio particular, crea la necesidad de trabajar sobre un proyecto compartido y se valoriza y fomenta la investigación del entorno, el trabajo cooperativo, el conocimiento integrado, la interacción continua entre el que enseña y el que aprende, el uso de diversas fuentes y entornos de aprendizaje y la creatividad.

El siguiente ejemplo nos proporciona una aproximación interdisciplinaria a la resolución de un problema.

1. En primer lugar se describe el contexto (se esquematiza en la figura 1)

La captación de agua de lluvia es un medio fácil para obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. El agua de lluvia es

interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso.

En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos).

Este sistema tiene como principales ventajas:

- *Alta calidad físico química del agua de lluvia.*
- *Sistema independiente y, por lo tanto, ideal para comunidades dispersas y alejadas.*
- *Empleo de mano de obra y/o materiales locales.*
- *No requiere energía para la operación del sistema.*
- *Fácil de mantener.*
- *Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.*
- *Pero, al mismo tiempo, hay algunos factores que juegan en contra y pesan a la hora de decidir el sistema utilizar:*
- *Alto costo inicial, que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos.*
- *La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.*



Figura 1. Esquema modelo SCAPT. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2010.

2. Luego, se presenta el problema

Se tiene una pieza de acero galvanizado de “w” pulgadas de ancho se debe doblar en forma simétrica, de tal manera que queden 3 lados rectos y se forme un canalón/canaleta que desaloje el agua de lluvia.

- a) *¿Cuáles son las dimensiones que permiten el flujo máximo posible?*
- b) *¿Sería mejor curvar la pieza de modo que quede una sección transversal semicircular?*

La modelización de la situación es clave para poder dar respuesta al problema. Dado que en este caso no se dis-

pone de un modelo experimental, habrá que trabajar sobre las condiciones del problema para obtenerlo. La figura 1 reproduce un corte transversal de la pieza de acero doblada de manera simétrica, con lo cual el problema se reduce a maximizar el área del corte. Como se puede observar, las dimensiones de la misma van a depender del ángulo y de la longitud del doblez.

Se trata entonces de una función de dos variables, que denominamos A, cuyo modelo se puede obtener luego de algunos desarrollos algebraicos que no se reproducen por cuestiones de espacio:

$$A(x, \theta) = x \operatorname{sen}(\theta) ((w - 2x) + x \cos(\theta))$$

Nuevamente, mediante la utilización de un sistema computacional, se puede observar que la función tiene un máximo, con lo cual cobra sentido la búsqueda del mismo (gráfico 1).



Figura 2. Corte transversal de la pieza de acero doblada de manera simétrica. Elaboración propia.

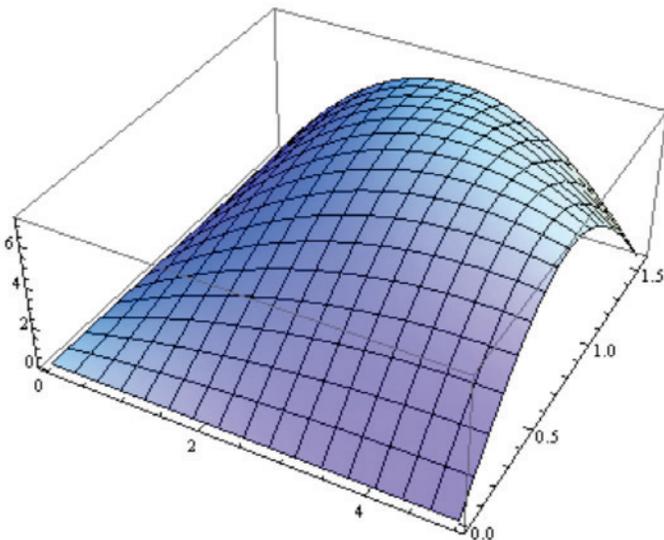


Gráfico 1. Representación de la función $A(x, \theta) = x \operatorname{sen}(\theta) ((w - 2x) + x \cos(\theta))$ Elaboración propia.

Los pasos siguientes (no se reproducen por razones de espacio) consisten en explorar sobre el máximo local mediante un software computacional, calcular los puntos críticos de la función y analizarlos según el criterio de la segunda derivada, para comprobar que se trata de un máximo; y finalmente calcularlo. Los valores obtenidos son

$$x = w/3, \theta = \pi/3 \text{ y el máximo } A\left(\frac{w}{3}, \frac{\pi}{3}\right) = \frac{w^2}{4\sqrt{3}}$$

En cuanto a doblar la pieza de manera semicircular, podemos ver que la longitud $w = \pi r$, con lo cual $r = w/\pi$ (gráfico 2).

Por tanto: $A(w) = \pi \left(\frac{w}{\pi}\right)^2 = \frac{w^2}{\pi}$,

lo cual produce un área mayor pues: $\frac{w^2}{\pi} > \frac{w^2}{4\sqrt{3}}$

Una conclusión importante es que el doblez semicircular permite mayor caudal de agua.

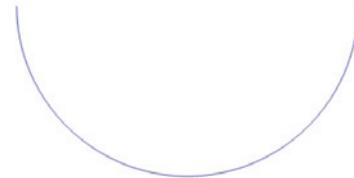


Gráfico 2. Esquema del doblez semicircular. Elaboración propia.

Este problema da lugar a un análisis interdisciplinario que incorpora:

- a) Factores técnicos y económicos de oferta y demanda de agua, tal como se ha mencionado al inicio del problema. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es recomendable trabajar con datos suministrados por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretender ejecutar el proyecto. Además, en cuanto a la demanda, la dotación de agua debe satisfacer las necesidades básicas elementales (los aspectos de higiene personal y lavado de alimentos y ropa, requieren al menos a 20 litros de agua por familia y por día).
- b) Factores sociales, entre los cuales se hace necesario analizar las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta en relación con la participación de la comunidad en el proyecto.

Del mismo modo, un análisis de los componentes referidos a captación, recolección, intercepción y almacenamiento, enlaza el problema con una posible investigación sobre los materiales más adecuados para cada fase del dispositivo.

- a) El área de captación está conformada por el techo de la edificación, la misma debe tener la superficie y la pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. La selección del material más adecuado debe contemplar bajo costo y adecuación al lugar.
- b) La recolección y conducción (modo de conducir el agua recolectada hacia los depósitos de almacenamiento) también requiere una investigación sobre el material más acorde para las canaletas.
- c) Intercepción (dispositivo de descarte de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentran en el momento del inicio de la lluvia). Su diseño debe contemplar el volumen de agua requerido para lavar el techo a partir de tamaños estandarizados.
- d) Almacenamiento (dispositivo destinado a almacenar el volumen de agua de lluvia para el consumo). Esta unidad debe cumplir con un conjunto de especificaciones:
 - Impermeable, para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración;
 - De no más de dos metros de altura, para minimizar las sobre presiones;
 - Dotado de tapa, para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar;
 - Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande para permitir el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias;
 - La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales;
 - Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.

El problema propuesto, si bien se inserta en el ciclo de materias básicas, involucra temas de Biología, Economía, Estadística e Informática. En este último caso como sustento gráfico, numérico y algebraico de los desarrollos que conducen a la solución.

Sin embargo se trata de un problema que es propio de la Ingeniería Ambiental, o más bien de la Ingeniería en Tecnología Ambiental, dada la necesidad de abordaje de forma integrada, teniendo en cuenta sus implicancias ecológicas, sociales, económicas y tecnológicas.

Más allá del problema puntual aquí planteado, es deseable que los alumnos profundicen sobre las problemáticas globalmente. Por ejemplo, podrían investigar sobre el impacto económico, social y geográfico de la aplicación del sistema SCAPT.

REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

Retomando nuestro objetivo inicial, la interdisciplinarietà puede pensarse en términos de intercambio y cooperación, lo cual se contrapone a las características del paradigma disciplinar: reducción, objetividad, disyunción.

En este nuevo contexto se debe contribuir a la comprensión de los saberes mediante el trabajo interdisciplinario, y para ello resulta necesario:

- Facilitar el desarrollo de estrategias para el abordaje y resolución de problemas complejos a través de la aproximación a situaciones concretas, que representen un desafío para los estudiantes.
- Promover la toma de decisiones personales fundamentadas sobre temas de la vida cotidiana, brindando las oportunidades necesarias para desarrollar la capacidad de hacer elecciones, negociarlas y justificarlas.
- Estimular el desarrollo de las habilidades comunicativas en las relaciones interpersonales a través de instancias de trabajo cooperativo y solidario que favorezcan la iniciativa personal y los intercambios, para que los estudiantes participen con confianza en debates acerca de distintas problemáticas.
- Favorecer el desarrollo de un pensamiento humanista y científico que permita a los estudiantes adaptarse a los cambios de contexto y abordar problemas de interés desde la óptica de varias disciplinas, asumiendo actitudes críticas y responsables ante las políticas sociales, científicas y tecnológicas que los afecten.

Se hace necesario transmitir una visión constructivista de la ciencia y sus vinculaciones con lo social. Para los alumnos universitarios puede suponer un acercamiento a una visión abierta de la ciencia y a los procesos sociales que la condicionan.

Los docentes e investigadores en escuelas de ingeniería deberían considerar la ciencia como una construcción social e histórica, comenzando por plantearse la pregunta: ¿qué tipo de verdad ofrece la ciencia?, y organizar su actividad a partir la respuesta. A partir de la puesta a prueba de nuevos modelos, los alumnos aprenderán a utilizar el más adecuado oportunamente. Esto implica, a nuestro juicio, la adquisición de una competencia muy valiosa: la valoración crítica de la situación.

Sin embargo, para llevar a cabo cambios profundos y duraderos, la propuesta de trabajo interdisciplinario no puede estacionarse en los ámbitos exclusivamente académicos. Sería deseable penetrar dentro de las estructuras de la Educación Superior y modificar los currículos.

Creemos que debiera tomarse en consideración el aporte que puede brindar la Didáctica de las Ciencias en cuanto a la formación de alumnos en los cursos de ciencias. A nuestro juicio, sería beneficioso comenzar por dos de las propuestas básicas: proporcionar claves para responder a cuestiones científicas y técnicas, y desarrollar actitudes y métodos de pensamiento que se parezcan a aquellos que los científicos ponen en práctica en sus investigaciones. ■

Liliana Milevicich
lmilevicich@frgp.utn.edu.ar

Alejandro Lois
alois@frgp.utn.edu.ar

Referencias bibliográficas

- BASARAB, N., *A New Vision of the World: Transdisciplinarity*, New York, USA, State University of New York Press, 2002
- BISHOP, A., *Enculturación matemática. La educación matemática desde una perspectiva cultural*. Barcelona, Piados, 1999
- BOYER, C., *Historia de la Matemática*. 2da edición, Madrid, Alianza, 1992
- BRUNER, J., *La educación, puerta de la cultura*, Madrid, Aprendizaje Visor, 1997
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima, Organización Mundial de la Salud, 2010
- CARRIZO, L; Espina Prieto, M., *Transdisciplinarietà y Complejidad en el Análisis Social (el Programa MOST)*, Documento de debate N° 70, UNESCO, 2001.
- CONEAU, Taller sobre acreditación de carreras de grado en el área de Ingeniería, 1998. [Consulta: 2 marzo 2011]. Disponible en la Web: (http://www.coneau.edu.ar/talleres_y_semina/seminari.htm)
- CONFEDI, *Manual de acreditación para carreras de Ingeniería en la República Argentina*, Buenos Aires, Consejo Federal de decanos de Ingeniería, 2000
- CSIKSZENTMIHALYI, M., *Creatividad. El fluir y la psicología del descubrimiento y la invención*, Barcelona, Piados, 1998
- FOUREZ, G., *La construcción del conocimiento científico: sociología y ética de la ciencia*. 2da edición, Madrid, Ediciones Plaza, 2000.
- Fouréz, G., *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires, Ediciones COLIHUE, 2005
- FOUREZ, G., *Saber sobre nuestros saberes. Un léxico epistemológico para la enseñanza*, Buenos Aires, Ediciones COLIHUE, 2006
- KLIMOVSKY, G., *Las desventuras del conocimiento científico: Una introducción a la Epistemología*, Buenos Aires, AZ Editora, 1994.
- KUHN, T., *La revolución copernicana*, Barcelona, Ariel, 1996
- MORIN, E., *Introducción al pensamiento complejo*, México, Mutidiversidad Mundo Real, 1986.
- MORIN, E., *Sobre la interdisciplinarietà*. México, Mutidiversidad Mundo Real, 1998.
- MORIN, E., "Los siete saberes necesarios para la educación del futuro", UNESCO, 1999
- PEÑALVER, L., *Transdisciplinarietà y pensamiento complejo en la educación básica*. Revista Iberoamericana de Educación, 1998 [consulta: 5 noviembre 2011].
- Disponible en la Web: www.rieoei.org/deloslectores/688Penalver.PDF
- SOUZA DA SILVA, S., *Interdisciplinarietà, docencia universitaria y formación*, San Paulo, Brasil, Universidad Federal de Sao Paulo, 2008.
- VARELA, F., "Método científico y validación: Un puente para dos miradas", Dolmen (Santiago de Chile), 1997, 26-27

Simulación Computacional en la Industria del Gas y Petróleo

Casos de Aplicación

José Manuel Pereiras

Resumen

Históricamente la industria del gas y petróleo ha impuesto desafíos tecnológicos en todas sus divisiones: exploración, producción, mantenimiento, refinación, desarrollo de producto. En estos últimos años gran parte de estos desafíos se concentraron en las simulaciones computacionales, ya que estas permiten a los ingenieros y profesionales la optimización de sus productos, procesos y el consecuente ahorro de la necesidad de realizar ensayos a plena escala.

Si bien la diversidad de simulaciones computacionales en Oil&Gas son tan variadas como las problemáticas que involucra esta industria, a continuación trataré casos específicos en los que estuve involucrado y fueron llevados a la práctica con éxito.

Palabras clave: Gas y Petróleo, Simulación Computacional, Elementos Finitos, Conexiones roscadas, Tuberías.

Abstract

Historically the Oil&Gas industry has imposed technological challenges for its all divisions: exploration, production, maintenance, refinement and product development. In the last years, a big part of these challenges were focused on the computational simulations, because this allows engineers and professionals to optimize their products, process and to reduce the amount of full scale tests.

Although the amount of computational simulation in Oil&Gas is very different as the different cases in the industry, I will deal specific cases where I was involved and were solved successfully.

Keywords: Oil&Gas, Simulación Computacional, Elementos Finitos, Conexiones Roscadas, Piping.

DESARROLLO DE PRODUCTO

Uniones Roscadas

Los pozos petroleros se componen del tubo camisa (casing), tubo de conducción (tubing) y la varilla de bombeo (sucker-rod). En la Figura 1 se muestra un esquema de un pozo petrolero típico.

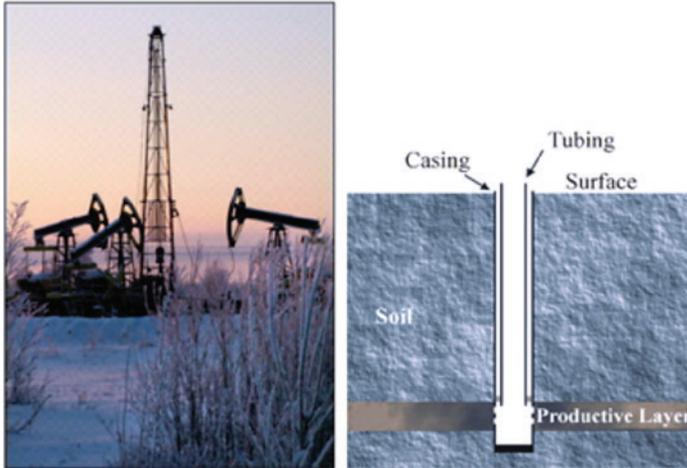


Figura 1: Componentes de un Pozo Petrolero.

Estos pozos pueden medir desde 1500m a 5000m de profundidad o más. Como estos productos (casing, tubing, sucker-rod) se fabrican típicamente en 12m de longitud, el armado de un pozo implica cientos de uniones, las cuales deben resistir las mismas acciones que soportan los cuerpos de tubo o varillas.

En la Figura 2 se muestra una conexión roscada de tubo, donde pueden verse las distintas partes que la componen:



- (1) Sello
- (2) Rosca

Figura 2: Conexión Roscada.

En la Figura 3 se muestra un detalle de la simulación de la conexión roscada. Puede verse que las zonas en rojo muestran las áreas de mayor esfuerzo y deformación, que deben controlarse para evitar plastificaciones excesivas.

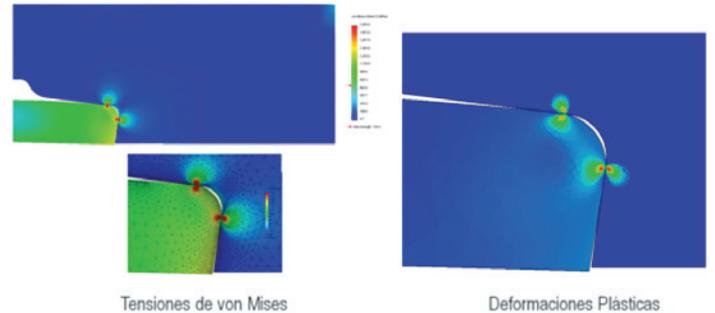


Figura 3: Tensiones y Deformaciones Plásticas.

Con este tipo de estudio puede analizarse la sellabilidad de la unión, y con esto se garantiza que no se produzcan pérdidas de gas o petróleo en la conexión. Es interesante notar que este tipo de análisis es muy complejo de realizar en ensayos reales, ya que no se puede acceder a la zona del sello de una manera flexible como lo permiten las herramientas de simulación.

Estos estudios los utilicé tanto para el Desarrollo y Optimización de nuevos productos como para análisis post mortem de uniones que habían fallado en campo, y de las que se necesitaba conocer las causas de su rotura.

Este tema en especial fue el principal punto de aplicación en mi tesis de Maestría en Simulación Numérica y Control. Ahora este tipo de aplicaciones está siendo ampliado en el grupo de investigación de Mecánica Computacional de La Universidad de la Marina Mercante. Los puntos principales de estudio en los que nos estamos enfocando actualmente son teorías de fallas, contemplando efectos dinámicos y las aplicaciones de nuevas formulaciones de elementos finitos.

REFINACIÓN

Dispersión de Contaminantes y Ventilación

En este caso necesitaba estudiarse la dispersión de un contaminante en la atmósfera, producto de gases emanados. Para ello se utilizó una tecnología de dinámica de fluidos computacional (CFD: Computational Fluid Dynamics).

En la Figura 4 se muestra una simulación de contaminante emanado a la atmosfera. A partir de estos resultados se puede determinar qué zonas van a quedar afectadas por estos contaminantes, y así tomar los recaudos necesarios para la modificación de las construcciones o la toma de decisiones para cumplimentar con las normativas correspondientes.

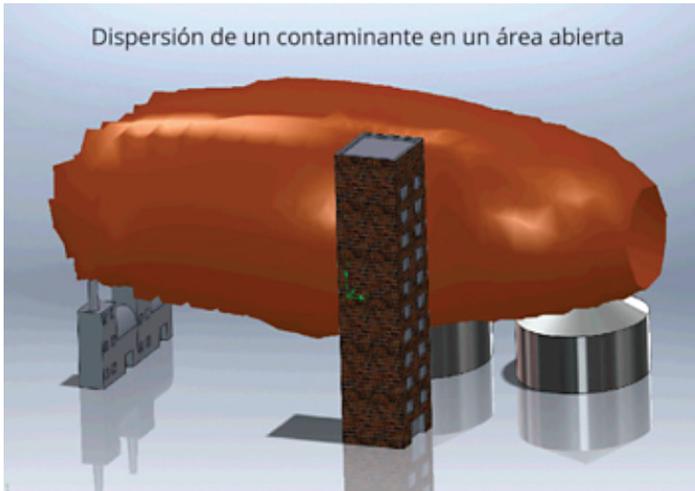


Figura 4: Dispersión de un Contaminante.

En la Figura 5 se muestra el estudio de ventilación dentro de una planta, la cual es transitada por personas. En este caso el objetivo era determinar las condiciones óptimas de habitabilidad en todas las áreas de la planta. Para conocer estas condiciones no solo se realizan estudios de velocidad de aire, temperatura, presión y humedad relativa, sino que también se determinan los parámetros de confort que se asocian con los anteriormente mencionados y permiten llevarlos a una escala de confort humano.

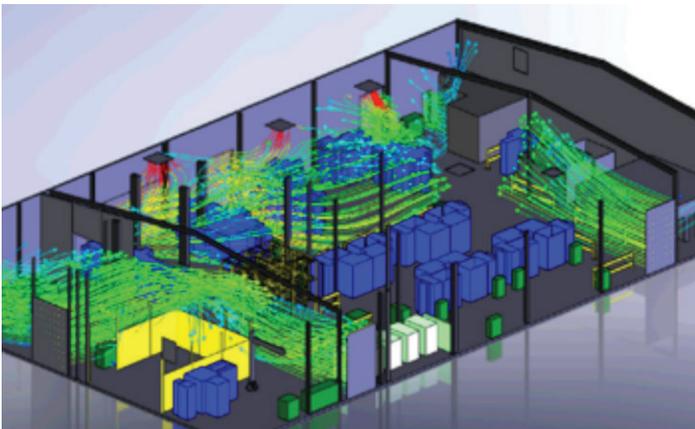


Figura 5: Análisis de Ventilación en una Planta.

PRODUCCIÓN

Análisis de Tuberías

El análisis de tuberías implica múltiples estudios. Muchas veces estos análisis son realizados de una manera simplificada, en la que muchos parámetros desconocidos son estimados e introducidos en el modelo computacional. El gran problema de estas estimaciones es que las mayoría de las veces no contemplan todos los fenómenos físicos que se están produciendo en la tubería, lo cual genera un error considerable en los datos de entrada al modelo. De esta manera, si el modelo está alimentado con errores en los inputs, es de esperar que los resultados obtenidos tengan como mínimo el nivel de incertidumbre de los datos antes mencionado.

Justamente este es el caso que me toco estudiar, y que se detalla en la Figura 6. Esta es una tubería que conduce vapor sobrecalentado a una determinada velocidad, la cual produce esfuerzos en los accesorios y soportes. Inicialmente los cálculos se realizaban estimando las temperaturas y esfuerzos a lo largo de la tubería. Luego, con esas estimaciones, se cargaba el modelo para calcular tensiones y deformaciones. El problema con esta metodología era que esos datos arrastraban errores que afectaban los resultados finales.

- Vapor a 150 grados Celsius
- Fuerzas sobre accesorios
- Campo de Temperaturas
- Análisis de Flexibilidad
- Concentración de Tensiones
- Desplazamientos
- Optimización de Soportes



Figura 6: Modelo de la tubería.

La metodología propuesta fue la de utilizar la herramienta de fluidodinamica para estimar los campos de temperaturas y los esfuerzos en accesorios. Ahora estos valores son calculados de una manera precisa y los mismos son introducidos en el modelo de cálculo de tensiones y deformaciones.

En la Figura 7 se muestra el cálculo de toda la tubería, incluyendo un alto nivel de detalle donde se llega al nivel de los soportes. Esta simulación toma en forma “transparente” los cálculos realizados con la herramienta de fluidodinamica.

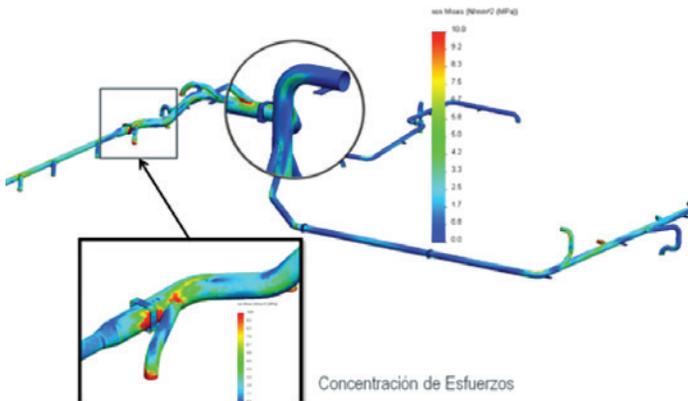


Figura 7: Esfuerzos en la tubería y soportes.

Hasta aquí he descripto tres casos específicos de aplicación directa en Desarrollo de Producto, Refinación y Producción. Estas aplicaciones se basaron principalmente en técnicas numéricas conocidas como Elementos Finitos para lo que es el cálculo estructural, y Volúmenes Finitos para el cálculo de dinámica de fluidos.

Destaco que todos estos casos fueron llevados a cabo por profesionales de la industria, y no solamente por especialistas computacionales. Esto muestra que este tipo de tecnología está a disposición de todo profesional que necesite afrontar desafíos de este tipo.

En este artículo he intentado mostrar, mediante aplicaciones concretas, el potencial de las herramientas de simulación para cualquiera de los desafíos que se presentan día a día en la industria de Gas y Petróleo.

Finalmente quiero mencionar el trabajo de investigación que llevamos adelante en la Universidad de la Marina Mercante, conjuntamente con la capacitación de estudiantes y docentes en el uso de estas tecnologías de análisis. ■

José Manuel Pereiras
Universidad Tecnológica Nacional - FRGP

Investigación sobre procesos de validación en entornos de Geometría Dinámica

Ariel Amadio, Zulma Bretón, Soraya Buccino, Ana Castro, Andrea Comerci, Silvana Daneri, Mario Di Blasi Regner, Alicia Fayó, Mabel Rodríguez, Silvia Santos, Tamara Marino, Daiana Valgoi, Pablo Viveros

Resumen

El interés por capacitar tecnológicamente a los futuros ingenieros es una tarea a cumplir desde los primeros años de las carreras. Actualmente se realizan en el mundo investigaciones que persiguen distintas finalidades referidas a la incorporación de software en materias de ciencias básicas.

En la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Regional Pacheco, en las carreras de Ingeniería, hoy en día se pretende incluir en la enseñanza de la Matemática de 1° año el uso de un software de Geometría Dinámica (SGD): el Cabri.

La investigación que hemos concluido a fines del año 2012 tuvo, entre otros objetivos, los de estudiar los procesos de validación que ponen en juego los estudiantes en un contexto mediado por SGD, y explorar los vínculos que ellos establecen entre su uso y los recursos y acciones que pueden desplegar en situaciones de validación.

Es nuestra intención compartir los aspectos más relevantes de la investigación desarrollada, con el fin de clarificar los vínculos entre el uso de SGD y el desarrollo de herramientas conceptuales básicas, como lo son las relativas a la validación matemática. Este aspecto es constitutivo de la Matemática y, además, su aprendizaje permite que gradualmente los estudiantes logren autonomía y confianza en lo que concierne a la fundamentación de sus estrategias.

El trabajo se llevó a cabo con estudiantes de la asignatura Álgebra y Geometría Analítica, y el contenido involucrado fue *transformaciones lineales*.

Palabras clave: Transformaciones Lineales, validación matemática, geometría dinámica.

Abstract

The interest to qualify future engineer in new technologies is a task to achieve since the first years of these careers.

Nowadays in the whole world, researches with different aims are developed all of them attending the inclusion of Software in basic sciences courses.

At UTN Regional Pacheco, university, the use of a Software of Dynamic Geometry (SDG), Cabri, is included in teaching of Mathematics at the first course.

The research we concluded at the end of 2012 has, among others purposes, to study the process of validation managed by the students in a context mediated by this system of Dynamic Geometry. We explored also the links that the students set up between the use and the resources and the actions they can use in situations of validation.

Our intention is to share the more relevant facets of the research. Its purpose is to clarify links between the use of SGD and the development of conceptual tools as mathematics validation. This topic is constitutive of Mathematics and its learning because it allow students get gradually autonomy and confidence about the use of their strategies.

This research was accomplished with students of Algebra and Analytical Geometry for the content *Linear Transformations*.

Keywords: Linear transformations, mathematical validation, dynamic geometry.

INTRODUCCIÓN

Como resultado de las investigaciones realizadas en varios países, es sabido que el uso de entornos tecnológicos en la clase de Matemática favorece tanto la motivación de los estudiantes como su actitud frente al aprendizaje. Paralelamente, es notable la resistencia de algunos docentes a incorporar las nuevas tecnologías en el aula. En algunos casos esto sucede por falta de destreza en el uso de los programas, y en otros por falta de credibilidad en los recursos, en cuanto a los aprendizajes que pueden ser obtenidos mediante su uso. Ante estas dos realidades planteamos un estudio que toma como sujetos a los estudiantes, y que se focaliza en estudiar los alcances del SGD en cuanto al desarrollo de la validación matemática.

Nuestro interés se centró en analizar los modos de validar el conocimiento matemático de los estudiantes cuando tienen a su alcance el recurso de software de Geometría Dinámica. Esta parte del estudio se organizó con la metodología propia de la Ingeniería Didáctica (Douady, 1995) y se puso énfasis en la validación matemática (Falsetti, Marino y Rodríguez, 2004), pues su aprendizaje y la concientización del mismo permiten que el estudiante adquiera, gradualmente, autonomía en su desempeño en Matemática.

En cuanto al proceso de validación, desde una perspectiva constructivista, entendemos que un estudiante aprendió un concepto o propiedad matemática cuando es capaz no solo de conocer su formulación y explicar su significado, sino también cuando logra justificar los conocimientos y procedimientos en los procesos en los que lo pone en juego. En particular, aprender el contenido de transformaciones lineales obliga a los estudiantes a utilizar distintos conceptos (la noción de función, de espacio vectorial, linealidad, por ejemplo). Es un contenido abstracto, por lo cual ser capaz de validar el conocimiento referido a él sin dudas es valioso para los estudiantes dado que será utilizado en diversos contextos, aplicaciones y presenta múltiples alcances.

El recurso de Geometría dinámica desencadenó las siguientes preguntas que dieron origen a la investigación:
¿Existe alguna relación entre el uso de software de Geometría Dinámica y las acciones o recursos utilizados por los estudiantes en una situación de validación alrededor del contenido de transformaciones lineales?
¿Qué acciones o recursos habilita el software de Geometría Dinámica en una situación de validación en la que esté involucrado el concepto de transformaciones lineales?

El trabajo de campo tuvo lugar con un grupo de estudiantes de Álgebra y Geometría Analítica de UTN Regional Pacheco en 2011, habiendo realizado una prueba piloto en 2010 para ajustar la Ingeniería antes de realizar la experiencia definitiva.

Diversas investigaciones nos ofrecieron conocimientos sobre algunos aspectos puntuales que pudimos considerar a la hora de diseñar y seleccionar las actividades que propusimos a los estudiantes. A modo de ejemplo, tomamos de Uicab y Oktac (2006) el concepto de pensamiento teórico y los comportamientos que éste demanda: reflexión sobre los datos explícitos, actitud indagadora, desarrollo de estrategias con un propósito, toma de decisiones pertinentes. Entendemos que el pensamiento teórico está vinculado con el aprendizaje de la validación matemática. De Sierpinski, (1996) tuvimos en cuenta la coexistencia de tres tipos de lenguaje. El lenguaje geométrico que se usa para ilustrar las representaciones y propiedades de los vectores en \mathbb{R}^2 y \mathbb{R}^3 ; el lenguaje aritmético usado para describir las operaciones entre matrices, soluciones de ecuaciones, etc., y el lenguaje algebraico usado para formalizar y simbolizar objetos matemáticos como espacios vectoriales, transformaciones lineales, entre otros. A este último le sumamos nuestro propio interés de incluir la lengua natural como instrumento de pensamiento y comunicación.

El objetivo final, motor de esta investigación, fue indagar si la transferencia de recursos que permite el uso de asistentes geométricos para la enseñanza de la Geometría y el Álgebra Lineal a los cursos regulares de Matemática de Ingeniería daría a los estudiantes la oportunidad de aprender Matemática de forma diferente a la tradicional -o al menos combinada-, generando autonomía, comprensión y significatividad.

La metodología adoptada fue el diseño de una Ingeniería Didáctica, que debe atender a las siguientes etapas. Durante una primera etapa desarrollamos los análisis preliminares referidos a los aspectos epistemológico, didáctico y cognitivo para el contenido transformaciones lineales y la población en la que se implementaría la ingeniería.

En la segunda etapa diseñamos, tomando en cuenta los resultados de los análisis realizados, las tres clases que conformaron la ingeniería y un librito para el docente en el que se controlaron las variables macro y micro didácticas para cada una de ellas.

La tercera etapa consistió en la elaboración de los análisis a priori de cada una de las tres clases. En ellos se analiza

previo a la implementación el potencial de las actividades y se fundamenta el diseño en sí de la Ingeniería, en tanto que se muestra que tales actividades son pertinentes para alcanzar la finalidad perseguida.

Al cabo de este proceso se puso en marcha la prueba piloto con un grupo de alumnos que se prestaron para la experiencia. Para recabar datos sobre los procesos de validación realizamos observaciones y registros del trabajo de los estudiantes durante el trabajo de campo, recogiendo tanto lo realizado a través del software de Geometría dinámica, como lo escrito en papel y lo expresado oralmente. Los soportes utilizados fueron grabadores de audio e imagen, el mismo Cabri que permite grabar lo realizado en la computadora cada dos segundos, y las anotaciones realizadas en hojas de papel.

Una vez efectuadas las transcripciones de cada clase se realizó el análisis a posteriori. El contraste entre el análisis a priori y a posteriori permite la validación del método de la Ingeniería Didáctica y es la fuente de información que nos permite entender lo ocurrido, en términos de lo diseñado.

Durante el segundo año de la investigación nos abocamos al análisis de los datos recogidos en el trabajo de campo ya realizado. El objetivo del análisis fue identificar las estrategias y las acciones de validación utilizadas por los estudiantes en la resolución de las actividades planteadas. Para ello tuvimos en cuenta las acciones propuestas en Falsetti *et al*, 2004 más las que debimos agregar, correspondientes a la incorporación del nuevo recurso de Geometría dinámica. Transcribimos en los párrafos que siguen las que tuvieron mayor relevancia en las situaciones que vamos a considerar. Debajo de cada párrafo se cita la fuente de donde se extrajo el ejemplo, como dato que se puede consultar y ampliar mediante los registros que se conservan en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la UTN-FRGP.

A continuación presentamos parte de la Ingeniería Didáctica y su implementación.

Debemos destacar que los alumnos desconocían el uso del software como herramienta dinámica, y debieron brindarse dos clases previas con el fin de hacerles reconocer el uso de los distintos menús, sin abordar en ellas el tema de transformaciones lineales. Es así que aprendieron que se pueden poner en funcionamiento órdenes como: (representar) rectas, segmentos, vectores, suma de vectores, cónicas, mostrar los ejes, pedir coordenadas de puntos referidos a los ejes considerados, redefinir puntos, considerar lugares geométricos, definir macros, etc.

La Ingeniería Didáctica constó de tres encuentros de dos horas y, a excepción del tercero, los enunciados y las representaciones fueron presentados en las páginas del cuaderno interactivo que ofrece el software. La situación que nos permitirá ejemplificar el proceso enunciado la ubicamos en la segunda clase de la experiencia piloto.

Clase 2

Del análisis a priori sólo se indican, a continuación, las decisiones macro y micro didácticas para el profesor.

Contenidos a tratar:

- La simetría respecto a una recta por el origen, en R^2 . Imagen de una recta a través de una simetría.
- La simetría como transformación lineal (TL), determinación de su expresión algebraica.

Objetivos en términos de validación:

Que el estudiante:

- Valide sus respuestas referidas al concepto de simetría.
- Analice y justifique si una simetría respecto a una recta por el origen es o no TL.

Libreto para el profesor (referente al inicio de la clase)

Organización del trabajo: Se invita a los tres (3) estudiantes a trabajar en un grupo, pero se les aclara que cada uno tendrá a su disposición una computadora, en caso de necesitarla para experimentar “algo” mientras sus compañeros están ocupados en otra acción. En esta clase habrá dos observadores, uno de ellos centrará su atención en el grupo de los estudiantes y el otro cumplirá el rol de “observador general”.

Siendo este el segundo encuentro, los alumnos ya conocen la finalidad de los mismos, lo que se espera de ellos y la función de los observadores. No obstante, se les deberá pedir permiso para grabarlos y fotografiarlos.

La profesora que guía las actividades del encuentro les recordará que, como en la anterior, habrá observadores que no podrán responder ninguna duda referente a contenidos, solamente registrarán lo que vean y si se les presenta una inquietud de otra índole, la profesora a cargo les responderá. Durante el desarrollo del encuentro el docente indica a los estudiantes que abran los archivos en las computadoras y comiencen a trabajar. Les señala que luego de diez mi-

nutos se realizará una puesta en común en la que todos compartirán sus respuestas y resoluciones.

Tomamos un ejemplo sobre la presentación de una actividad formulada en la Ingeniería.

El docente dice:

*“Abran el archivo **Act 2-1** y trabajen con las consignas dadas allí. Como ya saben, necesitamos conocer todo lo que piensan al momento de encarar y resolver las actividades. Les pedimos que en una hoja vuelquen por escrito las resoluciones e intentos frente a cada actividad (no olviden especificar qué actividad están resolviendo). Si su resolución fue realizada en la computadora, usando el Cabri, indiquen por escrito qué hicieron, si usaron algún menú, etc. Para nosotros es muy valioso conocer todo lo que hacen, aún si no pueden resolver la actividad planteada. En ese caso indiquen las razones por las cuales no pudieron hacerlo.*

Luego de 10 minutos de trabajo, efectuaremos una puesta en común en la que compartirán las resoluciones y discutiremos sobre ellas”

Libreto para el profesor (referente al momento de la puesta en común)

Con respecto a la Actividad 2-3 (archivo Act 2-3)

El docente pide a los estudiantes que compartan sus resoluciones, explicando cómo llegaron a determinar la expresión algebraica que proponen para esta función. Si se ayudaron con el Cabri, que expliquen cómo lo usaron.

Si los estudiantes no “percibieron” que se trataba de una simetría, el docente lo introduce y los invita a chequearlo usando el Cabri. Les da unos minutos y luego cuentan qué hicieron. Se repite esta modalidad para aquellos que no detectaron que era una TL.

El profesor pide a alguno de los alumnos que recuerde el concepto de Simetría. Se invita a los estudiantes a que escriban el concepto en el pizarrón.

El profesor pide que cuenten todo lo que han hecho para decidir que una simetría es TL. Y para terminar el profesor pregunta si toda simetría es una TL.

Veamos ahora parte del análisis de los datos obtenidos.

Análisis a posteriori de la Clase 2

Se presentaron las siguientes actividades de Ingeniería Didáctica, enunciadas en la pantalla, simulando una hoja de cuaderno del Cabri:

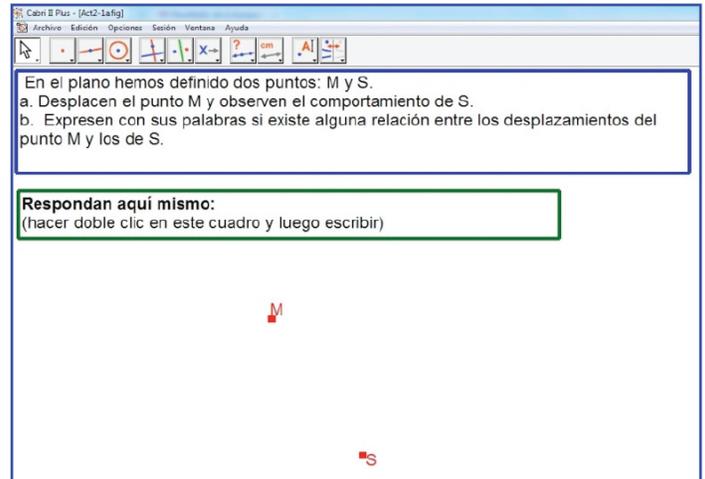


Figura 1. Pantalla de la primera actividad presentada a los alumnos

Act 2-1: En el plano hemos definido dos puntos M y S.

- Desplacen el punto M y observen el desplazamiento de M y S.
- Expresen con sus palabras si existe una relación entre ambos.

Act2-1b

¿Qué comportamiento tiene la función si el punto M se redefine sobre un conjunto acotado?

Act 2-3

¿La función de A en B que propusieron es una Transformación Lineal?

Justifiquen en qué se basan para dar la respuesta.

Primeros procedimientos realizados:

Inicialmente Ignacio, al trabajar en la computadora, hace *ensayos o intentos* para “ver que S es la imagen de M” al mover el punto M, asegurando que la transformación es una reflexión, es decir se basa en una prueba visual, según la clasificación que hace Tall (1999) y en su proceso hacia la validación utiliza la ejemplificación (Falsetti *et al*, 2004) confirmando, para él, lo expuesto.

Joaquín recorre el mismo camino que Ignacio hacia la validación, mejorando la argumentación al dar el eje de simetría, pero volviendo a utilizar el mismo ejemplo para la justificación y completando la idea, asegura que es una transformación lineal.

Mariano utilizando distintas herramientas de Cabri llega a las mismas conclusiones.

Los alumnos participantes de la experiencia para llegar a validar lo propuesto han cumplimentado las siguientes acciones que iremos nombrando y detallando a continuación.

Cuadro 0

El cuadro se leerá de la siguiente manera

En una línea daremos el nombre de la acción de validación que destacamos según la clasificación de Falsetti *et al* (2004) o bien la que completamos con el equipo de investigación.

En una celda de la columna izquierda indicamos las evidencias de la recolección de datos. La fuente de donde fueron extraídas las evidencias.

En una celda de la columna derecha realizamos los comentarios generales de las acciones que nos parecen pertinentes o mostramos las pantallas de las evidencias

Momento de la clase

Comienzo de la clase: Utilizando SGD los alumnos manipulan los objetos presentados en la actividad 1 para analizar la situación y encuentran relaciones:

Cuadro 1

Acciones realizadas por los alumnos en el comienzo de la clase

Anticipar. Predecir.

Mariano: *Yo intenté mover ambos, ahí vi que S no se mueve y M si lo pude mover. Y al mover M, S se modificaba, las coordenadas del punto S se modificaban. Entonces supuse que había una relación entre ellos que producía eso, uno dependía del otro, como si fuera dominio e imagen. Al moverlos los acerqué al cero, me di cuenta que lo compartían, o sea en las coordenadas (0;0), los dos se situaban al mismo tiempo ahí. Entonces decidí restringir el movimiento de M buscar un punto medio y buscar una recta porque la idea que se me ocurrió a mí es que uno es el reflejo del otro, entonces quería buscar el punto, la recta que por la cual ellos se están reflejando.*

Extraído del video: PIC- 0043

Después de la exploración, ante la lectura de la consigna: “Desplacen el punto M, y observen el comportamiento de S”, cada alumno expresa lo que observa en su pantalla.

Hacer ensayos o intentos.

Usan el arrastre y otras herramientas del SGD.

Ignacio: Traza una recta que pasa por el punto M y no pasa por S y es paralela al eje y. Busca las coordenadas de los puntos M y S (pide ayuda para saber cómo se habilita la grilla). Habilita la “Rejilla” y la “Traza”.

Joaquín: Mueve el punto M y observa. Redefine el dominio a una circunferencia. Mueve el punto M sobre la circunferencia y observa detenidamente.

Mariano: Comienza por mover M libremente. Traza una recta por M y activa la traza de S. Busca el punto medio entre M y S y traza una recta por el mismo.

Observadoras: Andrea y Silvia.

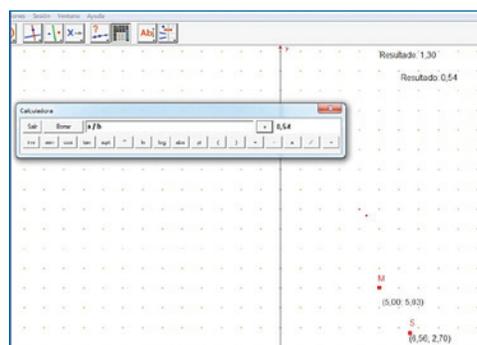


Figura 2.
Herramientas:
ejes, coordenadas,
calculadora.

Extraído de:
Act2-1_Ignacio_168

Comentario:

Los alumnos analizan e identifican la dependencia entre los puntos de la función, a través del arrastre y exploran las distintas posibilidades.

Cuadro 1 (cont.)
Acciones realizadas por los alumnos en el comienzo de la clase

Explorar por arrastre y otras herramientas del SGD.
Usar fórmulas o procedimientos conectados a la actividad.

Joaquín: Mueve el punto M y observa. Redefine el dominio a una circunferencia. Mueve el punto M sobre la circunferencia y observa detenidamente.

Más adelante:

Joaquín: Busca la imagen del punto conocido, incorpora la grilla.

Trabaja en papel.

Trata de establecer relaciones geométricas.

Más adelante:

Mariano: Halla la ecuación de la recta (eje de simetría).

- Busca la relación entre M y S según la recta que obtuvo anteriormente.

Ignacio: Dice que encuentra los transformados de e_1 y e_2 pero que no sabe cómo llegar a la matriz estándar. Pero dice que igual puede encontrar el transformado de cualquiera y le muestra a la Profesora.

Observadoras: Andrea y Silvia.

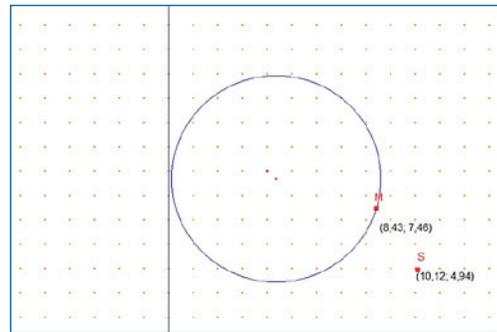


Figura 3. Redefinición de un punto restringiendo el dominio.

Extraído de: Act21Ignacio_142.fig

Comentario:
 Exploran inicialmente (a través del arrastre) las regularidades entre los puntos. A lo largo de toda la experiencia ejecutaron procedimientos y escribieron algunas fórmulas.

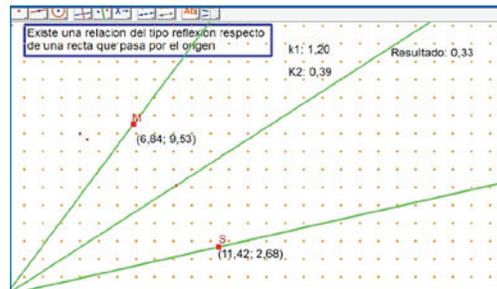


Figura 4. Representación del eje de simetría y planteo de la relación.

Extraído de: Act2_Ignacio_202/205

UTN-FRGP IGNACIO Red_Geométrica Encuentro 2 Pág 2

Act2-1a

a. Al desplazar M se puede observar que S es imagen de M.

b. Existe una relación del tipo Reflexión con respecto a una recta que pasa por el origen. Simplemente con el cursor desplazo a M y observe que sucedió cuando lo ubicaba en el origen.

PARA S

$$\begin{matrix} X_S = Y_M \cdot K_1 \\ Y_S = X_M \cdot K_2 \end{matrix} \Rightarrow S = \begin{pmatrix} 0 & K_1 \\ K_2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_M \\ Y_M \end{pmatrix} = \begin{cases} K_1 \cdot M_y = S_x \\ K_2 \cdot M_x = S_y \end{cases}$$

T(5,00) = (6,56; 2,70)

PARA M = (5,00; 5,03) \Rightarrow S = (6,56; 2,70)

$K_1 \cdot 5,03 = 6,56 \Rightarrow K_1 = \dots$

$K_2 \cdot 5,00 = 2,70$

Figura 5: Matrices, planteo de ecuaciones y la transformación para identificar si es TL.

Anotación: Ignacio

Puesta en común: Luego de las exploraciones efectuadas individualmente se observa que, al compartir las experiencias, intercambian ideas que les permiten revisar sus conjeturas, aceptar las de otro o argumentar las propias. De esta manera seguimos identificando acciones de validación promovidas por la interacción con el SGD, como se mencionan a continuación

Cuadro 2 Acciones realizadas por los alumnos en la puesta en común

Generalizar inductivamente (observar algunas regularidades)

Joaquín, Mariano e Ignacio coinciden y concluyen que es una reflexión.

Ignacio descubre que es una reflexión que pasa por el origen

Joaquín encuentra que “todo” que es una simetría axial y dice que es una TL (porque $f(0)=0$).

Observadoras: Andrea y Silvia.

En varias ocasiones, generalizan inductivamente como se ve en este ejemplo.

Ejemplificar

Ignacio: agrega que también se puede escribir como una Sistema de Ecuaciones Lineales.

Los ejemplos se suceden durante toda la clase, uno de los más significativos es el que se muestra en la columna Evidencias.

- **Utilizan herramientas de SGD.**
- Intenta verificar leyes de TL usando Cabri.
- Luego verifica con Cabri: $T(A+B) = T(A)+T(B)$ y con un escalar particular $k=0,5$ $T(kB) = kT(B)$

Describe, muestra pasos y procedimientos.

Joaquín: *El método que yo uso en realidad es, para cada caso. Saco la transformación de dos puntos que pasen por la recta que quiero transformar y sabiendo las propiedades de una transformación lineal y que el transformado de una recta es otra recta. Calculo la recta que pasa por esos dos puntos transformados, saco la pendiente, saco la imagen de cada uno, pero la fórmula general no tengo idea.*

Alicia: *¿La podrías sacar?*

Joaquín: *Estoy pensando, pero en un $y = f(x)$, no tengo ni idea ni dónde empezar.*

Alicia: *Y con esto de los dos puntos...*

Joaquín: *con esto de los dos puntos se puede, sí.*

Alicia: *Si lo expresaras en general.*

Joaquín: *Me suena muy... Es más ni siquiera hacen falta los dos puntos para definir una transformación lineal con sacar un solo punto sabiendo que pasa por el origen si o si, a no, las rectas no, no, lo que acabo de decir no. (Borra, borra). Se mezclaron un par de cosas, pero bueno saco dos puntos y saco la recta que pasa por esos dos, pero la regla general no tengo ni idea.*

Extraído del video: PIC- 0043

Ante la pregunta si puede encontrar la función que defina el transformado de una recta.

Cuadro 2 (cont.)
Acciones realizadas por los alumnos en la puesta en común

Explicar (dar razones y relaciones)
Utilizan herramientas del SGD: ejes, rectas, coordenadas, grilla, lugar geométrico, calculadora.

Alicia: ¿Qué respondiste, Ignacio?

Ignacio: Al desplazar a M se podía ver que primero S es la imagen de M pero de forma peculiar, es una reflexión. Está dada con respecto a un eje. Yo lo desplacé hasta el origen y lo acerqué al origen y vi que al ubicarlos en el origen, coincidían los puntos, nada más.

Alicia: ¿Esa es la relación que vos encontrás?

Ignacio: Sí.

Alicia: Joaquín, ¿vos que encontraste?

Joaquín: Más o menos lo mismo de él, el eje que tiene simetría tiene la forma $y=ax$ habría que ver cuál es a, habría que calcularlo para eso y como la imagen del origen es el origen mismo, me parece que es una TL.

Extraído del video PIC_0041

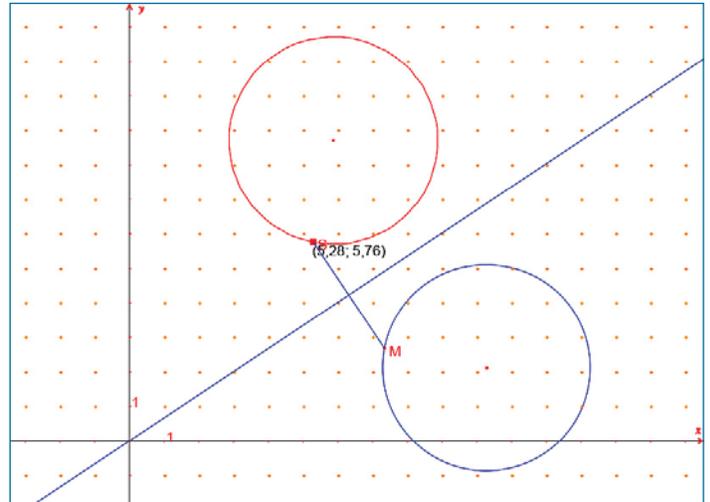


Figura 6: Análisis del comportamiento de puntos del dominio e imagen por lugar geométrico.

Extraído de: Joaquín Act_2b_17.fig

Alicia: Correcto. ¿Qué encontraron los tres? ¿Pueden compartir un poco?

Joaquín: El lugar geométrico era coincidente con lo del dominio, también se cumple que para todo punto se hace simetría respecto a este eje.

Extraído del video PIC 0043

Joaquín: $f(x) = ax$ Pasa por el origen.

Alicia: Ahora seguí analizando a ver si puedes escribir la función, ya tenés la recta.

Ignacio: Yo no encontré esa relación, está una recta $y = x$ o $x = y$,

Alicia: ¿Vos crees que es esa recta?

Ignacio: No, tendrían que tener intercambiados los valores de x e y los valores de y los dos puntos, y no los tienen intercambiados, son diferentes.

Alicia: ¿Qué recta te parece a vos que podría ser?

Ignacio: Habría que averiguarlo.

Alicia: ¿Cómo lo harías?

Ignacio: Planteando un sistema de ecuaciones o resolviendo esta misma matriz.

Se copian dos líneas del diálogo mantenido con Joaquín para que tenga sentido lo expresado por Ignacio.

Cuadro 2 (cont.)
Acciones realizadas por los alumnos en la puesta en común

Explicar (dar razones y relaciones) (cont.)
Utilizan herramientas del SGD: ejes, rectas, coordenadas, grilla, lugar geométrico, calculadora.

Alicia: ¿Cómo harías para resolverlo?

Ignacio: Quedaría un sistema de dos ecuaciones por las coordenadas y de M es igual a la coordenada en x de S . Otro escalar por la coordenada en x de M es igual a la coordenada en y de S .

Alicia: ¿Podrías verificar esto?

Ignacio: Sí.

Alicia: Adelante.

Extraído del video Extraído del video: PIC-0041

Utilizan herramientas de SGD

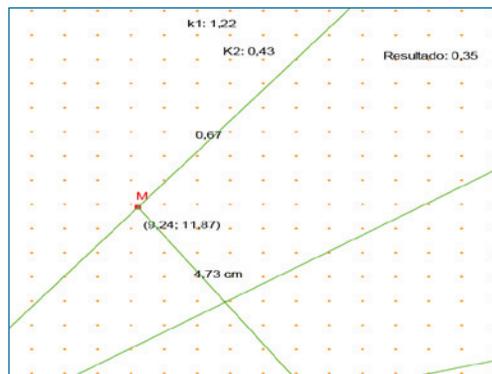


Figura 7: Análisis por coordenadas y aplicación de la relación conjeturada.

Extraído de Cabri: Act2-1Ignacio_248

Alicia: Ignacio, ¿y vos en tu caso?

Ignacio: Traté de hallar también por dos ecuaciones que planteé, que saqué de una matriz, pero la relación que me da no coincide con lo que hice. Ahora lo que hice es al hallar la recta por la que pasa, por la que hacen la reflexión voy hallar la pendiente de esa recta y reescribir. Reescribir todo.

Alicia: ¿Qué es lo que vas a reescribir?

Ignacio: Los cálculos que voy hacer. Voy a definir una matriz con respecto a la recta que hallé.

Alicia: ¿Cuál es la relación de la matriz con la recta?

Ignacio: La relación es una reflexión.

Alicia: ¿Y con la matriz?

Ignacio: Va a mantener eso que dije, va a tener su diagonal principal cero.

Alicia: Bueno a ver, qué podés hacer.

Extraído del video Extraído del video: PIC-0043

Alicia: Ahora, si acoto el dominio, con respecto a una figura ¿Qué es lo que pasa, qué hace la imagen? Por ejemplo, Joaquín lo representó, lo redefinió sobre una circunferencia, Ignacio sobre una recta y vos ¿todavía no lo redefiniste?

Mariano: Sí, sobre un segmento.

Alicia: Y en tu caso, ¿Cómo se comportó la imagen?

Mariano: Copió tal cual el segmento, yo lo hice, lo moví, usé traza desde el lugar geométrico porque ya lo estaba usando desde antes cuando empecé a mover a M , y me di cuenta que así copia el segmento respecto de la recta que habíamos definido.

Extraído del video Extraído del video: PIC-0043

Utilizan herramientas de SGD

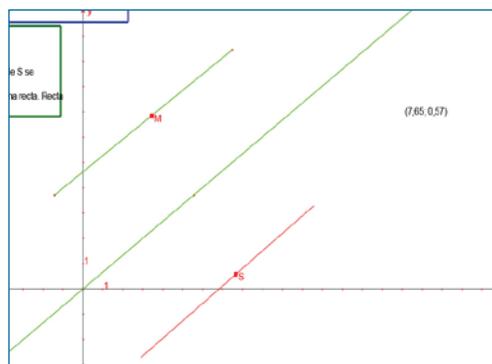


Figura 8: Análisis del comportamiento de la función, para su clasificación.

Extraído de Cabri: Mariano Actividad 2_109.fig

En algunas oportunidades los alumnos han recurrido a sus apuntes teóricos para revisar los conceptos porque se les dio total libertad para hacerlo.

En la recolección de datos las observadoras registraron que los alumnos *justificaron por "autoridad"*. Esta expresión se refiere a la consulta de un libro, un docente o un par experto. Un ejemplo se produce cuando Mariano trae a colación la clase anterior porque busca si es una TL en los apuntes de la cátedra y halla la ecuación de la recta como eje de simetría.

También se nota la adecuación del resultado respecto del problema de origen, cuando Joaquín expresa *"Por ahora traté con matrices y con trigonometría, pero no servía"*. O Ignacio dice *"Esa recta es por la cual hace reflexión el punto M. Ahora yo planteé que esto es una transformación lineal de M, que me da el punto S. Lo que hice fue hallar las transformaciones de los versores elementales, que son los de y y los de x. Con eso armé la matriz estándar, que es por la que multiplico el punto M y me da el punto S."*

Otro procedimiento que lleva a la validación es reconocer que *las herramientas empleadas no son suficientes para garantizar la validez de un conocimiento*. Ante la pregunta de Alicia si encontraron otra estrategia, Joaquín dice: *"Yo acá jugué con algunos segmentos... me quedó un medio mamarracho"*.

Finalmente descubrimos algunos aspectos que enriquecieron nuestra investigación sobre ejemplos de errores en asignación de significados. Esto significa que el o los alumnos recuerdan términos, pero no los asocian a los conceptos que ellos representan. En este caso recurrimos a las investigaciones de Uicab y Oktaç (2006), que dicen al respecto que en ocasiones los alumnos intentan validar pero se presentan manifestaciones de *obstáculos de formalismo*. En el siguiente diálogo refiriéndose al dominio y codominio de la función que está definida y representada en el plano, los alumnos expresan:

Cuadro 3

Obstáculos de formalismo 1

Joaquín: Yo puse que puede estar definida en cualquier en R^2 y en cualquier subconjunto de R^2 menos en Naturales, porque algunos tienen imágenes que son con coordenadas negativas, y esos no admiten naturales.

Alicia: Bien. Esta cláusula que vos decís, Joaquín, que el dominio no puede ser el conjunto de los números Naturales.

Joaquín: ¡No para ambos! **No sería LCI.** (Ley de composición interna)

Alicia: ¡Ahá! ¿Para LCI qué sería?

Joaquín: LCI de composición interna para la imagen, no podría ser.

Extraído del video: PIC-0045

Es evidente que Joaquín no aplica el concepto de ley de composición interna correctamente en este caso. Él intenta vincular un elemento del dominio con otro elemento de la imagen por medio de esta ley.

En el ejemplo siguiente, el alumno maneja términos sin comprender el significado de conmutatividad y asociatividad, pero en un análisis más profundo podemos decir que entorpece con ellos lo que descubre simbólicamente, geométricamente y algebraicamente, pudiendo transformarse en un obstáculo para llegar a resolver con claridad lo que se le propone.

Cuadro 4

Obstáculos de formalismo 2

Joaquín: Bueno para el punto tres que nos preguntás dada una transformación lineal, se trata de una y lo justifiqué comprobando que se completa tanto la ley de composición interna de conmutatividad como la ley de composición interna asociatividad.

Extraído del video: PIC-0047

El obstáculo de formalismo fue también estudiado por Dorian et al. (1997) y Sierpiska (2000) en contextos algebraicos, y observaron que los estudiantes a veces manipulan símbolos y notaciones pero ignoran los significados o las reglas matemáticas que los rigen. En el ejemplo siguiente, Joaquín denota confusión en el concepto de versor.

Cuadro 5

Obstáculos de formalismo 3

Alicia: ¿Vos los considerás como versores?

Joaquín: Sí.

Alicia: Ah...

Joaquín: Ah no...

Alicia: Sí.

Joaquín: No, no son versores, bah...

Alicia: Si estoy trabajando, ¿en qué espacio?

Joaquín: En R^2 . Sí, bueno, **podría ser que los versores son vectores.**

Extraído del video: PIC-0045

Siguiendo con la descripción del proceso durante el tercer año de la investigación (2012) se realizaron las actividades que se indican a continuación.

A partir de las grabaciones de las clases y las resoluciones escritas realizadas por los estudiantes elaboramos los análisis a posteriori. Esto nos permitió la selección de las activi-

dades que, a nuestro criterio, presentaron mayor riqueza en cuanto a las acciones de validación puestas en juego por los estudiantes. Con ellas rediseñamos la ingeniería didáctica y la volvimos a poner en práctica con los alumnos colaboradores que cursaron el primer año en 2012. Utilizamos el mismo procedimiento que, a nuestro criterio, consideramos había sido exitoso. Consistió en clases para instruir a los alumnos en el uso del software sin mencionar el tema TL, seguido de las tres clases del trabajo de campo definitivo.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados de la investigación realizada se plasman en las publicaciones y presentaciones que nos permiten compartir con la comunidad académica a la vez de recibir retroalimentación.

En términos de productos, mencionamos como resultados, los siguientes:

- El diseño y fundamentación de una Ingeniería Didáctica sobre el tema Transformaciones Lineales la que ofrece lineamientos para que otros docentes puedan trabajar este tema enfatizando en la validación matemática y también replicar la investigación, si fuera de su interés.
- Las pautas para realizar el análisis cognitivo de los estudiantes, en términos del análisis de los resultados de aplicar el test validado (CHAEA -Cuestionario Honey-Alonso sobre estilos de aprendizaje-) cuyos resultados no hemos detallado aquí por una cuestión de espacio.
- El conocimiento técnico específico sobre cómo trabajar en cuestiones de validación matemática cuando los estudiantes disponen de un sistema de Geometría dinámica.
- Pautas para el docente sobre la clase de Matemática, cuando quiere atender a la validación matemática y los estudiantes disponen de un sistema de Geometría dinámica.
- La trasferencias realizadas a través de:
 - Las tesinas de los investigadores en formación para obtener su título de grado como Licenciados en Enseñanza de la Matemática.
 - Las presentaciones realizadas en congresos nacionales e internacionales.
 - La redacción de artículos publicados en revistas científicas.
 - La presentación del trabajo completo que permanece en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la UTN-FRGP para ser consultado para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

Resaltamos el valor del SGD para acompañar el proceso de aprendizaje de la validación matemática. Comprendemos que su potencial se da por las posibilidades que suma en cuanto a las acciones de validación que pueden activar los estudiantes.

Resaltamos la necesidad de atender a la escritura matemática, simbólica, para comprender la asignación de significados que los estudiantes realizan.

Podemos sugerir a los docentes, habiendo experimentado y fundamentado teóricamente cuestiones como las siguientes, que potencien el recurso sin descuidar la validación matemática:

- Atender a la asignación de significados dados por los estudiantes a los significantes;
- reflexionar conjuntamente sobre las acciones de validación puestas en juego, cuáles se favorecen con el uso de sistemas de Geometría dinámica.
- reflexionar sobre la potencia de los sistemas de Geometría dinámica para contraejemplificar y, finalmente,
- prestar atención a que los estudiantes adviertan que la “validación experimental” (invariancia por arrastre, posibilidad de construir en un sistema de Geometría dinámica) no garantiza la validez matemática, entre otras. ■

Ariel Amadio	ariel.amadio.aaa@gmail.com
Zulma Bretón	zulma_bret@yahoo.com.ar
Soraya Buccino	soraya_buccino@yahoo.com.ar
Ana Castro	patricastro37@yahoo.com.ar
Andrea Comerci	andreacomerci@yahoo.com.ar
Silvana Daneri	silvanadaneri@yahoo.com.ar
Mario Di Blasi Regner	mario.dibiasi@gmail.com
Alicia Fayó	aliciafayo@gmail.com
Mabel Rodríguez	pharos@arnet.com.ar
Silvia Santos	silvia.santos@live.com.ar
Tamara Marino	tmarino@ungs.edu.ar
Daiana Valgoi	daianavalgoi@hotmail.com
Pablo Viveros	pcv152@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional - FRGP

Bibliografía

- Arcavi, A., Hadas, N.. "Computer mediated learning: an example of an approach". International Journal of Computers for Mathematical Learning 5. Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 2000. 25 – 45
- Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., Gómez, P. "Ingeniería didáctica en educación matemática. Un esquema para la investigación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas". Bogotá. Coedición: Una Empresa Docente – Grupo Editorial Iberoamericana. 1995
- Brousseau, G. "Fundamentos y Métodos de la Didáctica de la Matemática". Recherches en Didactiques de Mathematiques. Francia Grenoble. Vol.7 N° 2.: La pensée sauvage. 1986
- Carnelli, G., Falsetti, M., González, V., Rodríguez, M. (2005). "Una ingeniería didáctica para el estudio de validación matemática", Memorias del VII Simposio de Educación Matemática, Buenos Aires: UNLU. Formato CD.
- Douady, R. "La ingeniería didáctica y al evolución de su relación con el conocimiento" en M. Artigue, R. Douady, I Moreno, y P. Gómez (Eds.). "Ingeniería Didáctica en Educación Matemática". Colombia. Bogotá. Una empresa docente & Grupo Editorial Iberoamérica 1995. 61-97
- Dreyfus, T., Hillel, J., Sierpiska, A. "Cabri based linear algebra: transformations". Proceedings of the First Conference of the European Society for Research in Mathematics Education, 109.E.E.U.U. 1998 (consulta: 19 marzo de 2013) Disponible en la Web: <http://www.fmd.uni-osnabrueck.de/ebooks/erme/erme1-proceedings/papers/g2-dreyfus-et-al.pdf>.
- Dreyfus, T.; Hillel, J.; Sierpiska, A.. "Coordinate-free geometry as an entry to linear algebra". En M. Hejny & J. Novotna (Eds.), Proceedings of the European Research Conference on Mathematical Education, Podebrady/Prague, Czech Republic. 1997. 116-119
- Falsetti, M.; Marino, T.; Rodríguez, M. (2004) "Validación en Matemática en situación de aprendizaje". Actas del VI Simposio de Educación Matemática. Buenos Aires: UNLU. Formato CD.
- Gallego Gil, D.; Nevot Luna, A. "Los estilos de aprendizaje y la enseñanza de la Matemática". Revista Complutense de Educación. España. 2008. Vol.19 Núm 1.
- Harel, G. Teaching "Linear Algebra in High School". Unpublished doctoral dissertation, Ben-Gurion University of the Negev, Israel. 1985.
- Harel, G. ; Sowder, L. Students' Proof Schemes: Results from Exploratory studies. En A.H. Schoenfeld, J. Kaput, E. Dubinsky (Eds.), Research in collegiate mathematics education III . American Mathematical Society: Providence, EE.UU. 1988. 234-283
- Honey, P.; Mumford, A. "The manual of Learning Styles". Maindehead, Berkshire. P. Honey, Ardingly House. 1986
- Larios Osorio, V. "Geometrical rigidity: as obstacle in using dynamic geometry software in a geometry course" en M.A. Mariotti (Ed.), "Proceedings of the Third Conference of the European Society for Research on Mathematics Education". Bellaria, Italia. Edizione Plus, Pisa University Press. 2003.
- Larios Osorio, V. (2006) "La rigidez geométrica y la preferencia de propiedades geométricas en un ambiente de geometría dinámica en el nivel medio". México. Relime. (Vol.9, Num.3, 361-382).
- Margolinas, C. De l'importance du vrai et du faux dans la classe de mathématiques. France. La Pensée Sauvage. 1993
- Mariotti, M.A. "Introduction to proof: the mediation of a dynamic software environment". Educational Studiens in Mathematics 44. Netherland.:Kluwer Academic Publishers. 2000. 25-53
- Marrades, R. y Gutiérrez, A. "Proofs produced by secondary students learning geometry in a dynamic computer environment". Educational Studies in Mathematics, 44. Netherland.:Kluwer Academic Publishers. 2000. 87-125

Índice de figuras

N°	Descripción	Página
1	Pantalla de la primera actividad presentada a los alumnos.	0
2	Herramientas: ejes, coordenadas, calculadora.	0
3	Redefinición de un punto restringiendo el dominio.	0
4	Representación del eje de simetría y planteo de la relación.	0
5	Matrices, planteo de ecuaciones y la transformación para identificar si es TL.	0
6	Análisis del comportamiento de puntos del dominio e imagen por lugar geométrico.	0
7	Análisis por coordenadas y aplicación de la relación conjeturada.	0
8	Análisis del comportamiento de la función, para su clasificación.	0

Índice de cuadros

N°	Título	Página
0	El cuadro se leerá de la siguiente manera	0
1	Acciones realizadas por los alumnos en el comienzo de la clase	0
2	Acciones realizadas por los alumnos en la puesta en común	0
3	Obstáculos de formalismo 1	0
4	Obstáculos de formalismo 2	0
5	Obstáculos de formalismo 3	0

TRIZ

Resolución Estructurada de Problemas Ingenieriles

Juan Carlos Nishiyama, Tatiana Zagorodnova, Carlos Eduardo Requena

Resumen

TRIZ es un método sistemático para incrementar la creatividad y la innovación industrial. Se basa en el estudio de los modelos de evolución de patentes y en otros tipos de soluciones a problemas. Los ingenieros y otros profesionales que resuelven problemas técnicos de forma intuitiva, encontrarán que este método les proveerá ideas adicionales. Los que resuelven problemas de forma estructurada, encontrarán que TRIZ les proveerá estructuras adicionales.

Todas las organizaciones pueden innovar y hacerlo sistemáticamente, sin depender de los chispazos de brillantez de algún “genio” que por azares del destino se encuentre en la organización.

La intención del presente trabajo es la de difundir y explicar brevemente TRIZ y dar un ejemplo de aplicación sencillo y claro. Se incluyen en las referencias datos útiles para aquellos interesados en profundizar lo aquí desarrollado.

Palabras clave: Problema, solución, contradicción, estructura.

Abstract

TRIZ is a systematic method to improve creativity and industrial innovation. It is based on the study of patent evolution models and other types of solutions to problems. Engineers and other professionals who solve technical problems intuitively will find this method very useful to aid them with additional ideas. And for those who are used to solving problems in a structured way, TRIZ will provide them with additional structures.

All organizations can innovate and do it systematically, without relying on some “genius” flashes of brilliance of those who happen to be by chance working in the organization.

This paper aims to introduce and briefly explain TRIZ through simple and clear application examples. Readers interested in the subject will find more information at the reference section.

Keywords: problem, solution, contradiction, structure.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las metodologías existentes en la actualidad para resolver problemas tecnológicos utilizan una alteración del “razonamiento habitual” por un procedimiento propio. Para la generación de ideas, no se requiere ser un experto en el tema sobre el que se razona, aunque, en el proceso de resolución de un problema existen fases de análisis de las ideas aportadas y de construcción de la solución que deben ser realizadas por especialistas.

Este amplio grupo de metodologías y técnicas, que podemos calificar de basadas en la psicología, prescinde voluntariamente de conocimientos previos.

Aunque esta forma de trabajar pueda parecer sorprendente, los resultados obtenidos por la aplicación de las técnicas de creatividad son espectaculares, gracias a ellas se han realizado avances importantes y resuelto problemas de extrema dificultad.

La metodología de resolución de problemas de modo creativo llamada “Método TRIZ”, es única en su concepción ya que surge de un enfoque diferente, que consiste en utilizar, de algún modo, el máximo de conocimientos disponibles sobre un problema concreto y llegar a su solución por la adecuación de soluciones aplicadas previamente a problemas similares. TRIZ es la primer metodología que se ha definido como “basada en el conocimiento”, pero no la única, ya que a partir de TRIZ se han construido otras, tales como SIT¹, ASIT², USIT³ y HI⁴.

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS TECNOLÓGICOS

Se puede encarar la resolución de problemas tecnológicos de muchas maneras. La más popular es comenzar a resolver del modo acostumbrado, esto es, tratando de inventar una solución, buscando al azar en nuestra imaginación o aprovechando nuestra experiencia o la de otros en un tema específico y, cuando no, consultar a un especialista.

Podemos también realizar una búsqueda de solución al problema en cuestión haciendo uso de técnicas grupales.

Todos los métodos actuales, con excepción de TRIZ, consideran al proceso creativo e innovador como algo intuitivo, de difícil definición y que se desarrolla en algunos individuos más que en otros, por lo cual no sería posible sistematizarlo. Dentro de esta última línea de pensamiento, se puede emplear para resolver distintas metodologías, tales como Pensamiento Lateral, Prueba y Error, Tormenta de Ideas, Análisis Morfológico, Sinéctica, etc. Estos métodos están difundidos, son aceptados y considerados muy válidos en cuanto a la ayuda que proporcionan en la resolución de problemas.

Según Altshuller y otros expertos, la Sinéctica es el método inventivo más poderoso que se ha desarrollado con excepción de TRIZ. Sin embargo tiene sus limitaciones como por ejemplo, que no toma en cuenta las leyes objetivas de la evolución de los sistemas tecnológicos, y solamente es efectiva en los primeros tres niveles de complejidad de invención o innovación tecnológica (ver Tabla 1), es decir, solo se pueden alcanzar, a lo sumo, mejoras mayores y con el conocimiento dentro de la organización.

Todos los métodos antes mencionados, con excepción de TRIZ, no cuentan con un algoritmo definido que combine múltiples parámetros y, por lo tanto, su efectividad para generar inventos o innovaciones tecnológicas significativas resulta muy limitada, sobre todo en los niveles 4 y 5 en grado de dificultad que indica la Tabla 1. Además, en todos ellos es muy difícil eliminar la inercia psicológica, es decir, la actividad mental que nos lleva a buscar soluciones a problemas tecnológicos solamente en el campo propio del conocimiento que dominamos.

PROBLEMAS INVENTIVOS

Hay dos tipos de problemas que todos conocemos:

- Con solución conocida.
- Con solución desconocida.

En general, para problemas con soluciones desconocidas, nuestro tema, normalmente los métodos sugeridos caen dentro del campo de la psicología, donde existen vínculos entre cerebro, perspicacia e innovación. Para ilustrarlo podemos tomar como referencia el conjunto de las metodologías arriba mencionadas.

¹ SIT: Structured Inventive Thinking - Pensamiento Inventivo Estructurado

² ASIT: sigla de Advanced Systematic Inventive Thinking - Pensamiento Inventivo Avanzado Sistemático.

³ USIT: sigla de Unified Structured Inventive Thinking - Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado.

⁴ HI: sigla de Heuristic Innovation - Innovación Heurística.

Por ejemplo, si la solución cae dentro de nuestra experiencia o campo (ingeniería mecánica, eléctrica, química, etc.), el número de prueba y error será menor. Si la solución no se alcanza, el ingeniero deberá buscar más allá de su experiencia y conocimiento, es decir tendrá que incursionar en otros campos, como la biotecnología, la electrónica, etc. Luego, el número de pruebas crecerá dependiendo de lo bien que pueda manejar las herramientas no TRIZ mencionadas en el punto anterior.

Un inconveniente adicional es que estas herramientas son difíciles de transmitir a otra persona dentro de una organización. Esto último nos remite al tema de la inercia psicológica, veamos la figura 1:



Figura 1. Esquema que representa gráficamente el problema de la inercia psicológica ante la búsqueda de soluciones a un problema tecnológico.

En esta primera figura se puede apreciar que las soluciones consideradas para un problema tecnológico están dentro de la propia experiencia, no considerando la búsqueda en tecnologías alternativas, lo cual conduciría hacia nuevos conceptos de solución. Por ejemplo, un ingeniero mecánico puede encontrar una solución a su problema fuera del campo de su experiencia.

El solo hecho de poder vislumbrar soluciones a un problema tecnológico más allá del propio conocimiento, repercute en cualquier organización de modo contundente. Esto es algo que, en general, las metodologías convencionales afectadas por la inercia psicológica no pueden lograr.

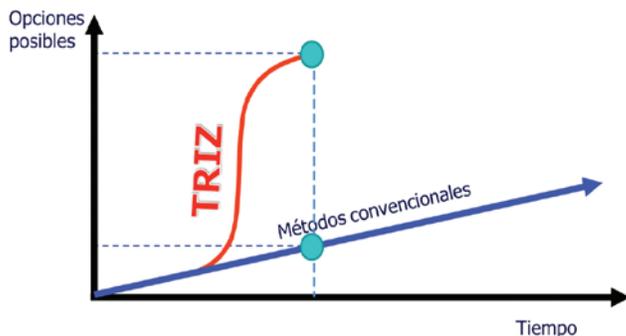


Figura 2. Impacto de las metodologías como TRIZ y otras derivadas, que pueden encontrar más de un camino alternativo hacia la solución de problemas tecnológicos, ya que estas metodologías orientan hacia un espacio de soluciones.

Las metodologías como Sinéctica, Tormentas de Ideas, etc., orientan la búsqueda de solución para un problema tecnológico particular de modo no estructurado. Si graficamos esto nos encontramos con un esquema de este tipo:

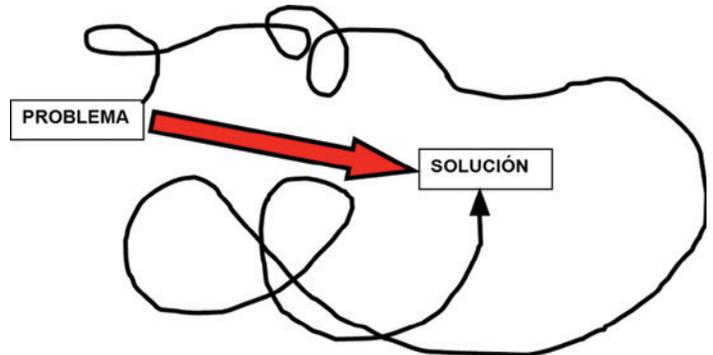


Figura 3. Se esquematiza el modo de búsqueda de la solución a un problema tecnológico por métodos no estructurados.

La búsqueda de la solución puede ser muy veloz, lo que se ve señalado con la flecha recta, directa hacia la solución, pero lo frecuente es la búsqueda de la solución indicada por la flecha en línea curva, esto es, al azar.

TRIZ puede resultar más lento que el procedimiento anterior si lo comparamos con la resolución del problema por la vía rápida que indica la flecha recta pero, como ya expresamos, esta situación es poco frecuente. La alternativa TRIZ y las metodologías derivadas antes mencionadas, que se clasifican en metodologías estructuradas, resultan las más convenientes. Así lo muestra la Figura 4:

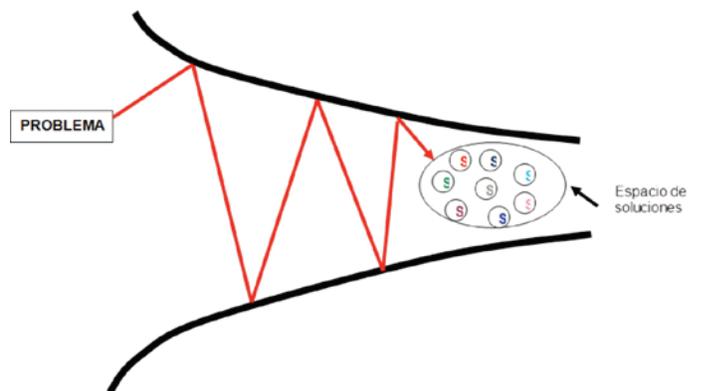


Figura 4. Esquema del modo de búsqueda de la solución a un problema por métodos estructurados. Se aprecia que los métodos estructurados no llegan a una solución, sino que alcanzan espacios de soluciones, dando lugar a que el analista del problema elija la solución conceptual más conveniente de acuerdo a sus circunstancias.

Esta es justamente la ventaja de la metodología TRIZ y de las otras herramientas estructuradas. Le permite, sobre todo al analista de la empresa moderna, tener un amplificador en las fases de la resolución y generación de ideas de modo que conviertan la creatividad y la innovación en fiables y reproducibles, en actividades cotidianas y sostenidas en el tiempo, pues se independizan de la inercia psicológica.

Por expresarlo de algún modo, permite “convertir” la creatividad y la innovación en un sistema de principios y de algoritmos.

Por ejemplo, el pensamiento convencional nos lleva a mejorar lo que ya existe, cuando en muchas ocasiones es necesario desechar lo anterior para crear algo completamente nuevo. No era necesario mejorar el teléfono en casa... había que crear otro concepto, tal como la telefonía celular o satelital. No era necesario mejorar el zepelín o el globo aerostático... sino inventar un nuevo concepto, tal como el aeroplano. No es necesario mejorar las baterías para las computadoras o ciertos dispositivos... requerimos un nuevo concepto ¿Cómo hacerlo?

ORIGEN DE LA METODOLOGÍA TRIZ

El creador de la metodología TRIZ fue un ingeniero mecánico naval nacido en la ex URSS llamado Genrich Altshuller (1926 – 1998). Se puede ubicar el nacimiento de TRIZ aproximadamente en 1946. Por aquel entonces, Altshuller, era un examinador de patentes de la armada Soviética. Revisó un gran número de patentes y las clasificó de acuerdo a su principio inventivo, es decir, por la forma de resolver el problema. Ello le llevó a catalogar una serie de pasos necesarios, presentes en la mayoría de las invenciones y que podían aplicarse a cualquier nueva invención que se intentara acometer.

Con este punto de partida, escribió una carta a Stalin en la que proponía algunas ideas para mejorar la tecnología Soviética. Fue encarcelado ya que su carta fue considerada como una crítica al sistema imperante. Durante su tiempo en prisión, Altshuller tuvo la ocasión de contactarse con muchos intelectuales y aprovechó esta diversidad de mentes para perfeccionar las ideas y desarrollar la metodología TRIZ. Se cuenta que Altshuller expresó “...estuve en una universidad de un solo alumno, y ese era yo...”. Fue liberado tras la muerte de Stalin.

CONDICIONES DEL TRIZ

Genrich Altshuller construyó su teoría con las siguientes condiciones:

- 1) Ser un procedimiento sistemático paso a paso.
- 2) Ser una guía a través de amplios espacios de solución para dirigir los pasos hacia la solución ideal.
- 3) Ser repetible y confiable, y no dependiente de las herramientas psicológicas.
- 4) Permitir el acceso al cuerpo del conocimiento inventivo.
- 5) Permitir agregar elementos al cuerpo de conocimiento inventivo.
- 6) Ser lo suficientemente amigable para los diseñadores siguiendo la aproximación general para la resolución de los problemas inventivos.

BREVE HISTORIA DE COMO SE CREÓ TRIZ

Altshuller revisó con un equipo de profesionales aproximadamente un millón y medio de patentes, seleccionando alrededor de 200 mil de ellas, tratando de buscar solo los problemas inventivos y la forma en la que fueron resueltos. De estas 200 mil, solo 40 mil patentes fueron consideradas como inventivas. El resto eran solo mejoras rutinarias. Además, él definió un problema inventivo como uno en el que la solución causa otros problemas, esto es que cuando algún parámetro de ingeniería se mejora, otros empeoran. Posteriormente llamó a esto contradicción técnica. A modo de ejemplo, si deseamos bajar el costo de una pieza metálica estampada, lo mejoramos reduciendo el espesor de la chapa pero, como resultado, se resiente su resistencia mecánica. Para alcanzar una solución ideal se deben eliminar las soluciones por compromiso o *trade off*, es decir, eliminar totalmente las causas.

De estas 40 mil patentes que analizó con mayor profundidad, clasificó los grados de inventiva en 5 niveles:

Nivel	Grado inventiva	Origen conocimientos	% Solución
1	Soluciones aparentes	Conocimiento individual	32%
2	Mejoras menores	Conocimiento dentro de la empresa	45%
3	Mejoras mayores	Conocimiento dentro de la empresa	18%
4	Nuevos conceptos	Conocimiento exterior a la empresa	4%
5	Descubrimiento de nuevos fenómenos	Todo lo que es conocible	1%

Tabla 1. Grados y niveles de inventiva, origen del conocimiento derivado.

Altshuller concluye en su investigación con un gran número de patentes que, de las soluciones evaluadas, el 32 % son solo soluciones aparentes (nivel 1) que se vale del propio conocimiento individual del analista. Las soluciones un poco más avanzadas, las que Altshuller denomina como mejoras menores, ascienden al 45 % (nivel 2) y ya trascienden el conocimiento del individuo para pasar a depender del conocimiento de la empresa. Esto suma el 77 % del total registrado. La aplicación de la metodología TRIZ puede ayudar a elevar este porcentaje a los niveles 3 y 4, donde están ubicados las mejoras mayores y los nuevos conceptos. Depender del descubrimiento de nuevos fenómenos para solucionar un problema, no da mucho rédito. Para ello es mejor focalizar nuestra atención hacia soluciones de nivel 3 y 4, posibles de sistematizar gracias a TRIZ. Con esto, se puede afirmar que la gran mayoría de los problemas que los ingenieros deben encarar ya fueron resueltos en algún tiempo y lugar por alguien. Los ingenieros pueden seguir un camino hacia la solución ideal, comenzando desde el nivel más bajo, con su experiencia y conocimiento personal, y trabajar hacia niveles más altos, donde la mayoría de las soluciones pueden ser deducidas desde los conocimientos.

BASES DE LA METODOLOGÍA TRIZ

La esencia de TRIZ es el “principio de abstracción”, que se representa de forma muy esquemática y con un ejemplo matemático sencillo en la Figura 5:

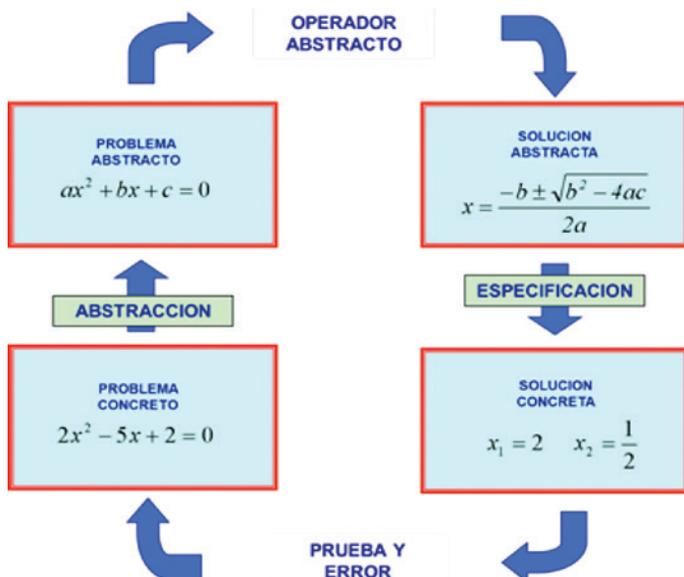


Figura 5. Aquí se da un paralelismo con las matemáticas sobre cómo opera TRIZ en la abstracción de un problema para resolverlo.

Con el principio de abstracción, dado un problema concreto para el que se requiere una solución concreta, en lugar de buscarla por prueba y error -como sucedería en un análisis técnico convencional o en la aplicación de una técnica de creatividad basada en la psicología- se puede obtener la solución mediante un procedimiento directo de abstracción y especificación.

El proceso comienza por “abstraer” el problema concreto, hacia una determinada categoría de problemas abstractos. La abstracción se puede realizar varias veces elevando su nivel. Una vez obtenido el problema abstracto, se puede encontrar un “operador” que facilite una solución abstracta al problema. Esta última, se puede “especificar” tantas veces como indique el nivel de abstracción, para llegar a la solución concreta.

Los operadores son de un número finito y pueden tenerse tabulados para diferentes categorías de problemas abstractos, por lo que la solución se obtiene por métodos directos o procedimientos algorítmicos, sin necesidad de prueba y error.

La base del método TRIZ es la posibilidad de aplicar ese procedimiento que se ha utilizado para resolución de problemas matemáticos a cualquier sistema, entendiendo por sistema a “un conjunto de componentes y sus interacciones, previstos para realizar determinadas funciones en un entorno, también determinado”.

ALGUNAS HERRAMIENTAS CLÁSICAS DE TRIZ

Del estudio realizado por Altshuller y su equipo, surgió que los parámetros de ingeniería en juego en todas las soluciones de los problemas que se hallaron en las patentes, eran tan solo 39. Estos se conocen como Los “39 Parámetros de Ingeniería”. Se muestra una lista de estos parámetros en la Tabla 2. También se extrajo nada más que 40 principios de invención de todas esas patentes. Esta lista se conoce como los “40 Principios de Inventiva”. Los 40 principios son la deducción más directa del análisis de las patentes realizado por el creador del TRIZ. Se da una lista de los 40 principios en la Tabla 3.

Con esta breve introducción de las dos tablas, podemos ahora presentar una de las herramientas clásicas de la metodología TRIZ, la Matriz de Resolución de Contradicciones Técnicas (ver Figura 6), que luego la describiremos y que nos permitirá resolver un problema tecnológico como ejemplo.

Los 39 Parámetros de Ingeniería			
1. Peso de un objeto móvil	11. Tensión, presión,	21. Potencia	31. Efectos nocivos
2. Peso de un objeto inmóvil	12. Forma	22. Desperdicio de energía	32. Manufacturabilidad
3. Longitud de un objeto móvil	13. Estabilidad de un objeto	23. Desperdicio de sustancia	33. Conveniencia de uso
4. Longitud de un objeto inmóvil	14. Fortaleza	24. Pérdida de información	34. Reparabilidad
5. Área de un objeto móvil	15. Durabilidad de un objeto móvil	25. Pérdida de tiempo	35. Adaptabilidad
6. Área de objeto inmóvil	16. Durabilidad de un objeto inmóvil	26. Cantidad de sustancia	36. Complejidad de un dispositivo
7. Volumen de objeto móvil	17. Temperatura	27. Fiabilidad	37. Complejidad de control
8. Volumen de objeto inmóvil	18. Brillo	28. Precisión de medida	38. Nivel de automatización
9. Velocidad	19. Energía consumida por un objeto móvil	29. Precisión de manufactura	39. Productividad
10. Fuerza	20. Energía consumida por un objeto inmóvil	30. Factores nocivos que actúan en un objeto	

Tabla 2. Lista de los 39 Parámetros de Ingeniería utilizados en TRIZ.

Los 40 Principios Inventivos			
1. Segmentación	11. Amortiguamiento anticipado	21. Despachar rápidamente	31. Uso de material poroso
2. Extracción	12. Equipotencialidad	22. Convertir algo malo en un beneficio	32. Cambio de color
3. Calidad local	13. Inversión	23. Retroalimentación	33. Homogeneidad
4. Asimetría	14. Esferoidalidad	24. Mediador	34. Restauración y regeneración de partes
5. Combinación	15. Dinamicidad	25. Autoservicio	35. Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto
6. Universalidad	16. Acción parcial o sobrepasada	26. Copiado	36. Transición de fase
7. Anidación	17. Moviéndose a una nueva dimensión	27. Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable	37. Expansión térmica
8. Contrapeso	18. Vibración mecánica	28. Reemplazo de sistemas mecánicos	38. Uso de oxidantes fuertes
9. Reacción previa	19. Acción periódica	29. Uso de una construcción neumática o hidráulica	39. Medio ambiente inerte
10. Acción previa	20. Continuidad de una acción útil	30. Película flexible o membranas delgadas	40. Materiales compuestos

Tabla 3. Lista de los 40 principios de solución utilizados en TRIZ.

Se debe tener en cuenta que los principios no son una solución directa a la contradicción, sino una línea de razonamiento para encontrar la solución. En la tabla se observan casillas de la matriz que están vacías. Estas ubicaciones corresponden a contradicciones técnicas que no se pueden dar o que no están resueltas.

La resolución de un problema con esta herramienta (y lo mismo sucede con las otras herramientas estructuradas) requiere de la abstracción del sistema, luego de la identificación de la contradicción técnica, seguidamente de la aplicación del operador abstracto o principio y por último, de la especificación para obtener de nuevo el sistema físico con el problema resuelto.

CONTRADICCIONES TÉCNICAS

Una contradicción técnica es una situación en la que queremos variar una característica (parámetro de ingeniería) de un sistema tecnológico y, al hacerlo, nos varía otra que no queremos que se modifique o que, en todo caso, se podría modificar en sentido contrario al que lo hace. Veamos algunos ejemplos:

Ejemplo 1: Si bajo costos reduciendo el tensioactivo de un detergente por dilución, voy en detrimento de su viscosidad.

Ejemplo 2: Si en una pieza de chapistería deseo reducir su peso, debo disminuir el espesor, en detrimento de su resistencia mecánica.

Como se observa en la Figura 6, la matriz de contradicciones es un cuadro de doble entrada. En la primera columna de la izquierda están listados -en valor ascendente hacia abajo- los 39 parámetros, de los cuales elijo uno para mejorar mi sistema tecnológico, y en la primera fila superior están listados -ordenados de forma ascendente hacia la derecha- los 39 parámetros, de los cuales algunos empeoran mi sistema tecnológico al elegir el parámetro que mejora de la columna vertical.

En el cruce de cada fila y columna se dan referencias a los tipos de soluciones que pueden aplicarse para mejorar un parámetro sin que empeore el otro.

Las soluciones ofrecidas son los 40 principios de inventiva que identificó Altshuller. El orden de los números, se debe a que en ese mismo orden es que aparecen más patentes con el principio inventivo en que fue resuelto un problema con igual contradicción.

Feature to Improve	Undesired Result (Conflict)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Weight of moving object			15,8, 29,34		29,17 35,34		29,2 40,28		2,8 15,38	8,10, 18,37	10,36 37,40	10,14 35,40	1,35 19,39
2 Weight of non-moving object				10,1 29,35		35,30 13,2		5,35 14,2		8,10, 19,35	13,29 29,14	13,10 10,18	26,39 1,40
3 Length of moving object	8,15 29,34				15,17 4		7,17 4,35		13,4 8	17,10 4	1,8 35	1,8 10,29	1,8 15,34
4 Length of non-moving object		35,28 40,29				17,7 10,40		35,8 2,14		28,10	1,14 35	13,14 15,7	39,37 35
5 Area of moving object	2,17 29,4		14,15 18,4			7,14 17,4			29,30 4,34	19,30 35,2	10,15 36,28	5,34 29,4	11,2 13,39
6 Area of non-moving object		30,2 14,18		26,7 9,39						1,18 35,36	10,15 36,37		2,38
7 Volume of moving object	2,26 29,40		1,7 4,35		1,7 4,17				29,4 38,34	15,35 36,37	6,35 29,4	1,15 29,4	28,10 1,39
8 Volume of non-moving object		35,10 19,14	19,14 2,14	35,8 2,14						2,18 37	24,35 7,2 38		34,28 35,40
9 Speed	2,28 13,38		13,14 8		29,30 34		7,29 34			13,28 15,19	6,18 38,40	35,15 18,34	28,33 1,18
10 Force	8,1 37,18	18,13 1,28	17,19 9,38	28,10	19,10 15	1,18 36,37	15,9 12,37	2,36 18,37	13,28 15,12		18,21 11	10,35 40,34	35,10 21
11 Tension, pressure	10,36 37,40	13,29 10,18	35,10 36	35,1 14,16	10,15 36,25	10,15 35,37	6,35 10	35,24 36	6,35 36,35 21			35,4 15,10	35,33 2,40
12 Shape	8,10 29,40	15,10 26,3	29,34 5,4	13,14 10,7	5,34 4,10		14,4 4,10	7,2 35	35,15 34,18	35,10 37,40	34,15 10,14		33,1 18,4
13 Stability of object	21,35 2,59	26,39 1,40	13,15 1,28	37	2,11 13	39	28,10 19,39	34,28 35,40	33,15 25,18	10,35 21,16	2,35 40	22,1 18,4	
14 Strength	1,8 40,15	40,26 27,1	1,15 8,35	15,14 28,26	3,34 40,29	9,40 28	10,15 14,7	9,14 17,15	8,13 25,14	10,18 3,14	10,3 18,40	10,30 35,40	13,17 35
15 Durability of moving object	19,5 34,31		2,19 9		3,17 19		10,2 19,30		3,35 5	19,2 16	19,3 27	14,26 28,25	13,3 35
16 Durability of non-moving object		6,27 19,16		1,10 35				35,34 38					39,3 35,29
17 Temperature	36,22 6,38	22,35 32	15,19 9	15,19 9	3,35 39,16	35,38	34,39 40,16	35,6 4	2,28 36,30	35,10 3,21	35,39 19,2	14,22 19,2	1,35 32
18 Brightness	19,1 32	2,35 32	19,32 16	19,32 26			2,13 10		10,13 19	26,19 5		32,30	32,3 27
19 Energy spent by moving object	12,18 28,31		12,28		15,19 25		35,13 18		8,15 35	16,26 21,2	23,14 25	12,2 29	19,13 17,24
20 Energy spent by non-moving object		19,9 6,27								36,37			27,4 29,18

Figura 6: Vista parcial de la Matriz de Contradicciones.

Recorrer la trayectoria de la hipérbola indicada en la Figura 7 es la estrategia de la resolución de problemas por compromiso (*trade-off*), ni muy bueno ni muy malo para cada parámetro en compromiso. TRIZ, en cambio, apunta a lo bueno-bueno en ambos parámetros en conflicto, esto es, apunta al origen del gráfico. De esta forma no se tiene una solución de compromiso, sino que directamente se “destruye” definitivamente la contradicción.

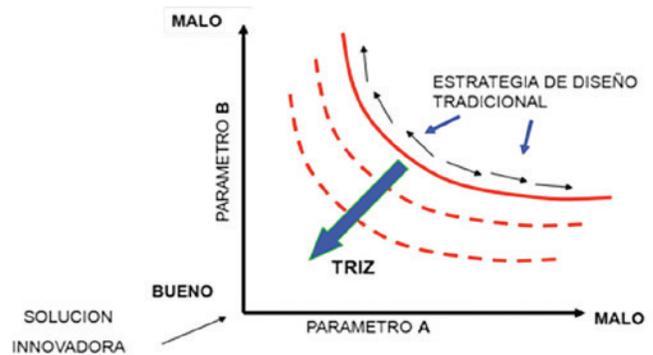


Figura 7. La estrategia TRIZ nos lleva a no recorrer la trayectoria de la hipérbola, sino a ir directamente al origen del gráfico, donde se concentra lo bueno para ambos parámetros, es decir, no se tiene una solución de compromiso sino que directamente se destruye la contradicción.

La resolución de un problema con esta herramienta, y lo mismo sucede con las otras de la metodología TRIZ, requiere de la abstracción del sistema, la identificación de la contradicción técnica, la aplicación del operador abstracto o principio y la especificación para obtener de nuevo el sistema físico, con el problema resuelto.

TRIZ puede ser usado como una herramienta integrada junto a otras herramientas más conocidas y de virtudes ya demostrada (Ver Figura 8).

EJEMPLO DE APLICACIÓN

El siguiente ejemplo de aplicación para comprender la metodología TRIZ, es un trabajo realizado por profesionales de TRIZ mexicanos⁵.

Resumen: Existen varios procesos industriales en los cuales se manejan soluciones acuosas en las que se genera espuma indeseable en la superficie. La espuma produce pérdida de tiempo productivo lo que hace necesario eliminarla rápidamente. Con el fin de eliminar este inconveniente, se aplica una herramienta TRIZ, la “Matriz de Contradicciones”.

⁵ Ver en Referencias el apartado 1.

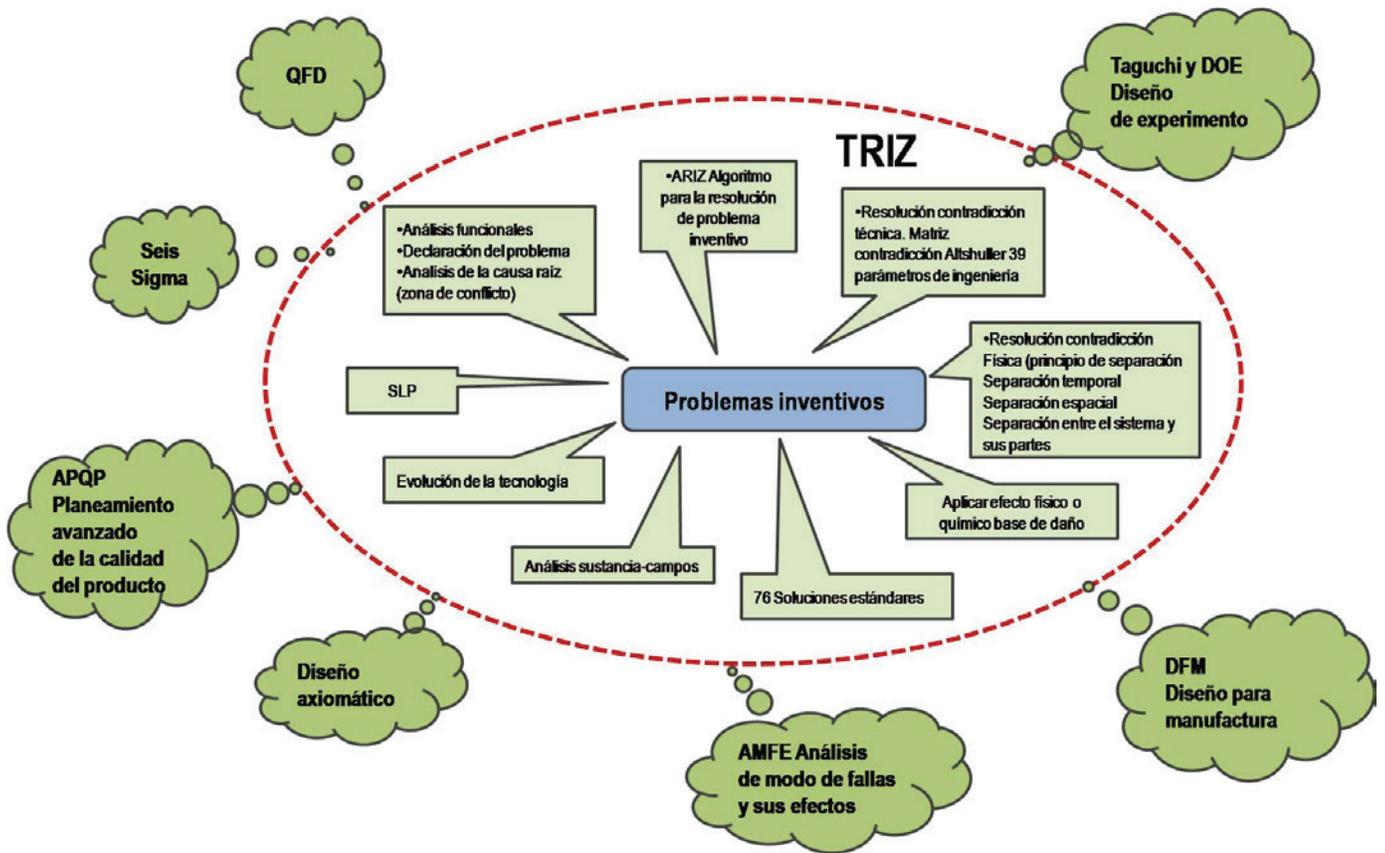


Figura 8. Integración del TRIZ con otros métodos y herramientas de uso muy generalizado en ingeniería y de virtudes ya demostradas.

1. Introducción

La generación de espuma sobre la superficie de soluciones acuosas es un problema que genera ineficiencias y pérdida de tiempo en los procesos y, por lo tanto, es necesario resolver este problema mediante alternativas innovadoras. El problema a exponer se originó en una industria fabricante de agua oxigenada en México.

2. Desarrollo del tema

2.1 Descripción particular del problema: Durante la producción de agua oxigenada se genera una solución súper-saturada de oxígeno, el cual fácilmente genera espuma indeseable sobre la superficie del líquido y, sobre todo, en las etapas de trasvasado de un recipiente a otro. Dicha espuma permanece sobre el líquido durante un lapso de tiempo que varía entre cuatro y ocho minutos, dependiendo del volumen manejado y del tipo de recipiente. Ese tiempo se considera perdido, ya que los obreros deben esperar a que desaparezca la espuma para continuar con el

proceso regular. Otros factores que afectan la generación de espuma son: Presión sobre la superficie del agua oxigenada -en este caso fue la atmosférica- y la temperatura del agua oxigenada.

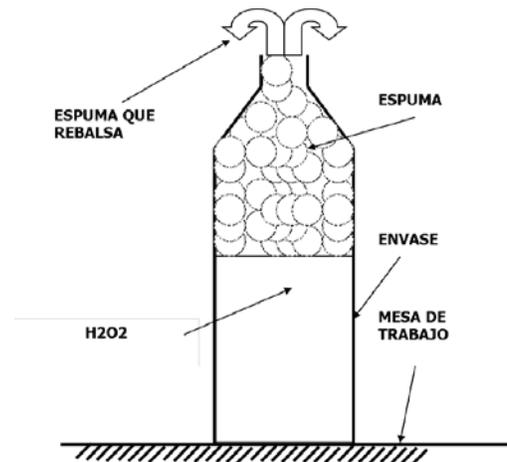


Figura 9. Planteo gráfico sencillo del problema del embotellado del agua oxigenada.

2.2 Descripción del problema: La espuma solamente se produce en la superficie del líquido, “zona de conflicto”, durante el proceso de trasvase de un recipiente a otro y como objetivo se plantea eliminarla en el menor tiempo posible.

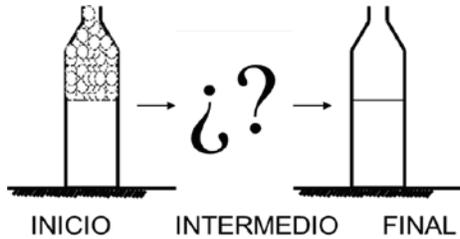


Figura 10. Planteo gráfico sencillo del problema del embotellado del agua oxigenada y la solución final, la cual aún no se sabe cómo alcanzar.

3. Búsqueda de solución

3.1 Aplicación de la “Matriz de Contradicción”

Parámetros para resolver el problema

Parámetro o parámetros que deben mejorarse:

Nro 39, **Capacidad o productividad** y Nro 25, **Evitar la pérdida de tiempo.**

Atributo o atributos que empeoran:

Nro 9, **Velocidad.** Lo que significa pérdida de velocidad de los procesos y disminución en la productividad. Y Nro 23, **Pérdida de sustancia.** Principalmente en el proceso del agua oxigenada, en el cual se pierde parte del oxígeno disuelto.

Primera combinación: Parámetros, 39 vs 9

Undesired Result (Conflict)	Feature to Improve	Parameters												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
30	Harmful factors acting on object	22,21 27,39	2,22 13,24	17,1 39,4	1,18	22,1 33,28	27,2 39,35	22,23 37,35	34,39 19,27	21,22 35,28	13,35 39,18	22,2 37	22,1 3,35	35,24 30,18
31	Harmful side effects	19,22 15,39	35,22 36,13	17,15 16,22	17,2 18,39	22,1 40	17,2 40	30,18 35,4	35,28 3,23	35,28 1,40	2,33 27,18	3,35	35,1 1,37	35,40 27,39
32	Manufacturability	28,29 15,16	1,27 36,13	1,29 13,17	15,17 27	13,1 26,12	16,40	13,29 39,31	35	35,13 8,1	35,12	35,19 1,37	1,28 13,27	11,13 1
33	Convenience of use	25,2 13,15	6,13 1,25	1,17 13,12	1,17 13,16	18,16 15,39	1,16 35,15	4,18 39,31	18,13 34	28,13 35	2,32 12	15,34 29,28	32,35 30	
34	Repairability	2,27 35,11	2,27 35,11	1,28 10,25	3,18 31	15,13 32	16,25	25,2 35,11	1	34,9	1,11 10	13	1,13 2,4	2,35
35	Adaptability	1,6 15,8	19,15 29,15	35,1 29,2	1,35 16	35,30 29,7	15,16	15,35 29	35,10 14	15,17 20	35,16	15,37 1,8	35,30 14	
36	Complexity of device	26,30 34,36	2,36 35,39	1,19 26,24	26	14,1 13,16	6,38	34,25 6	1,16	34,10 28	26,16	19,1 35	29,13 28,15	2,22 17,19
37	Complexity of control	27,28 28,13	6,13 28,1	16,17 17,28	26	2,13 15,17	2,39 30,16	29,1 4,16	2,18 26,31	3,4 16,35	36,28 40,19	35,36 37,32	27,13 1,38	11,22 30,30
38	Level of automation	28,26 18,35	28,26 35,10	14,13 17,28	23	17,14 13	35,13 16	28,10	2,35	13,35	15,32 1,13	18,1		
39	Productivity	35,26 24,37	2,36 15,3	1,19 28,38	30,7 14,26	10,26 34,31	10,35 17,7	2,6 10,2	35,37 10,2	28,15 10,38	10,37 14	14,10 34,40	35,3 22,39	

Figura 11. Sector de la Matriz de Contradicciones, en el cual se detalla el cruce de los parámetros de ingeniería en conflicto, es decir el parámetro que hay que mejorar ubicado en la columna (Productividad) y el parámetro que empeora en la fila (Velocidad), 39 vs 9.

La Matriz de Contradicción no sugiere ningún principio, lo que significa que se debe emplear otra herramienta más poderosa de TRIZ como por ejemplo “sustancia campo” (no lo emplearemos en el presente trabajo), o seguir con la combinación de parámetros en oposición.

Segunda combinación: Parámetros 39 vs 23.

Undesired Result (Conflict)	Feature to Improve	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time	Amount of substance
30	Harmful factors acting on object	18,35 37,1	22,15 33,28	17,1 40,33	22,33 35,2	1,19 32,13	1,24 6,27	10,2 22,37	19,22 31,2	21,22 35,2	33,22 19,40	22,10 2	35,18 34	35,33 29,31
31	Harmful side effects	15,35 22,2	15,22 33,31	21,39 16,22	22,35 2,24	19,34 39,32	2,35 8	19,22 18	2,35 2,22	21,35 34	10,1 29	10,21 29	1,22	3,24 39,1
32	Manufacturability	1,3 10,32	27,1 4	35,16	27,26 18	28,24 27,1	28,26 27,1	1,4	27,1 12,24	19,35	15,34 33	32,24 16,16	35,28 34,4	35,23 1,24
33	Convenience of use	32,40 3,28	29,3 8,25	1,16 25	26,27 13	13,17 1,24	1,13 24		35,34 2,10	2,19 13	28,32 2,24	4,10 27,22	4,28 10,34	12,35
34	Repairability	11,1 2,9	11,29 28,27	1	4,10	15,1 13	15,1 28,16		15,10 32,2	15,1 32,19	2,35 34,27	32,1 10,25	2,28 10,25	
35	Adaptability	35,3 32,6	13,1 35	2,16	27,2 3,35	6,22 26,1	19,35 29,13		19,1 29	18,15 1	15,10 2,13	35,28	3,35 15	
36	Complexity of device	2,13 15,28	10,4 28,15		2,17 13	13 13	27,2 29,28		20,19 30,34	10,35 13,2	35,10 28,29		6,29	13,3 27,10
37	Complexity of control	27,3 15,28	19,29 39,25	25,24 6,35	3,27 3,23	2,24 26	35,38		19,35 16	19,1 16,10	35,3 10,24	1,13 27,22	18,28 32,9	3,27 29,18
38	Level of automation	25,13	6,9		26,2 19	8,32 19	2,32 13		28,2 27	23,28	35,10 18,5	35,33	24,28 35,30	35,13
39	Productivity	29,26 10,18	35,10 2,18	20,10 16,38	35,21 28,10	26,17 19,1	35,10 38,19	1	35,20 10	28,10 29,35	28,10 35,23	13,15 23		35,38

Figura 12. Sector de la Matriz de Contradicciones, en el cual se detalla el cruce de los parámetros de ingeniería en conflicto, es decir el parámetro que hay que mejorar ubicado en la columna (Productividad) y el parámetro que empeora en la fila (Pérdida de sustancia), 39 vs 23.

La Matriz de Contradicciones sugiere: Los Principios de Inventiva 10, 23, 28 y 35.

Consultando una lista de los 40 Principios Inventivos⁶ más detallada que la de la tabla 3, encontramos:

10.- Acción anticipada. No parece aplicarse a este problema.

23.- Retroalimentación. Significa llevar a cabo algún tipo de acción a medida que se genera la espuma. Esto significaría colocar un sensor que mida el espesor de la misma y en ese momento tomar las medidas necesarias para eliminar el problema. En el caso que se estudia, el propio operador del equipo es quien decide el momento en el que se debe aplicar la solución como se describe más adelante.

28.- Reemplazar un sistema mecánico con otro sistema. Para atenuar el problema de la generación de espuma

⁶ El lector podrá encontrar una lista más detallada en: www.icim.com/files/MetodoTRIZ.doc. Otra referencia útil es investigar en: <http://cesintriz.blogspot.com.ar/2011/11/libro-la-metodologia-mas-avanzada-triz.html>

en el proceso de trasvasado del agua oxigenada, se recurrió, en primer lugar, a llenar los recipientes por la parte inferior. Esto disminuyó el problema pero no lo eliminó.

35.- Transformación de propiedades. Es una de las soluciones que se estableció. Mediante un sistema de boquillas de aspersión, se inyectó agua oxigenada fría, sobre la espuma directamente en el momento que se formaba. Su rápida eliminación se debió a dos procesos:

- a) El propio impacto de las pequeñas gotas de agua, destruye las burbujas de aire o de oxígeno.
- b) La reducción de la temperatura en la superficie del líquido evita la pérdida de gas y, por lo tanto, el volumen de espuma generado es menor.

Segunda ronda de contradicciones: Parámetros 25 vs 9. Sugerencias: no las hay.

Undesired Result (Conflict)	Feature to Improve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Weight of moving object	Weight of non-moving object	Length of moving object	Length of non-moving object	Area of moving object	Area of non-moving object	Volume of moving object	Volume of non-moving object	Speed	Force	Tension, pressure	Shape	Stability of object
21	Power	8,36, 38,31	19,26, 17,27	1,10, 35,37	19,38	17,32, 13,38	35,6, 38	30,6, 25	15,35, 2	26,2, 36,35	22,10, 35	29,14, 2,40	35,32, 15,31	
22	Waste of energy	15,6, 19,28	19,6, 18,9	7,2, 6,13	6,38, 7	15,26, 17,7, 17,30	17,7, 30,19	7,18, 23	7, 16,35, 38	36,38	14,15, 9,36, 35	29,35, 2,14	14,2, 39,6	
23	Waste of substance	35,6, 23,40	35,6, 22,32	14,29, 10,39	24	35,2, 10,18, 10,31	1,29, 39,31	30,36, 18,31	10,13, 28,38	14,15, 18,40	9,36, 37,10	29,35, 3,5	2,14, 30,40	
24	Loss of information	10,24, 35	10,35, 5	1,26	26	30,26	30,16		2,22	26,32				
25	Waste of time	10,20, 37,35	10,20, 26,5	15,2, 29	30,24, 14,5	26,4, 5,16	10,35, 17,4	2,5, 34,10	35,16, 32,18	10,37, 36,5	37,36, 4	4,10, 34,17	35,3, 22,5	
26	Amount of substance	35,6, 18,31	27,26, 18,35	29,14, 35,18		15,14, 29	2,18, 40,4	15,20, 29	35,29, 34,28	35,14, 3	10,36, 14,3	35,14	15,2, 17,40	
27	Reliability	3,8, 10,40	3,10, 8,28	15,9, 14,4	15,29, 28,11	17,10, 14,16	32,35, 14,16	3,10, 14,24	2,35, 24	21,35, 11,29	8,28, 10,35	35,1, 35,19	16,11	
28	Accuracy of measurement	32,35, 26,28	28,35, 25,26	28,26, 5,16	32,28, 3,16	26,28, 32,3	32,13, 32,3	6	28,13, 32,24	32,2	6,28, 32	6,28, 32	32,35, 13	
29	Accuracy of manufacturing	28,32, 13,18	28,35, 27,9	10,28, 29,37	2,32	28,33, 29,32	2,29, 18,36	25,10, 2	35	10,28, 32	28,19, 34,36	3,35, 32,30, 40	30,18	
30	Harmful factors acting on object	22,21, 27,39	2,22, 13,24	17,1, 39,4	1,18	22,1, 33,28	27,2, 39,35	34,39, 37,35	21,22, 35,28	13,35, 39,18	22,2, 37	22,1, 3,35	35,24, 30,18	
31	Harmful side effects	19,22, 15,39	35,22, 1,39	17,15, 16,22		17,2, 18,39	22,1, 40	30,18, 40	35,28, 35,28	35,28, 3,23	2,33, 1,40	27,18	35,1, 27,39	

Figura 13. Sector de la Matriz de Contradicciones, en el cual se detalla el cruce de los parámetros de ingeniería en conflicto, es decir el parámetro que hay que mejorar ubicado en la columna (Evitar la pérdida de tiempo) y el parámetro que empeora en la fila (Velocidad), 25 vs 9.

Última combinación: 25 vs 23. Nos sugiere los principios: 10, 18, 35 y 39. Ver Figura 14.

10.- Acción anticipada. No parece aplicarse a este problema.

18.- Vibración mecánica. Es decir que por medio de algún sistema que genere ondas sonoras sería posible eliminar la espuma. Esta opción se considerará más adelante.

35.- Transformación de propiedades. Se repite, lo cual

significa que es muy probable que proporcione la solución (como así se demostró).

39.- Ambiente inerte. No parece tener aplicación en este caso.

Solución ya en funcionamiento con bastante éxito: Aplicar agua oxigenada fría, sobre la superficie del líquido en el momento en el que se forma la espuma, mediante un aspersor simple como el empleado para regar agua sobre el césped.

Undesired Result (Conflict)	Feature to Improve	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time	Amount of substance
21	Power	26,10, 28	19,35, 10,38	16	2,14, 17,25	16,6, 19	16,6, 19,37			10,35, 38	28,27, 18,38	10,19	35,20, 10,6	4,34, 19
22	Waste of energy	26			19,38, 7	1,13, 32,15			3,38		35,27, 2,37	19,10	10,18, 32,7	7,18, 25
23	Waste of substance	35,28, 31,40	28,27, 3,18	27,16, 18,38	21,36, 39,31	1,6, 13	35,18, 24,5	28,27, 12,31	28,27, 18,38	35,27, 2,31			15,18, 35,10	6,3, 10,24
24	Loss of information		10	10		49				10,19, 19,10			24,26, 28,32	24,28, 35
25	Waste of time	29,3, 28,18	20,10, 28,18	28,20, 10,16	35,29, 21,18	1,19, 26,17	35,38, 19,18	1		35,20, 10,6	10,5, 18,32	35,18, 10,39	24,25, 28,32	35,38, 18,16
26	Amount of substance	14,35, 34,10	3,35, 10,40	3,35, 3,31	3,17, 39		34,29, 16,18	3,35, 51	35	7,18, 25	6,3, 10,24	24,28, 35	35,38, 18,16	
27	Reliability	11,28	2,35, 3,25	34,27, 6,40	3,35, 10	11,32, 13	21,11, 27,19		36,23	21,11, 26,31	10,11, 35	10,35, 29,39	10,28	10,30, 4,40,3
28	Accuracy of measurement	28,6, 32	28,6, 32	10,26, 24	6,19, 28,24	6,1, 32	3,6, 32			3,6, 32	26,32, 27	10,16, 31,28	24,34, 28,32	2,6, 32
29	Accuracy of manufacturing	3,27	3,27, 40		19,26	3,32	32,2			32,2	13,32, 2	35,31, 10,24	32,26, 28,18	32,30
30	Harmful factors acting on object	18,35, 37,1	22,15, 33,28	17,1, 40,33	22,33, 35,2	1,19, 32,13	1,24, 6,27	10,2, 22,37	19,22, 31,2	21,22, 35,2	33,22, 19,40	22,10, 2	35,18, 34	35,33, 29,31

Figura 14. Sector de la Matriz de Contradicciones, en el cual se detalla el cruce de los parámetros de ingeniería en conflicto, es decir el parámetro que hay que mejorar ubicado en la columna (Evitar la pérdida de tiempo) y el parámetro que empeora en la fila (Pérdida de sustancia), 25 vs 23.

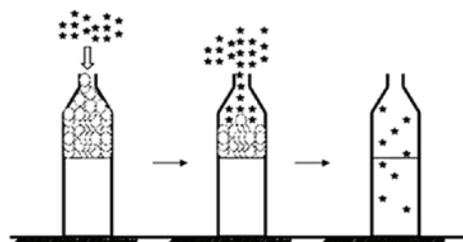


Figura 15. Esquema de la solución propuesta.

Lo que resta una vez hallada la o las soluciones conceptuales, es la aplicación de métricas. En nuestro caso, temperatura del agua oxigenada de aspersión a utilizar, cantidad, flujo, etc.

Lo interesante es que, quizás, el lector pueda encontrar otras alternativas en base a estos principios, pues las soluciones propuestas no son las únicas definitivas.

METODOLOGÍAS DERIVADAS

TRIZ es la primera técnica que se ha definido como “basada en el conocimiento”, pero no la única, ya que a partir de ella se han construido otras.

Al fin de simplificar la metodología TRIZ, el Dr. Roni Horowitz desarrolló la metodología ASIT, difundida en todas las universidades de tecnología de Israel.

El Dr. Ed Sickafus desarrolló en base a TRIZ, ASIT y SIT, el USIT (ver referencia al comienzo del artículo) y lo implementó en FORD Motor Company, Michigan. Esta metodología, a diferencia de TRIZ, no utiliza base de datos sino es una herramienta de pensamiento.

Estas metodologías no requieren la utilización de software alguno, solamente son necesarias: la lógica y la perspicacia para la obtención de soluciones conceptuales de pre-ingeniería.

CONCLUSIONES

En este sencillo ejemplo, si realizamos una abstracción de la situación, veremos que nos encontramos frente a un caso bastante general. Seguramente alguien ya resolvió algo, sino igual, semejante en sus principios. Es la ventaja que aprovecha esta metodología. Aprovechar esas estrategias para abordar una situación problemática y encontrar múltiples soluciones conceptuales. Usar para resolver un problema todo el mejor razonamiento existente, de muchos cerebros que así lo hicieron con éxito en algún momento y en algún lugar.

Tan solo con los conocimientos no se garantiza el éxito de la resolución de problemas, pues, también depende de la estrategia empleada y de la actitud para enfrentarlos. Resolver problemas tecnológicos con las metodologías estructuradas resulta un verdadero placer, y no una tediosa y pesada carga.

En esta muestra sobre TRIZ se puso en práctica para ejemplificar solo una de las herramientas básicas. Por razones de espacio y complejidad no se exponen muchas otras herramientas, mucho más poderosas al momento de enfrentar problemas de muy difícil resolución tecnológica. En las referencias el lector encontrará una guía para comenzar una búsqueda apasionante acerca estas otras herramientas.

El capital intelectual más importante de cualquier empresa lo hacen sus empleados, y este capital puede incrementarse en gran medida si ellos aprenden la aplicación de TRIZ para enfrentar problemas de inventiva o de innovación tecnológica, contribuyendo al éxito de la empresa.

El lugar idóneo para introducir la metodología TRIZ, a nivel masivo es, sin duda, en las universidades, en especial con los estudiantes de los últimos años de cursada y con los recién egresados de las diferentes ramas de la ingeniería. Esto ya ha sido probado con mucho éxito en Rusia, México, Korea, China, Japón y Singapur. Es el deseo de este equipo de trabajo que en Argentina suceda lo mismo. ■

Juan Carlos Nishiyama

Tatiana Zagorodnova

Carlos Eduardo Requena
carlooseduardorequena@yahoo.com.ar

Universidad Tecnológica Nacional - FRGP

Agradecimientos

A la ingeniera Sabalza de la UTN FRGP por apoyar y facilitar nuestras actividades sobre TRIZ.

Al ingeniero Carlos Alberto Monti de la UTN FRGP por apreciar tempranamente las bondades de esta metodología y brindarnos desinteresadamente su ayuda logística.

Al ingeniero Jorge Gallo de la UTN FRGP por su perspicacia en cuanto a su rápida visión de la importancia de esta metodología, lo cual nos facilitó la rápida inserción de TRIZ en la UTN FRGP.

Al ingeniero Juan Fructuoso, profesor de la UTN FRGP por brindarnos la oportunidad única de introducir TRIZ en su cátedra y promover la asignatura anual “Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería” basada en TRIZ.

Al ingeniero Jorge Pittaluga, Director del Departamento de Ingeniería Mecánica de la UTN FRGP, por facilitarnos y alentarnos en nuestra labor de enseñar TRIZ en los últimos años de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Al ingeniero Daniel Bosio, Director Departamento de Materias Básicas de la UTN FRGP, por invitarnos a crear el “Proyecto TRIZ”.

A todos aquellos que depositaron su confianza en nosotros y nos permitieron avanzar en estas actividades.

Referencias

1. Madonado M., Monterrubio R., Arzate E., TRIZ, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática. Panorama Editorial. San Rafael México. 2005.
2. Rovira, Noel León, TRIZ: Innovación Estructurada para la Solución de Problemas y el Desarrollo de Productos Creatividad como una Ciencia Exacta. Second LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology LACCET'2004: "Challenges and Opportunities for Engineering Education, Research and Development" 2-4 June 2004, Miami, Florida, USA Copyright Dr. Noel Leon - ITESM
3. Altshuller Foundation, ARIZ 85 – Traducción de la versión original Ruso al Español (Traducción del original ruso para la Altshuller Foundation, Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004. <http://www.altshuller.ru/world/spa/ariz85v.asp>
4. Altshuller Foundation, Tesoros – terminología del TRIZ y ARIZ (Traducción del original ruso para la Altshuller Foundation, Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004. <http://www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp>
5. Sickafus, Ed, Causas y efectos (Reconocimiento a Carlos Requena y Juan Carlos Nishiyama), TRIZ JOURNAL-USA. 2004. <http://www.triz-journal.com/archives/2004/08/03.pdf>
6. Altshuller Foundation Página de la Altshuller Foundation. <http://www.altshuller.ru/world/spa/news.asp>
7. Sickafus, Ed, Unified Structured Inventive Thinking an Overview. eBook. Ntelleck, LLC. USA. 2004.
8. Sickafus, Ed, Unified Structured Inventive Thinking, How to Invent. ISBN: 0-965-94350-X. NTELLECK, 1997.
9. Domb, Ellen, TRIZ Journal. Trabajos varios sobre el tema. USA. 2003.
10. Nakagawa, Toru, TRIZ Home Page in Japan. Universidad de Osaka. 2003.
11. AMETRIZ, Página web (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/matriz/MATRIZ.php>
12. AMETRIZ, Página web (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/index.php/principios-de-inventiva>
13. <http://www.start2think.com/>
14. Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T., Requena C., USIT-Pensamiento Inventivo Estructurado Unificado. 5º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Puebla, Pue., del 1 al 3 de diciembre de 2010
15. Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T., Requena C., TRIZ-Metodología para Incrementar y Sistematizar la Creatividad y la Innovación Industrial. I Congreso Argentino de Ingeniería - CADI 2012. Mar del Plata. 8, 9 y 10 de Agosto de 2012
16. Sickafus, Ed, Innovación Heurística. Traducción de la versión original en inglés al español por Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, República Argentina. Expte. 5023607. Junio 2012
17. Sickafus, Ed, Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado-Cómo Inventar. Traducción de la versión original en inglés al español por Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, República Argentina. Expte. 5023607. Junio 2012
18. Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T., Requena C., TRIZ. Metodología De Resolución de Problemas Ingenieriles Basada en el Conocimiento. XXIX Congreso Argentino de Química. Mar del Plata 3 al 5 de octubre de 2012

PDTs: Banco Rotatorio de Máquinas de Reciclado (BRMR)

Transferencia de ecotecnologías para reciclado de residuos inorgánicos

UBA-FADU Y UTN-FRGP (Departamento de Ingeniería Mecánica)

C. Levinton, J. Fructuoso, F. Perez mollo, I. Delich, P. Plaza, J. Mendez, N. Ramo, J. Perrez Arrieu y A. Canzian.

Resumen

Mediante el diseño y constitución de un “Banco Rotatorio de Máquinas de Reciclado” (BRMR) destinado a equipar a cooperativas de recolectores - recicladores en sus Centros Verdes de Morón y Moreno, el proyecto combina metas ambientales con metas de equidad e inclusión social. El mismo contribuye a reparar o mitigar los daños a los ecosistemas y el ambiente conurbano intensamente amenazados por el cambio climático y la urbanización acelerada y vulnerable y, a la vez, contribuye a reparar el tejido social, es decir, promueve lo que la política nacional denominó “La industrialización de las externalidades” del sistema productivo (los desechos del hiperconsumo).

Aplica los conceptos más avanzados de Economía Azul de Gustav Pauli y F. Capra y fomenta las condiciones de desarrollo de los llamados empleos verdes. La meta de este proyecto es constituir nuevos medios de producción cooperativa reduciendo definitivamente problemas acuciantes ambientales. El proyecto promueve la integración en cooperativas de estudiantes y jóvenes graduados de ambas universidades.

Palabras clave: Ecosistemas, Recicladores, Cooperativas, Centros Verdes.

Abstract

Through the design and creation of a “Rotating Machines Recycling Bank” (BRMR) intended to equip cooperatives collectors - recyclers in its Green Centers Moron and Moreno, the project combines environmental targets with goals of equity and social inclusion, by aside contributes to repair or mitigate the ecosystems and the environment intensely suburbs threatened by climate change and rapid urbanization and vulnerable at the same time helping to repair the social fabric. That is what promotes national policy called “the industrialization of externalities” production system (hyper debris).

Apply the most advanced concepts of Economics Blue Gustav Pauli and F. Capra and encourages the development conditions of so-called green jobs. The goal of this project is to provide new means of reducing environmental cooperative production definitely pressing problems.

Keywords: Ecosystems, Recyclers, Cooperatives, Green Centers.

DESARROLLO

En el año 2015 el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) comenzó a financiar Proyectos de Desarrollo Tecnológico Social (PDTs) que, abordados desde el ámbito universitario, generen y apliquen conocimientos para solucionar problemas que demande la comunidad y que contribuyan al desarrollo sustentable del país.

Los proyectos PDTs tienen como objetivos principales (Anexo I - Resolución C.E. N° 1003/14 del CIN):

1. Promover la investigación conducente a resultados socialmente relevantes.
2. Vincular los espacios de producción de conocimientos con los de su uso y apropiación social.
3. Articular los ámbitos académicos con los sociales durante el proceso de producción de conocimientos.
4. Incentivar la investigación científica, el desarrollo y la innovación, orientados a la atención de problemas sociales y productivos de cada región.
5. Alentar la interdisciplinariedad en el enfoque del problema.
6. Propiciar la formación de recursos humanos orientados a la resolución de problemas.

EL BANCO ROTATORIO DE MAQUINAS DE RECICLADO (BRMR)

Problemática:

Las urbes padecen hoy, con la globalización y la urbanización descontrolada, varios impactos en su huella ecológica, es decir en sus periferias. Enorme desempleo, crecimiento demográfico geométrico, en especial de los jóvenes, y un enorme daño ambiental que se agrava con el cambio climático.

En vista a los impactos de cambios, en las próximas dos décadas estos problemas se tornarán dramáticos, en particular en el Conurbano Bonaerense. La cantidad de población y de basura producida son enormes, se generan cerca de (14.000 t/día) que en su mayor parte se desechan en el Ceamse con un altísimo costo por tonelada (más de 1000 \$/t). A través del ABL este costo se transfiere a todos los vecinos, con la

paradoja de que se paga para enterrar materiales que tienen un alto valor comercial y social, y además debe sumarse el costo de remediación por la contaminación generada por un sistema patológico y los costos en salud. Actualmente el porcentaje de residuos separados y clasificados por las cooperativas llega al 15%, proporción muy pequeña en relación a las cantidades que se desechan en el Ceamse. Los recolectores de residuos urbanos (cartoneros) conforman un sector social muy vulnerable desde la crisis del 2001, cuando el desempleo trepó al 21% de la población activa. Según fuentes de ONGs, en ese año más de 40 mil personas -de las cuales 25 mil vivían en el conurbano- se orientaron a la recolección, clasificación y venta de residuos inorgánicos, utilizando sus carros y vendiendo a intermediarios acopiadores. La vulnerabilidad del sector persiste, motivada por la fluctuación de precios de los residuos que acopian, cuyo valor está determinado por el comprador. La población vulnerable desarrolló vastas y creativas estrategias de supervivencia en ese período, como agruparse y organizarse como cooperativas. Estas organizaciones fueron progresivamente reconocidas por las autoridades municipales, debido al aporte trascendental que hace el sector a la clasificación ecológica de los residuos.

Un hecho fundamental es la coincidencia entre la crisis de la basura y el colapso del Ceamse y el drama ambiental que se genera con la crisis social y el desempleo. Ambas situaciones están vinculadas por la estrategia de supervivencia.

Curiosamente, esta masa de desempleados aportaría una progresiva eco-solución, ya que los mayores clasificadores y valorizadores que existieron desde entonces, durante más de una década, han sido los cartoneros. Su aporte a la ecología y a la mitigación de contaminación ha sido el de mayor trascendencia. Sin embargo, su función positiva en la creación de empleos y aportes al ambiente no fue reconocida ni apoyada debidamente. En enero de 2014 la OPDS reglamentó en la Provincia de Buenos Aires una disposición por la cual los grandes generadores de residuos (empresas, parques industriales, universidades, *countries*, barrios cerrados, edificios públicos, etc.) deben hacerse cargo de sus residuos, evitando el acarreo al Ceamse y disponiendo los residuos de modo ecológico y saludable dentro del propio municipio.

Por ello, una mayor capacitación y tecnificación de las cooperativas y organizaciones de los **recolectores de residuos** urbanos (cartoneros) contribuiría a mitigar y aportar eco-soluciones a los problemas planteados.

EL PDTS BRMR UNA PROPUESTA PARA MITIGAR EL PROBLEMA

El proyecto propone expandir y tecnologizar el modelo Pacha que inició el Centro Experimental de la Producción de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (CEP) en respuesta a la crisis del 2001, ya instalado en varios municipios, con apoyo de organismos públicos y privados (ME, UBA, MINCYT, Serenísima, Carrefour, Quilmes, Tetrapak, entre otros).

Las cooperativas agregarán a sus Centros Verdes, donde hoy clasifican los residuos, "Talleres de Industrialización". En principio será con un Banco de Máquinas Rotatorias donde la cooperativa de Morón entrene y capacite junto al CEP y la UTN FRGP a las demás cooperativas.

De ese modo se establecerá un mecanismo de transferencia de máquinas, procesos, layout, capacitación, evaluación y monitoreo.

El Departamento de Ingeniería Mecánica de la UTN Regional General Pacheco tiene la misión de realizar el diseño, el desarrollo y la fabricación de máquinas para transformar los diversos residuos en ecoproductos, con un diseño que permita el manejo a recolectores de muy escasa formación técnica.

En esta etapa el proyecto de ingeniería incluye: especificaciones, diseño conceptual, diseño preliminar, diseño de detalle y la documentación correspondiente (manuales técnicos y de operación).

Se están diseñando las siguientes cuatro máquinas:

1. Máquina para la fabricación de ecobloques de construcción térmica (moldes - bloqueadora), a partir de una bloqueadora en desuso que existe en la FRGP (Fig.1).
2. Máquina para transformar composites plásticos en placas multiuso (se necesita diseñar una máquina que pueda fabricar cerca de 500 placas día, con prensa en frío, y que permita espesores de 1 cm o mayores).
3. Máquina molidora de telgopor, (Ver el diseño conceptual en la Fig. 2).
4. Máquina para transformar en briquetas combustibles diversos residuos (con molino), que produzca no menos de 2000 briquetas día.



Figura 1. Antigua bloqueadora en la FRGP.

Asimismo, el proyecto en general incluye los siguientes objetivos:

- Capacitar a las cooperativas para la fabricación / mantenimiento de sus propias máquinas y,
- Capacitar a las cooperativas para producción de ecoproductos con el correcto manejo de máquinas y tecnologías.

El BRMR permitirá que las cooperativas de recolectores clasificadores realicen las operaciones de separación de residuos inorgánicos con más facilidad y los acondicionen para la venta con mayor rapidez.

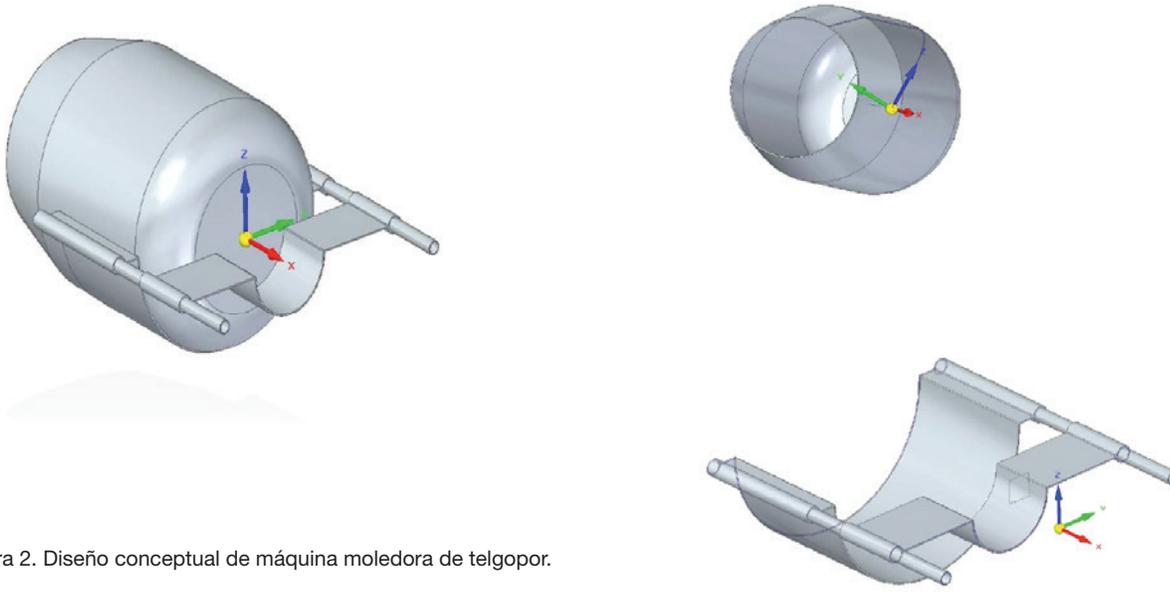


Figura 2. Diseño conceptual de máquina moledora de telgopor.

Las instituciones ejecutoras del proyecto son la Universidad de Buenos Aires y la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional General Pacheco, que disponen de los siguientes Centros de investigación ejecutores del PDTS:

1. Centro Experimental de la Producción ATAE (CEP) - FADU UBA.
2. Cátedra de Diseño Industrial, Simonetti - FADU UBA.
3. Laboratorio Investigación de Tecnología - Ingeniería Mecánica - UTN FRGP.
4. Cátedras de Diseño de Máquinas y Elementos de Máquinas, Ing. Juan Fructuoso - UTN FRGP Ing. Mecánica.

Las Instituciones adoptantes del proyecto son las Cooperativas de recicladores:

1. ONG Abuela Naturaleza.
2. Cooperativa Nuevamente.
3. Cooperativa de Trabajo Creando Conciencia.
4. Organización Civil Comunidad Educativa Creciendo Juntos.
5. Cooperativa Creciendo Juntos.
6. Cooperativa de Trabajo Ayelen Limitada. ■

C. Levinton ¹
J. Fructuoso ²
F. Perez mollo ²
I. Delich ²
P. Plaza ²
J. Mendez ²
N. Ramo ²
J. Perrez Arrieu ²
A. Canzian ²

(¹) UBA-FADU, (²) UTN-FRGP

Desarrollo de un vehículo eléctrico personal

Alejandro Lois, Sebastián Boschetti, Federico Donatelli, Renso Heredia, Camilo Ortiz.

Resumen

El vehículo personal eléctrico (PEV), surgió como una nueva categoría de medio de transporte en la década de 1990. Un PEV debe ser capaz de transportar un único pasajero en viajes urbanos o suburbanos, empleando electricidad como fuente de energía. Estos vehículos ofrecen varios beneficios potenciales para los usuarios y para la sociedad en general, tales como la reducción de costos de transporte y de tiempos de viaje y, fundamentalmente, el menor impacto ambiental. Pueden emplearse como reemplazo o como complemento de los medios tradicionales de transporte, tanto públicos como privados. Sin embargo, todo el potencial de la categoría no se ha desarrollado aún, en gran medida porque los PEVs no son lo suficientemente livianos, no son lo suficientemente rápidos, no tienen gran autonomía y son demasiado costosos. A pesar de esto, todas las ventajas enunciadas justifican una investigación con el objetivo de minimizar los obstáculos que impiden la amplia difusión de este tipo de vehículos. La categoría está compuesta principalmente de ciclomotores y motocicletas eléctricas (EM). Por ello, nuestro grupo de investigación se ha propuesto desarrollar una EM que sea capaz de transportar una persona a una distancia de 80 Km, circulando a velocidades de hasta 100 Km/h.

Palabras clave: Disminución de emisiones a la atmósfera, uso de fuentes de energía renovables, vehículo eléctrico personal.

Abstract

The electric personal vehicle (PEV), was born as a new transport category in the 90's. A PEV must be able to transport one people in urban or suburban trips, using electricity as energy source. These vehicles offer several potential advantage to the users and the society in general, as lower transport costs, the reduction of time trips and, especially, lower enviroment impact. They can be used replacing or complementing tradicional means of tranport, both public and privat. However, the category hasn't developed yet, because the PEVs aren't light enough, not fast enough, do not have the enough autonomy and are very expensive. Despite disadvantages, the advantages justify a research to minimize the obstacles to the widespread dissemination of this type of vehicles. The category is mainly composed of scooters and electric motorcycles (EM). So, our research group has proposed to develope an EM that can be able to transport one people for a distance of 80 km, moving at the speed up to 100 km/h.

Keywords: Reduce emissions to the atmosphere, use of renewable energy sources, personal electric vehicle.

INTRODUCCIÓN

El primer vehículo eléctrico (EV) fue construido en 1830, y utilizaba una batería no recargable. Hubo que esperar más que 50 años para que las baterías tuvieran un desarrollo tal como para ser usadas en un EV comercial. A fines del siglo XIX, las baterías recargables ya se producían en cantidad, por lo que los EV comenzaron a ser ampliamente utilizados (Larminie, J; Lowry, J; 2003). Por ese entonces, los consumidores los preferían antes que a sus competidores propulsados por máquinas de vapor o motores de combustión interna. Las ventajas que tenían eran su arranque instantáneo y su relativa confiabilidad, mientras que los vehículos equipados con motores de combustión interna no eran confiables, eran hediondos y necesitaban ser arrancados manualmente. El otro principal competidor, el vehículo a vapor, necesitaba un excesivo tiempo de calentamiento inicial y la eficiencia térmica era muy baja. Sin embargo, una vez que el petróleo se abarató y que se inventó, en 1911, el motor eléctrico de arranque para los motores de combustión interna, los vehículos impulsados por estos motores se volvieron una mejor opción, dada su mayor autonomía y la facilidad de recarga de combustible. Comenzó entonces la declinación de los EV. En los últimos años, la preocupación mundial respecto del medio ambiente, particularmente en lo relacionado con la emisión de gases contaminantes y la contaminación sonora, junto con los nuevos desarrollos de baterías y celdas de combustible, está volcando la balanza en favor de los EVs.

El vehículo personal eléctrico (PEV) surgió como una nueva categoría de medio de transporte en la década de 1990 (Ulrich, K; 2005). La categoría está compuesta principalmente por motocicletas y escúteres eléctricos. A principios de esa década, se presentaron en Taiwán varios modelos de PEV: Ciudad-Bike, SWAP y ZES2000, desarrollados por empresas o institutos de investigación. Fabricantes japoneses anunciaron la formulación de su prototipo en 1994 y han realizado pruebas junto con organismos gubernamentales. Piaggio presentó en 1998 un *scooter* eléctrico híbrido, que está equipado con un motor de combustión y otro motor eléctrico. Estos modelos, en general, tienen una autonomía que va de 50 a 80 km y la velocidad máxima varía entre 30 a 80 km/h (Chiu, Y; Tzeng G; 1999). Recientemente se presentaron en E.E.U.U. algunos modelos de PEV: el Rebellion de Razor (2005), el Vectrix VX-1 (2007), el Enertia de Brammo (2008), con valores de venta superiores a los 5 mil dólares. A fines de 2007 se presentó en la Feria Automovilística de Milán un prototipo de una motocicleta ligera de tipo vespa, plegable, propulsada por electricidad, diseñada

por el profesor William J. Mitchell y sus colegas en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), en colaboración con SYM, uno de los mayores fabricantes de vespas en Taiwán, y con el ITRI (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial de Taiwán).

Las principales ventajas de los PEV son (Ulrich, K; 2005):

- Menor costo operativo total que los automóviles.
- Posibilidad de uso complementario con el transporte público.
- Posibilidad de uso complementario con un automóvil.
- Inferior tiempo de viaje “puerta a puerta” para distancias cortas o en entornos urbanos densos.
- Reducción del uso de automóviles en entornos urbanos congestionados.
- Transportación limpia y silenciosa, con menor impacto ambiental.
- Movilidad para las personas con limitaciones, pero no impedidas, para caminar.

Las limitaciones más importantes son:

- Poca autonomía.
- Baja velocidad.
- Costo elevado.

Todas las ventajas justifican trabajar sobre el objetivo de minimizar las limitaciones que tienen los PEV, que impiden la amplia difusión de este tipo de vehículos, y que han sido hasta el presente el principal obstáculo para la aceptación en el mercado de las PEV. Es por esto que se inicia, hace cuatro años, este proyecto de desarrollo de una motocicleta eléctrica (EM), capaz de recorrer distancias de hasta 40 km (80 km ida y vuelta) desde la periferia de una gran ciudad hasta el centro de la misma, desarrollando velocidades crucero de hasta 100 km/h.

ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA NECESARIA

El presente desarrollo de una EM comenzó con la selección del motor eléctrico propulsor. El accionamiento de máquinas y equipamientos mecánicos mediante el empleo de motores eléctricos es un tema de gran importancia económica y se ha escrito bastante sobre el mismo. Pero no ocurre lo mismo para el caso del uso de motores en tracción eléctrica de cualquier tipo de vehículos, por lo que se siguió el procedimiento de selección de un accionamiento eléctrico, en el cual se requiere la elección de un motor

industrialmente disponible que pueda cumplir con, por lo menos, tres requisitos de utilización: tipo de fuente de alimentación, condiciones ambientales y exigencias de carga o condiciones de servicio (Lobosco, O; Dias, J; 1989).

Estos requisitos de utilización, para el caso de la selección del motor que vaya a impulsar una EM son:

- Fuente de alimentación: necesariamente, por cuestiones de tamaño del vehículo, debe ser portátil, por lo que se utilizarán baterías de corriente continua.
- Condiciones ambientales: el motor trabajará a temperatura ambiente y debe ser estanco o debe asegurarse que no sea alcanzado por el agua de lluvia o las salpicaduras debidas al agua depositada en las calles.
- Exigencias de carga o condiciones de servicio: la potencia solicitada será la suma de la potencia necesaria para superar la resistencia al rodamiento, más la precisada para superar la resistencia aerodinámica, más la asociada con el ascenso y descenso de pendientes, más la exigida durante la aceleración del vehículo (Ulrich, K; 2005). El servicio será discontinuo.

Otros factores a tener en cuenta en la selección de un motor son las características inherentes a cada tipo de motor eléctrico, las cuales determinaran las ventajas y desventajas del uso de determinado tipo de motor.

El proceso para la elección óptima comprende no solo todos los aspectos precedentes, sino que también deben tenerse en cuenta los aspectos relacionados con la economía y fiabilidad.

La potencia que debe desarrollar el motor se calcula a partir de la potencia requerida en las ruedas del vehículo, que puede estimarse como la suma de la potencia necesaria para superar la resistencia al rodamiento, más la necesaria para superar la resistencia aerodinámica, más la asociada con el ascenso y descenso de pendientes más la asociada con la aceleración y desaceleración del vehículo. A continuación se presentan las fórmulas necesarias para hacer dicha estimación:

Los cálculos necesarios para estimar la potencia requerida al motor eléctrico son:

1. Potencia necesaria para superar la resistencia al rodado:

$$P_{rr} \approx mgC_r v$$

donde m es la masa total del vehículo más la del conductor, g es la aceleración gravitatoria, v es la velocidad

del vehículo y C_r es el coeficiente de resistencia al rodamiento (Ulrich, K; 2005).

2. Potencia precisada para superar la resistencia aerodinámica:

$$P_{ra} \approx \frac{1}{2} \rho C_d A v^3$$

donde ρ es la densidad del aire, C_d es el coeficiente de resistencia aerodinámica y A es el área frontal del vehículo incluyendo al conductor. A menudo al producto $C_d A$ se lo denomina área frontal efectiva (Ulrich, K; 2005).

3. Potencia requerida para el ascenso de pendientes, que no es otra que la razón de cambio de la energía potencial con respecto al tiempo:

$$P_p = smgv$$

donde s es la pendiente.

4. Potencia exigida durante la aceleración lineal del vehículo, la cual es la razón de cambio de la energía cinética con respecto al tiempo (Ulrich, K; 2005):

$$P_a = mva$$

donde a es la aceleración.

La potencia total en las ruedas será:

$$P_{totalenlasruedas} = P_{rr} + P_{ra} + P_p + P_a = C_r mgv + \frac{1}{2} \rho C_d A v^3 + smgv + mva$$

Finalmente, para calcular la potencia del motor se debe tener en cuenta el rendimiento (η_g) de la transmisión, de forma que:

$$P_{motor} = \frac{P_{totalenlasruedas}}{\eta_g}$$

En la Tabla 1, se pueden observar los resultados obtenidos para la potencia del motor necesaria para que el PEV pueda afrontar tres situaciones distintas de máxima exigencia. En la primera situación se considera la circulación a velocidad constante sobre un camino plano horizontal. En la segunda, la ascensión a velocidad constante por un camino con una pendiente del 10%. Finalmente, en la tercera, un aumento de velocidad de 80 a 100 km/h en 5 segundos, circulando sobre un camino horizontal. En todos los casos se considera una masa del PEV de 110 kg transportando una persona de 80 kg. El C_r se estima en 0,015, que corresponde a ruedas de diámetro medio (alrededor de 400 mm) infladas con una presión de 5 bar (Ulrich, K; 2005). Para el valor de la densidad del

Magnitud	Unidad	Situación 1	Situación 2	Situación 3
Velocidad crucero	km/h	100	80	80
Coefficiente de resistencia al rodamiento		0,015	0,015	0,015
Área frontal efectiva	m ²	0,6	0,6	0,6
Masa del PEV + conductor	kg	190	190	190
Pendiente en subida			0,1	
Aceleración	m/s ²			1,11
Potencia para vencer la resistencia al rodamiento	W	777	621	425
Potencia para vencer la resistencia aerodinámica	W	7.909	4.049	4.049
Potencia para superar una pendiente	W	-	4.142	-
Potencia para acelerar	W	-	-	4.687
Potencia total en las ruedas	W	8.686	8.813	9.357
Rendimiento transmisión		0,98	0,98	0,98
Potencia del motor	W	8.863	8.993	9.548

Tabla 1: Potencia calculada.

aire, se utilizó 1,23 kg/m³ (Larminie, J; Lowry, J; 2003). El área frontal efectiva para el caso de una motocicleta transportando una persona es similar al de una bicicleta, el cual se estima en 0,6 m² (Hennekam, W; 1990). El rendimiento de una transmisión por cadena, con un adecuado sistema de lubricación, es de aproximadamente un 98% (Sánchez Marín, F. et al.; 1990).

La potencia mínima necesaria que debe desarrollar el motor, teniendo en cuenta las tres situaciones es de 9.548 W.

SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR

Los distintos tipos de motores que se utilizan en vehículos eléctricos (EV) son: motores de corriente continua (CC) con colector, motores de CC sin escobillas (BLDC), motores de reluctancia conmutada (SR) y motores de corriente alterna (CA) de inducción (Larminie, J; Lowry, J; 2003).

El motor de CC con escobillas a su vez tiene varios subtipos, pero en EV sólo se utilizan los de imán permanente y los de excitación independiente, debido al control de velocidad y par motor que un EV requiere. La principal desventaja de este tipo de motor es la dificultad de evacuar el calor generado en el rotor bobinado, lo cual implica aumentar el tamaño la máquina. Estos motores también requieren de un mantenimiento regular debido al desgaste de las escobillas y del colector, a la vez que tienen pérdidas de energía debidas al rozamiento entre estas partes.

Los motores BLDC no tienen colector, dado que el campo magnético es provisto por imanes permanentes situados en el rotor de la máquina. El campo rotatorio se produce

con los devanados situados en el estator en combinación con un complejo sistema de control electrónico. Dada la facilidad de evacuar el calor, para igual potencia, son máquinas más chicas que las de colector. Además no requieren el mantenimiento de éstas. Su principal desventaja es el costo del sistema de control electrónico.

En los motores SR, el rotor es simplemente una pieza de un acero magnéticamente blando, lo cual hace a este tipo de motores muy sencillos y baratos. Además, como el rotor no es magnético, no hay FEM inducida, por lo que puede desarrollar velocidades muy altas. La principal dificultad en estos motores es la alta precisión con la que hay que realizar la conexión y desconexión del bobinado, por lo que se necesita una muy compleja y costosa electrónica de control.

Los motores de inducción son ampliamente usados en aplicaciones industriales. Requieren para su funcionamiento de corriente alterna, la cual puede obtenerse de una fuente de CC por medio de inversores electrónicos con los que, además, se puede controlar la velocidad, los cuales no son más costosos que los sistemas de control de los motores BLDC y SR. Son motores fáciles de conseguir y económicos, muy confiables y de bajo mantenimiento. La corriente inducida en el rotor agrega pérdidas de energía, por lo que son menos eficientes que los dos tipos anteriores.

En las Tablas 2 y 3 se resumen las comparaciones entre el motor BLDC y otros dos tipos de motores, el motor de CC con colector y el motor de CA de inducción. Se observa en ambas comparaciones que las ventajas del BLDC son importantes, con excepción del precio. De todas maneras, la

relación peso-potencia, la característica plana de la curva velocidad-par, que favorece la regulación de velocidad, y la baja inercia del rotor, que mejora las características de aceleración y desaceleración, son ventajas fundamentales del BLDC para su uso en un PEV.

Entre los motores BLDC y SR las diferencias no son tan marcadas. A favor del BLDC se puede decir que el motor SR requiere de un sistema de control más complicado, que la curva de par motor exhibe un cierto *ripple*, que la disponibilidad de unidades de gran potencia es un poco limitada, y que no es fácil de conseguir.

A partir de toda esta información, se seleccionó y se adquirió un motor de corriente continua sin escobillas BLDC ME0201013001, fabricado por la firma Mars Electric LLC, de Milwaukee, E.E.U.U, de 10 kg, 8.000 W de potencia en régimen permanente y 10.000 W de potencia máxima en régimen intermitente (ver Figura 1).

En el diseño de todo vehículo es importante predecir que performance tendrá. Por performance se entiende a la aceleración y velocidad final del vehículo, parámetros en los



Figura 1: Motor de corriente continua sin escobillas BLDC ME0201013001 (fabricado por la firma Mars Electric LLC).

que los vehículos eléctricos tienen mala fama. El principal interés en estos parámetros es que deben tener valores mínimos tales que permitan al vehículo circular con seguridad, inmerso en el tránsito urbano y suburbano. Con ese objetivo se desarrolló un programa en Mathematica® que permite simular el comportamiento de la EM, variando características del vehículo, como ser, relación de transmisión, tamaño de rueda, peso, etc.

	Motor BLDC	Motor CA de inducción
Característica Velocidad / Par	Plana. Operación a todas las velocidades con la carga definida.	No lineal. Bajo par motor a bajas velocidades.
Relación Potencia de salida / Tamaño	Alta. Dado que tiene imanes permanentes en el rotor, el tamaño será menor para una determinada potencia.	Moderada.
Inercia del rotor	Baja. Tiene las mejores características dinámicas.	Alta. Tiene pobres características dinámicas.
Corriente de arranque	Nominal. No requiere un circuito especial de arranque.	Aproximadamente hasta siete veces la nominal. El circuito de arranque debe ser seleccionado cuidadosamente.

Tabla 2: Comparación entre el motor CA de inducción y el motor BLDC (Yedamale, P; 2003).

Característica	Motor BLDC	Motor CA de inducción
Conmutación	Conmutación electrónica basada en sensores de posición de efecto Hall.	Conmutación por escobillas.
Mantenimiento	Bajo, debido a la ausencia de escobillas.	Periódico.
Durabilidad	Mayor.	Menor.
Característica Velocidad / Par	Plana. Operación a todas las velocidades con la carga definida.	Moderada. A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, reduciendo el par útil.
Eficiencia	Alta. No hay caída de tensión por las escobillas.	Moderada.
Relación Potencia de salida / Tamaño	Alta. Menor tamaño debido a mejores características térmicas, dado que los bobinados están en el estator.	Baja. El calor producido en el inducido es disipado en el interior aumentando la temperatura y limitando esta característica.
Inercia del rotor	Baja. Porque tiene los imanes permanentes en el rotor. Esto mejora la respuesta dinámica.	Alta. Limita las características dinámicas.
Rango de velocidad	Alto. Sin limitaciones mecánicas impuestas por el colector.	Bajo. El límite lo imponen principalmente las escobillas.

Tabla 3: Comparación entre el motor CC con colector y el motor BLDC (Yedamale, P; 2003).

CÁLCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN

El primer paso para modelar la performance de un vehículo consiste en calcular la fuerza de tracción. La fuerza total necesaria se puede obtener dividiendo la potencia total en las ruedas por la velocidad lineal del vehículo:

$$F_t = \frac{P_{\text{total en las ruedas}}}{v} = \frac{P_{rr} + P_{ra} + P_p + P_a}{v} = C_r mg + \frac{1}{2} \rho C_d A v^2 + smg + ma$$

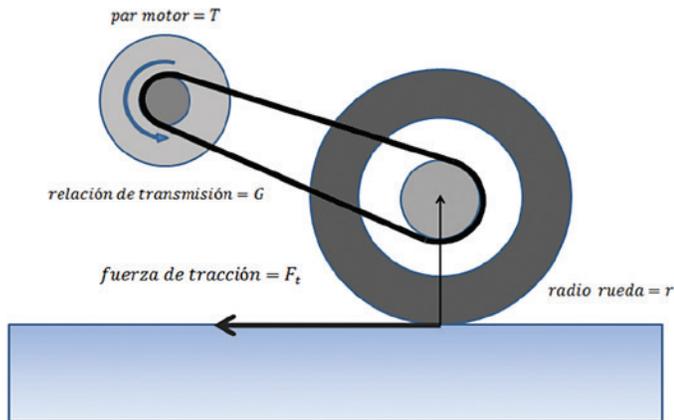


Figura 2: Esquema de conexión entre el motor y la rueda motriz.

En esta oportunidad, a fin de ganar en precisión en los cálculos, se tendrá en cuenta fuerza necesaria para la aceleración angular del rotor del motor:

$$F_\gamma = \frac{I}{\eta_g} \frac{G^2}{r^2} a$$

donde I es el momento de inercia del rotor del motor, η_g es el rendimiento de la transmisión, G es la relación de transmisión y r es el radio de la rueda impulsora (Figura 2).

La fuerza total de tracción será:

$$F_t = F_{rr} + F_{ra} + F_p + F_a + F_\gamma = C_r mg + \frac{1}{2} \rho C_d A v^2 + smg + ma + \frac{I}{\eta_g} \frac{G^2}{r^2} a \quad (1)$$

Hay que hacer notar que F_a y F_γ serán negativas si se circula cuesta abajo.

Cuándo se desconoce el momento de inercia del rotor del motor, y ese es el presente caso, una buena aproximación es incrementar 5% la masa total en el término correspondiente a la fuerza para la aceleración lineal y no considerar a F_γ (Larminie, J; Lowry, J; 2003).

MODELIZACIÓN DE LA ACELERACIÓN

La aceleración de un vehículo, en este caso de una EM, es un indicador clave de la performance, aunque no es una especificación estándar. Es común utilizar como parámetro, en automóviles, el tiempo que se demora en acelerar de 0 a 100 km/h. En el caso de EVs, es más apropiado referirse al tiempo que demanda acelerar de 0 a 50 km/h.

En vehículos propulsados por motores de combustión interna, la aceleración está ligada con la potencia máxima, pero en EVs, depende del par motor máximo. En los motores eléctricos, el par motor máximo disminuye con el aumento de la velocidad angular. Para el caso de motores con imanes permanentes, esta relación es lineal. Con el objeto de determinar esta relación, se realizaron ensayos a la máquina adquirida.

En un ensayo a tensión constante, se midió corriente eléctrica, velocidad angular y par motor. Con los valores medidos y empleando Excel®, se trazaron gráficos correspondientes a la característica mecánica (Gráfico 1) y a la característica de par motor (Gráfico 2) del motor ensayado. A partir de los valores medidos, en ambos casos, se calculó la recta de regresión lineal, obteniendo sendas ecuaciones, que permitirán estimar valores para distintos estados de carga.

La ecuación calculada, con un coeficiente de determinación R^2 de 0,9911, correspondiente a la característica mecánica es:

$$T(\omega) = 76,7 - 0,23\omega \quad (2)$$

donde T es el par motor en Nm y ω es la velocidad angular en rad/s.

La ecuación correspondiente a la característica de par motor, con un coeficiente de determinación R^2 de 0,9996, es

$$T(i) = 0,162i - 1,21 \quad (3)$$

donde i es la corriente eléctrica en A.

La Ecuación 2 sugiere que el par motor máximo es de 76,7 Nm , pero en la práctica esto no sucede, dado que el par motor máximo se ve limitado, por la corriente eléctrica máxima que admite el conjunto controlador-motor. Utilizando la Ecuación 3, se calcula un par motor máximo de 31,2 Nm cuando la corriente máxima se establece en 200 A. Por lo tanto, la función $T(\omega)$ a emplear en la modelización de la aceleración será:

$$T(\omega) = \begin{cases} 31,2 & \text{si } \omega \leq 198 \\ 76,7 - 0,23\omega & \text{si } \omega > 198 \end{cases} \quad (4)$$

cuya representación puede verse en el Gráfico 3.

La Figura 2 evidencia que el par en el eje de la rueda motriz es igual a la fuerza de tracción (F_t) multiplicado por el radio de la rueda (r). Si G es la relación de transmisión, o sea la razón entre el radio de la polea de la rueda y el radio de la polea del motor, y T es el par motor, entonces

$$T = \frac{F_t r}{G} \Rightarrow F_t = \frac{G}{r} T \quad (5)$$

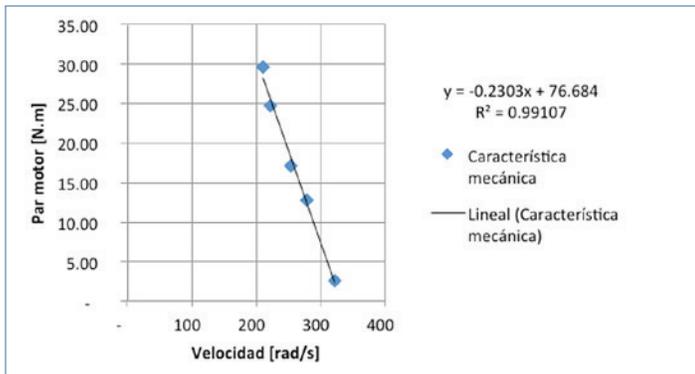


Gráfico 1: Característica mecánica.

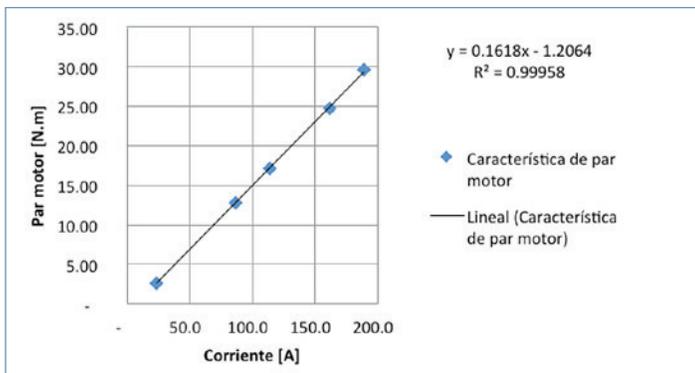


Gráfico 2: Característica de par motor.

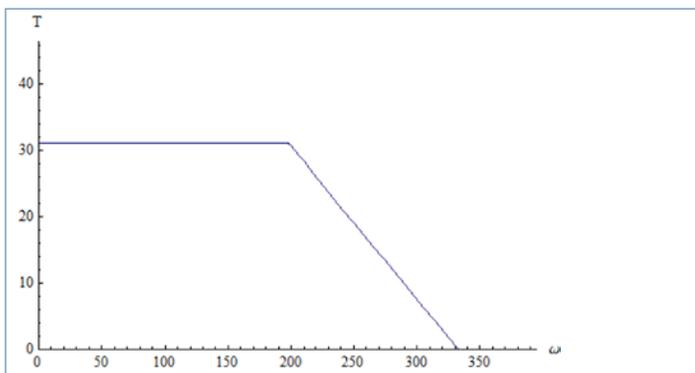


Gráfico 3: Par motor empleado en la modelización.

Por otra parte, ω es función de v , por lo que la ecuación del par motor queda:

$$T(\omega) = \begin{cases} 31,2 & \text{si } \omega \leq 198 \\ 76,7 - 0,23\omega & \text{si } \omega > 198 \end{cases} \Rightarrow T(v) = \begin{cases} 31,2 & \text{si } \frac{G}{r} v \leq 198 \\ 76,7 - 0,23 \frac{G}{r} v & \text{si } \frac{G}{r} v > 198 \end{cases} \quad (6)$$

Reemplazando las Ecuaciones 5 y 6 en la Ecuación 1, y teniendo en cuenta que la aceleración es la razón de cambio instantánea de la velocidad con respecto al tiempo, queda La resolución de esta ecuación diferencial dará como resul-

$$\frac{G}{r} T(v) = C_r mg + \frac{1}{2} \rho C_d A v^2 + smg + \left(m + \frac{I}{\eta_g} \frac{G^2}{r^2} \right) \frac{dv}{dt} \quad (7)$$

tado una ecuación que represente a la velocidad del vehículo en función del tiempo, que puede utilizarse para simular el comportamiento de una EM, y estimar su performance.

RESULTADOS

En la simulación realizada se utilizaron los siguientes valores:

1. Se estimó la masa de la EM en 110 kg y del conductor en 80 kg, por lo que la masa total empleada fue 190 kg.
2. Como el momento de inercia del rotor del motor es desconocido, se empleó la aproximación que consiste en incrementar un 5% la masa total, solamente en el término correspondiente a la fuerza de aceleración, por lo que el valor a empleado fue 199,5 kg.
3. El C_r se fijó en 0,015, el cual corresponde a ruedas de diámetro medio (alrededor de 400 mm) infladas con una presión de 5 bar (Ulrich, K; 2005).
4. Para el valor de la densidad del aire, se utilizó 1,23 kg/m³ (Larminie, J; Lowry, J; 2003).
5. El área frontal efectiva para el caso de una motocicleta transportando una persona es similar al de una bicicleta, el cual se estima en 0,6 m² (Hennekam, W; 1990), entonces $C_d A = 0,6 \text{ m}^2$.
6. Se supone que el vehículo circula por un camino horizontal, por lo tanto $smg = 0$.
7. Si el motor se conectara a una rueda de diámetro 42 cm mediante un juego de poleas de relación 2:1, entonces $G = 2$ y $r = 0,21$ m.

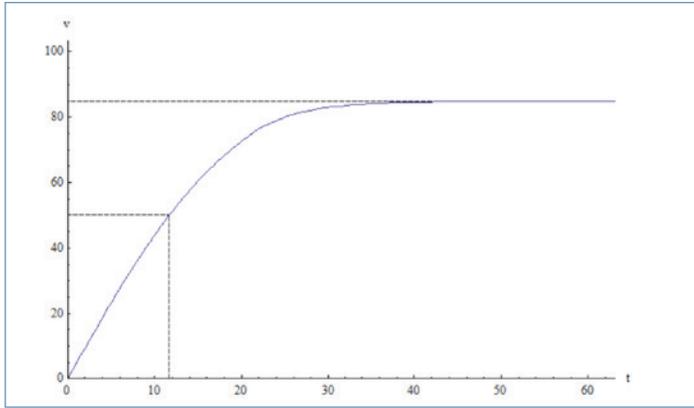


Gráfico 4: Velocidad [km/h] como función del tiempo [s].

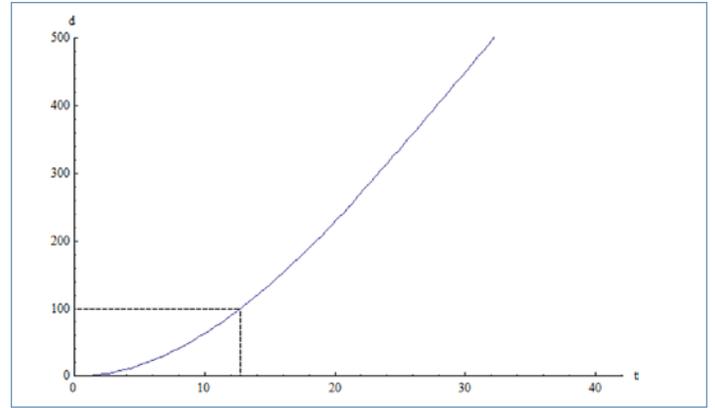


Gráfico 5: Distancia recorrida partiendo del reposo [m] como función del tiempo [s].

Para resolver la Ecuación 7 se escribió un programa en Mathematica®.

El resultado de la simulación se muestra en el Gráfico 4, donde la velocidad está en km/h y el tiempo en segundos. Al observar la curva de velocidad en función del tiempo no hay que dejar de tener en cuenta que la misma se ha obtenido suponiendo una conexión directa entre motor y rueda, es decir, sin el empleo de una caja de cambio de velocidades. La aceleración, que es aceptable dado que alcanza 50 km/h en 12 s, y la velocidad máxima, de 85 km/h, son valores compatibles con un tránsito seguro en zonas urbanas y suburbanas.

Para este tipo de vehículos, suele darse también como indicador de la performance al tiempo empleado en recorrer los primeros 100 m partiendo del reposo. Para ello sólo fue necesario agregar unas líneas al programa para que resuelva $d(t) = \int v(t) dt$, donde d es la distancia recorrida. El resultado de esta simulación se puede ver en el Gráfico 5, donde se aprecia que la EM demora 13 s en recorrer los primeros 100m.

Bibliografía

- CHIU, YI-CHANG; TZENG GWO-HSHIUNG, "The market acceptance of electric motorcycles in Taiwan experience through a stated preference analysis", *Transportation Research Part D*, 4, 1999, 127-146.
- HENNEKAM, W, "The speed of a cyclist", *Physics Education*, 25, 1990, 141-146
- LARMINIE, J.; LOWRY, J., *Electric vehicle technology explained*, England, John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- LOBOSCO, O.; DIAS, J., *Selección y aplicación de motores eléctricos*, Barcelona, Siemens Aktiengesellschaft, Berlín y Munich & Marcombo S. A., 1989.
- SÁNCHEZ MARÍN, F.; PÉREZ GONZÁLEZ, A.; SANCHO BRU, J.; RODRIGUEZ CERVANTES, P.; *Mantenimiento mecánico de máquinas*, Castelló de la Plana, Publicacions de la Universitat Jaume I, 2006.
- ULRICH, K., "Estimating the technology frontier for personal electric vehicles", *Transportation Research Part C*, 13, 2005, 448-462.
- YEDAMALE, P., *Microchip AN885. Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals* [en línea], Microchip Technology Inc., 2003. [consulta: 28 de septiembre de 2009] Disponible en la Web: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00885a.pdf>

CONCLUSIONES

El vehículo desarrollado tendrá las siguientes características estimadas:

- Velocidad máxima igual a 85 km/h
- Acelera de 0 a 50 km/h en 12 s
- Recorre 100 m partiendo del reposo en 13 s

Estos indicadores de la performance permiten afirmar que la EM podrá circular con seguridad en el tránsito urbano y suburbano.

El software desarrollado permite modelar la performance de un EV. ■

Alejandro Lois, Sebastián Boschetti, Federico Donatelli, Renso Heredia, Camilo Ortiz.

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
alois@frgp.utn.edu.ar

Concentrador Aéreo de Información para la Toma de Decisiones y Control

E. Tiscornia, E. Sellés, G. Nasini, P. Rey, R. Vecchio

Resumen

La información para la toma de decisiones constituye un elemento esencial para todo organismo oficial, gubernamental o privado. En determinado tipo de situaciones es muy importante obtener dicha información en tiempo real. Esta información puede ser simplemente una imagen visual, una imagen térmica, una señal electromagnética o la medición de algún parámetro físico. Tal es el caso de catástrofes naturales, accidentes, control de fronteras, control de narcotráfico, seguimiento y control de operaciones tácticas, control de operaciones policiales e inspección de construcciones no declaradas, entre otros. Todas estas actividades pueden realizarse desde una plataforma lo suficientemente elevada sobre el terreno que pueda “ver” la situación a cierta distancia del observador. Es por ello que el Concentrador Aéreo de Información para la Toma de Decisiones y Control se basa en el desarrollo de una plataforma aérea no tripulada, consistente en un vehículo más liviano que el aire (LTA) del tipo dirigible no rígido conocido como “blimp”, cuya carga útil estará constituida por una plataforma estabilizada en los tres ejes sobre la cual será montada una cámara de video con capacidad de transmitir imágenes y audio en tiempo real. El prototipo a desarrollar será un modelo o demostrador tecnológico, a partir del cual se podrán incrementar y mejorar sus capacidades operativas.

Palabras clave: toma de decisiones, blimp, información en tiempo real, plataforma estabilizada.

Abstract

Information is a key element to decision-making in every official body, whether governmental or private. In certain situations, it is increasingly compelling to obtain said information in real time. This information may simply consist of a visual or thermal image, an electromagnetic signal or the measurement of physical parameters. Such is the case of natural disasters, accidents, border controls, drug trafficking control, tactical operations control, monitoring and tracking, police operations, and inspection of non-declared constructions, among others. All these activities can be performed with a platform located at an altitude high enough to allow for the surveillance of the ground at a distance from the operator (observer). This is why the Air Management Concentrator for Decision-Making and Control is based on the development of an unmanned air platform attached to a Lighter-Than-Air (LTA), non-rigid airship, known as blimp. The blimp payload will consist of a three-axes stabilized platform which will carry a video camera for video (and audio) real-time data collection. The prototype to be developed will be a model or technology demonstration aimed to enhance and improve its operational features.

Keywords: decision making, blimp, real-time information, stabilized platform.

Descripción del grado de participación

Se espera que la Idea Proyecto del Concentrador aéreo de información para toma de decisiones y control aporte a la Subsecretaría de Emergencias (Defensa Civil) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires una herramienta de alto valor como sensor móvil en un probable escenario de catástrofe y emergencia, permitiendo explorar en forma remota un área de terreno en cualquier ángulo visual.

Asimismo, el Concentrador podrá aportar una nueva capacidad en el Comando y Control de Asistencia ante desastres naturales y antrópicos.

Modo de Interacción

Se realizará a través del intercambio de información y el trabajo colaborativo entre los respectivos integrantes de los equipos técnicos, de investigación y desarrollo de la Facultad de Ingeniería del Ejército (IUE), la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRGP) y la Subsecretaría de Emergencias de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Se espera que el desarrollo del Concentrador Aéreo de Información para la Toma de Decisiones y Control aporte a la Dirección General de Investigación y Desarrollo (DIGID) del Ejército una herramienta de alto valor como sensor móvil en el terreno, al permitir la exploración en forma remota de un área de terreno en cualquier ángulo visual.

Además, este desarrollo aportará una nueva capacidad en el comando y el control, tanto en operaciones militares como así también en la asistencia ante desastres naturales o antrópicos, asegurando su empleo dual (militar y civil).

Este desarrollo es en sí mismo un dual en su concepción, la cual se da entre otros aspectos a través del intercambio de información entre los respectivos integrantes de los Equipos de investigación de la Facultad de Ingeniería del Ejército (IUE), la Universidad Tecnológica Nacional FRGP y el CIDESO/DIGID y el trabajo colaborativo de sus equipos técnicos, de investigación y desarrollo.

En diversos ámbitos de la actividad humana (civil, científico, comunitario, militar, etc.) surge habitualmente la necesidad de disponer de algún tipo de dispositivo aéreo no tripulado, cuyo desplazamiento a través de zonas prefijadas permita obtener y capturar información sensible que pueda ser enviada a un centro de control, para la toma de decisiones.

Ello se podría alcanzar a través de una aeronave tipo dirigible no tripulado, con el fin de disponer de una plataforma aérea con capacidad de portar una carga útil y diversos dispositivos a través de los cuales pueda obtenerse la información buscada.

Se trata, entonces, de desarrollar un modelo de dirigible que tenga las siguientes características:

- 1) Alta autonomía de vuelo.
- 2) Que pueda volar aún ante la presencia de vientos moderados.
- 3) Vuelo estable, con velocidad moderada a muy lenta o vuelo estacionario, para permitir una detallada visualización en caso de portar una cámara de video, o repetidor de comunicaciones como carga útil.
- 4) Capacidad de despegue y aterrizaje tipo VSTOL (Vertical Take-Off and Landing), sin necesidad de disponer de una pista o superficie preparada para esa función.
- 5) Que requiera un mínimo de consumo de energía y de tecnología para mantener al vehículo estabilizado.
- 6) Propulsión y control totalmente eléctrico, con el fin de no generar ruidos que detecten su presencia y que permita un vuelo confiable.
- 7) Que utilice materiales que no sean contaminantes ni explosivos que no pongan en riesgo a los operadores del mismo ni al terreno en caso de caída accidental.
- 8) Que el volumen o tamaño del dirigible dependa exclusivamente del peso de la carga útil que el mismo portará.

Poder disponer de un dispositivo de estas características contribuiría a solucionar diversos problemas que enfrenta en la actualidad las Instituciones Adoptantes para llevar a cabo sus acciones regulares.

El objetivo del Proyecto es desarrollar e implementar una aeronave tipo dirigible no tripulada como demostrador tecnológico (es decir, un modelo), con el fin de disponer de una plataforma aérea con capacidad de portar una carga útil, una cámara de video con transmisión de imágenes a tierra en tiempo real.

El tipo de dirigible propuesto es el no rígido, llamado "blimp", que constituye la forma más común hoy en día.

Se caracteriza por no tener una estructura rígida interna para mantener la forma de su membrana o hull, la cual se mantiene “estirada” por la sobrepresión interna. Las únicas piezas rígidas son la góndola y los timones de control. El gas a emplear será helio.

Se propone usar una forma convencional (elipsoide de revolución o “pelota de rugby estirado en uno de sus extremos”) a fin de reducir al mínimo el peso de la aeronave y controlar los efectos aerodinámicos.

En una rápida comparación con otros vehículos de vuelo estacionario, se puede observar que, si bien diversas capacidades pueden ser realizadas mediante otras aeronaves no tripuladas de alas rotativas que pueden mantener un vuelo estacionario, las ventajas del dirigible con respecto a los demás vehículos son:

- a) Gran estabilidad sin requerir un sistema de control complejo.
- b) Horas de autonomía de vuelo contra 25 minutos en aquellos cuya propulsión es eléctrica (no hay cuadrucópteros con propulsión con motores a explosión o similares).
- c) Constructivamente es más sencillo.
- d) No requiere tecnologías de altos costos y la mayoría de los componentes pueden conseguirse en el mercado local.
- e) Rápida recuperación del vehículo en caso de caída accidental, evitando por su baja velocidad de descenso y escaso peso daños a terceros como consecuencia del impacto.

Las etapas de desarrollo previstas para poder alcanzar el objetivo del Proyecto son:

Etapa N° 1:

Construcción de un modelo de dirigible demostrador tecnológico, que dispondrá de un solo motor eléctrico como propulsión y de un par de timones verticales para la dirección y de otro par horizontales de profundidad, para cambiar la altura, que pueda ser controlado por un operador desde tierra mediante un radio control, que tenga capacidad de portar una cámara de video como carga útil y que pueda transmitir hacia el operador las imágenes obtenidas en tiempo real.

El objeto es adquirir todos los conocimientos en cuanto a la construcción del dirigible y de los materiales con que se lo hará, puesta en vuelo y documentación de las experiencias adquiridas para corregir el diseño del vehículo en función de los resultados obtenidos en cuanto a las características de vuelo y la calidad de las imágenes registradas por la cámara de a bordo. El vuelo estacionario se logrará en caso de no haber viento, deteniendo la propulsión y, si lo hay, orientando al dirigible en contra del viento y regulando las revoluciones en la propulsión y orientación de los timones. Finalizada exitosamente la Etapa 1, se dará por finalizado el proyecto y se dará comienzo a un nuevo proyecto con la Etapas 2, 3 y 4 descriptas a continuación.

Etapa N° 2:

Modificar la planta propulsora por dos motores eléctricos orientables, para darle características de vuelo estacionario mejoradas respecto a las obtenidas en la Etapa N° 1. Variando las revoluciones de la propulsión y la orientación del mismo respecto del eje longitudinal del dirigible, se logra mejorar la posición y la altura.

Etapa N° 3:

Manteniendo el control manual por parte del operador desde la radio, incorporar a bordo un sistema de control que permita que el dirigible permanezca estacionario a una altura y posición geográfica en forma automática, según las coordenadas impuestas por el operador.

Etapa N° 4:

Desarrollar un dirigible más grande con capacidad de portar una carga útil de 20 Kgs aproximadamente (peso estimado de un equipo VHF), para que el mismo pueda extender el radio de alcance de las comunicaciones, quedando fuera del alcance del Proyecto el estudio de las características de los medios empleados para este tipo de comunicaciones.

Resultados previstos e impacto esperado.

Una vez desarrollado el modelo de dirigible, las funciones que el mismo permitirá desarrollar son las siguientes:

- 1) Reconocimiento y vigilancia en aérea diurna y/o nocturna del campo de combate o zona de reconocimiento en forma estacionaria, mediante transmisión en tiempo real

de las imágenes tomadas por cámara de video, con mínimo gasto de energía en control y alta autonomía.

- 2) Vuelo lento o detenido a altura y posición geográfica programada, para la observación detallada y por tiempo prolongado de áreas afectadas por desastres naturales y/o artificiales, incluyendo la localización de focos de incendio, la observación de zonas inundadas, evaluación de daños producidos por fenómenos meteorológicos (tormentas, tornados, nevadas, etc.) y otros (terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis etc.) mediante transmisión en tiempo real de las imágenes captadas por cámara de video.
- 3) Función como repetidor de comunicaciones mediante la incorporación de equipos de comunicaciones de VHF para extender el radio de alcance del mismo.

En síntesis, el desarrollo de esta Idea Proyecto, permitiría su aplicación en los siguientes ámbitos:

- a) Defensa civil: catástrofes naturales, accidentes.
- b) Uso fiscal: Inspección de construcciones no declaradas.

- c) Uso científico: Instalación de sensores para mediciones atmosféricas.
- d) Uso militar: control visual de operaciones tácticas. Inspección de maniobras. Control de fronteras. Extensión de alcance de comunicaciones.
- e) Uso policial: Control de narcotráfico, control de procedimientos policiales y allanamientos.
- f) Periodismo: Seguimiento de eventos deportivos. ■

E. Tiscornia ¹

E. Sellés ²

G. Nasini ¹

P. Rey ¹

R. Vecchio ¹

⁽¹⁾ IUE (Instituto Universitario del Ejército) Escuela Superior Técnica.

⁽²⁾ Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco.

Análisis geométrico del mecanismo biela - manivela

Mario Di Blasi Regner, María Silvana Ramirez Daneri

Resumen

El estudio del movimiento del mecanismo biela - manivela es de gran importancia en ingeniería. En general, el análisis se realiza sobre el pie de la biela, que es el punto encargado de transmitir el movimiento alternativo. Son conocidos los componentes de posición, velocidad y aceleración, para este punto de mayor interés. Para los restantes puntos de la biela, pueden encontrarse breves referencias aisladas y con significativas simplificaciones.

El objetivo del presente trabajo es encontrar la trayectoria para cualquier punto de la biela, en función del ángulo girado por la manivela en su movimiento circular.

Para ello, comenzaremos definiendo un modelo de estudio, los parámetros de interés y sus relaciones, para luego encontrar una expresión general de la trayectoria y simplificaciones para los casos límite.

Palabras clave: mecanismo, biela, manivela, trayectoria, movimiento.

Abstract

The study of the movement of the connecting rod crank mechanism is of great importance in engineering. In general, the analysis is performed on the small end, which is the point charge of transmitting the reciprocating movement. They are known components of position, velocity and acceleration, to the point of interest. For the remaining points of the rod, they can be isolated and brief references to significant simplifications.

The aim of this work is to find the path to any point of the rod, depending on the angle turned by the handle in its circular motion.

We will start by defining a model study, the parameters of interest and their relationships, and then find a general expression of the path and simplifications for borderline cases.

Keywords: mechanism, rod, crank, path, movement.

1. ESTUDIO DEL MECANISMO BIELA - MANIVELA

1.1 Algunas consideraciones previas

Se define como mecanismo **biela - manivela** a un mecanismo compuesto por dos varillas rígidas vinculadas, capaz de convertir un movimiento rotativo en una traslación, y viceversa, por lo que puede decirse que se trata de un mecanismo **reversible**. En particular, y de amplio uso en ingeniería, la transformación de movimiento rotativo en lineal alternativo, es parte del principio de funcionamiento de los motores de combustión interna.

Denominaremos **manivela** a una barra giratoria que, en un caso general, tiene uno de sus extremos vinculado al punto central de una circunferencia que forma parte del eje de rotación del mecanismo, y el otro extremo que rota solidario a la circunferencia, comúnmente denominado **botón de la manivela**, vinculado a un extremo de una barra que denominaremos **biela**. La distancia entre los puntos extremos de la manivela, es conocida como **brazo de la manivela**.

Por otra parte, la biela es la segunda varilla del mecanismo. Por un extremo se encuentra vinculada a un eje perpendicular al eje de rotación de la manivela, a ese extremo se lo denomina **pie de la biela**. El otro extremo, como se ha mencionado anteriormente, está vinculado al extremo móvil de la manivela, y se lo denomina **cabeza de la biela**, coincidente con el botón de la manivela.

El pie de la biela se desplaza solidario al eje perpendicular al eje de rotación de la manivela, y es el encargado de transmitir el movimiento lineal alternativo.

Un esquema de este mecanismo es presentado a continuación:

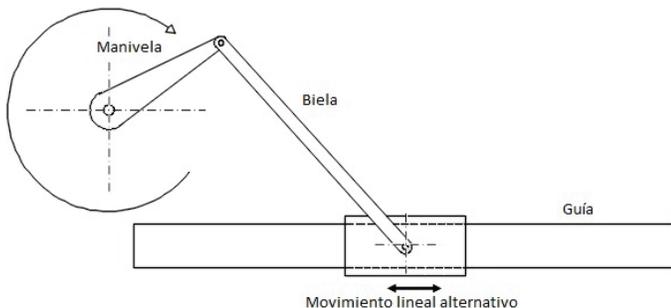


Figura 1: Mecanismo biela - manivela.

1.2 Modelo de estudio

El estudio del movimiento del mecanismo biela - manivela es de gran importancia en ingeniería. En general, el análisis se realiza sobre el pie de la biela, que es el punto encargado de transmitir el movimiento alternativo. Son conocidos los componentes de posición, velocidad y aceleración, para este punto de mayor interés. Para los restantes puntos de la biela, pueden encontrarse breves referencias aisladas y con significativas simplificaciones.

El objetivo del presente trabajo es encontrar la trayectoria para cualquier punto de la biela, en función del ángulo girado por la manivela en su movimiento circular.

Para esto, será necesario definir los parámetros que incorporaremos en nuestro estudio.

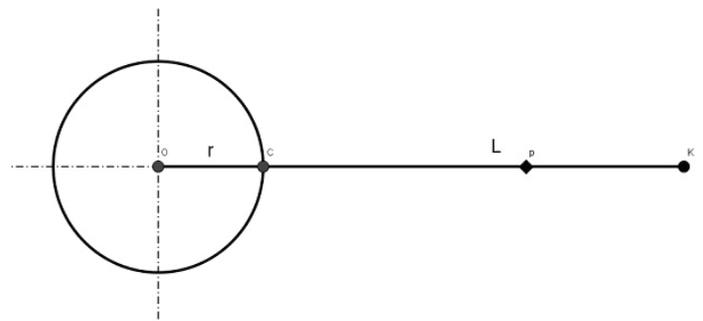


Figura 2: Esquema del mecanismo extendido.

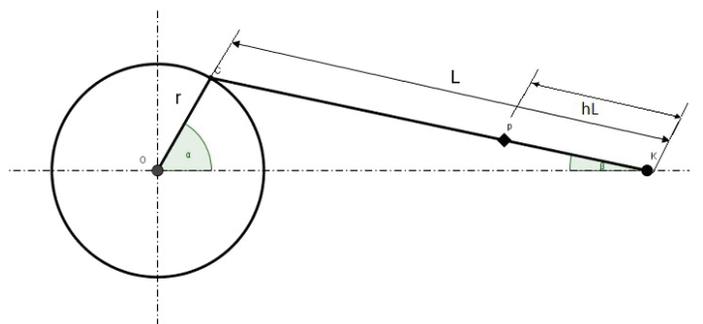


Figura 3: Esquema del mecanismo para un giro α de la manivela.

Donde

r: longitud de la manivela.

L: longitud de la biela.

k: punto correspondiente al pie de la biela.

O: punto del centro de la circunferencia de radio r y origen del sistema de coordenadas (x,y) .

p: punto genérico de la biela.

c : punto correspondiente al botón de la manivela.

α : ángulo de la manivela con respecto al eje horizontal, en sentido horario.

β : ángulo de la biela con respecto al eje horizontal, en sentido antihorario.

Definiremos como:

h : fracción de longitud de L , de forma tal que la longitud del segmento \overline{pk} es $h.L$

En un instante cualquiera, el punto p , tendrá por coordenadas:

$$x_p = r \cdot \cos \alpha + L \cdot \cos \beta - hL \cdot \cos \beta$$

$$\boxed{x_p = r \cdot \cos \alpha + L \cdot \cos \beta (1-h)} \quad (1)$$

Dada la geometría podemos observar que:

$$r \cdot \sin \alpha = L \cdot \sin \beta \Rightarrow \boxed{\sin \beta = \frac{r}{L} \sin \alpha} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1) y reescribiendo

$$\beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2 \alpha}$$

tenemos:

$$\boxed{x_p = r \cdot \cos \alpha + L \cdot (1-h) \cdot \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2 \alpha}} \quad (3)$$

En cuanto a la coordenada y , tenemos:

$$y_p = hL \cdot \sin \beta = hL \cdot \frac{r}{L} \cdot \sin \alpha \Rightarrow \boxed{y_p = h \cdot r \cdot \sin \alpha} \quad (4)$$

Donde (3) y (4) son las ecuaciones paramétricas de la trayectoria de un punto genérico de la biela, a una distancia $h.L$ del pie, en función de la variación del ángulo α .

2. UNA APROXIMACIÓN A LA TRAYECTORIA DE LA BIELA

A continuación, mostraremos que si L es considerablemente mayor que r , podremos describir esas trayectorias, como una familia de elipses de semieje mayor horizontal igual a r , desde los casos límites $h = 0$, en el cual tendremos un segmento de recta, y

$h = 1$, donde tendremos una circunferencia de radio r .

Es importante observar, que para $h = 0$, nos encontramos en el punto correspondiente al pie de la biela que, como indicamos anteriormente, es el encargado de transmitir el movimiento lineal alternativo, y para $h = 1$, nos encontraremos en el punto correspondiente al botón de la manivela, dotado de movimiento circular.

Definiremos $\lambda = \frac{L}{r}$.

Cabe aclarar que también es común encontrar a λ como la relación inversa, pero en este caso nos resulta más conveniente a fines de simplicidad en los cálculos definirla de esta forma. Queda a criterio del lector invertir la relación de ser necesario.

Operando, a partir de la ecuación (3):

$$x_p = r \cdot \cos \alpha + L \cdot (1-h) \cdot \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2 \alpha}$$

$$x_p = r \cdot \left(\cos \alpha + \frac{L}{r} \cdot (1-h) \cdot \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2 \alpha} \right)$$

$$x_p = r \cdot \left(\cos \alpha + \lambda \cdot (1-h) \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\lambda^2} \sin^2 \alpha} \right)$$

$$\boxed{x_p = r \cdot \left(\cos \alpha + (1-h) \cdot \sqrt{\lambda^2 - \sin^2 \alpha} \right)} \quad (5)$$

Si asumimos

$$\lambda \gg 1 \Rightarrow \lambda^2 \gg 1 \Rightarrow \lambda^2 \gg \sin^2 \alpha$$

$$\Rightarrow \sqrt{\lambda^2 - \sin^2 \alpha} \cong \sqrt{\lambda^2} \cong \lambda$$

Si reescribimos (5) con la simplificación anterior, queda:

$$\boxed{x_p = r \cdot \cos \alpha + r(1-h) \cdot \lambda} \quad (6)$$

De la ecuación (4), tenemos:

$$y_p = h \cdot r \cdot \sin \alpha \Rightarrow \boxed{\sin^2 \alpha = \frac{y_p^2}{(h \cdot r)^2}} \quad (7)$$

Reemplazando (7) en (6), y operando:

$$x_p = r \cdot \cos \alpha + r(1-h) \cdot \lambda$$

$$\left(x_p - r(1-h) \cdot \lambda \right)^2 = r^2 \cdot \cos^2 \alpha$$

$$\left(x_p - r(1-h) \cdot \lambda \right)^2 = r^2 \cdot (1 - \sin^2 \alpha)$$

$$\left(x_p - r(1-h) \cdot \lambda \right)^2 = r^2 \cdot \left(1 - \frac{y_p^2}{(h \cdot r)^2} \right)$$

Obtenemos:

$$\frac{(x_p - r(1-h)\lambda)^2}{r^2} + \frac{y_p^2}{(hr)^2} = 1 \quad (8)$$

Que es la ecuación de una familia de elipses de semeje mayor r , coordenada x del centro variable con h y λ , y semeje menor variable con h .

La siguiente es una gráfica de una familia de curvas, con h variable entre 0 y 1, con incrementos de 0,1, y $\lambda = 12$, asumiendo la expresión simplificada (8)

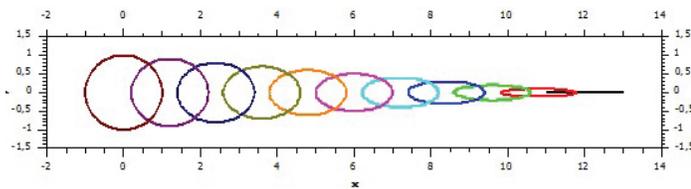


Figura 4: Familia de elipses para la ecuación simplificada de la trayectoria con $\lambda = 12$.

3. CASO PARTICULAR DE TRAYECTORIA NO SIMPLIFICADA

A continuación veremos una gráfica de un caso particular, para las ecuaciones de la trayectoria, donde no se efectuó la simplificación de la sección anterior. En este caso asumimos un valor de $\lambda = 2$ y un punto de la biela con $h = 0.3$. Reescribimos convenientemente las ecuaciones (5) y (4)

$$\frac{x_p}{r} = \cos \alpha + (1-h)\sqrt{\lambda^2 - \sin^2 \alpha} \quad (9)$$

$$\frac{y_p}{r} = h \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

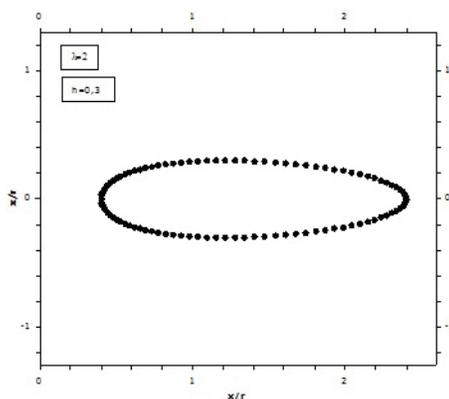


Figura 5: Gráfica de la trayectoria del punto p , para $\lambda = 2$ y $h = 0.3$.

Como podemos observar en la gráfica, para un caso general, la curva de la trayectoria del punto p , se asemeja a la gráfica de una elipse, pero no es exactamente una.

4. ANÁLISIS DE LA TRAYECTORIA PARA $\lambda = 1$

Para este caso particular, tenemos $r = L$, por lo que $\alpha = \beta$. En consecuencia, las ecuaciones generales (1) y (4), pueden ser reescritas:

Operando y sustituyendo (7) en la expresión, obtenemos:

$$x_p = r \cdot \cos \alpha + r(1-h) \cos \alpha$$

$$\begin{cases} x_p = r \cdot \cos \alpha(2-h) \\ y_p = h \cdot r \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

Donde (11) es la expresión para una familia de elipses cen-

$$\frac{x_p}{r \cdot (2-h)} = \cos \alpha \Rightarrow \frac{x_p^2}{(r \cdot (2-h))^2} = 1 - \sin^2 \alpha$$

$$\frac{x_p^2}{(r \cdot (2-h))^2} = 1 - \frac{y_p^2}{(hr)^2} \Rightarrow \frac{x_p^2}{(r \cdot (2-h))^2} + \frac{y_p^2}{(hr)^2} = 1 \quad (11)$$

tradas en el origen de coordenadas y de semiejes variables con h y r . Sin embargo, esta expresión sólo será válida con α entre $-\pi/2$ y $\pi/2$, dado que cuando α varía de $\pi/2$ a $3\pi/2$, la manivela y la biela tendrán posiciones coincidentes, por lo que cualquier punto p de la biela describirá una trayectoria circular de radio h , como podemos observar en la Figura 7.

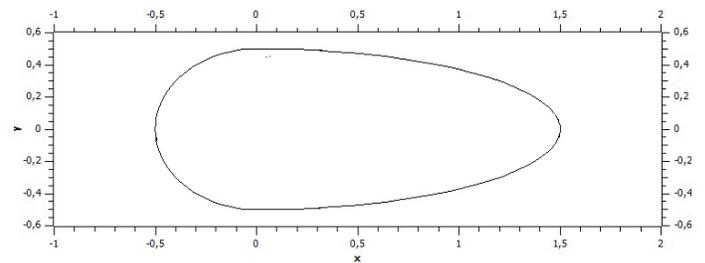


Figura 6: Gráfica de la trayectoria para $\lambda = 1$ y $h = 0.5$.

5. COMPARACIÓN DE LA TRAYECTORIA PARA LAS EXPRESIONES GENERAL Y SIMPLIFICADA

A continuación presentaremos una serie de gráficas en las que podrá observarse, para el mismo valor de $h = 0.5$, la comparación entre pares de curvas para la trayectoria del

punto p , donde una de ellas corresponde a las expresiones generales (4) y (5), y la otra a la ecuación simplificada (8). Esta comparación se hará para una serie de valores de λ .

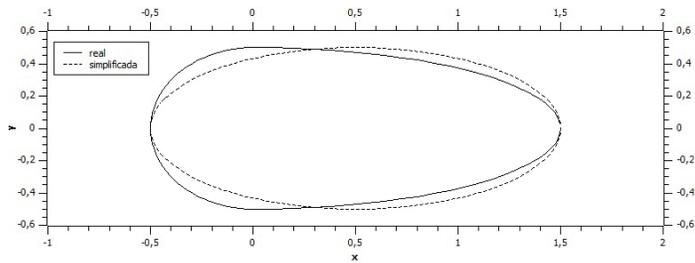


Figura 7: Comparación de trayectorias para $\lambda = 1$ y $h = 0.5$.

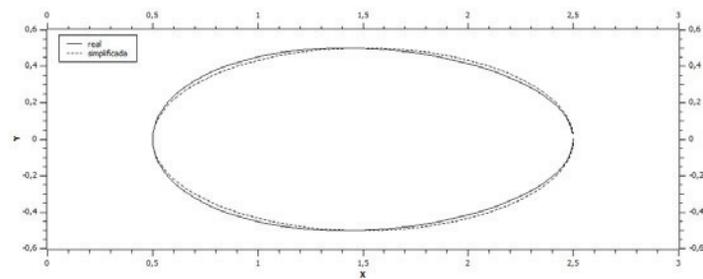


Figura 8: Comparación de trayectorias para $\lambda = 3$ y $h = 0.5$.

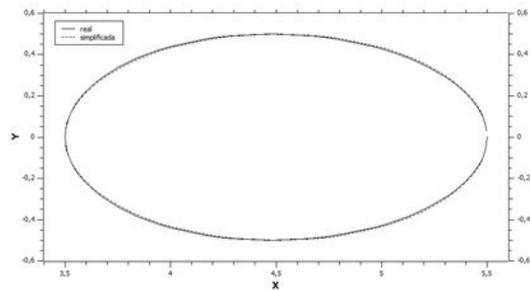


Figura 8: Comparación de trayectorias para $\lambda = 9$ y $h = 0.5$.

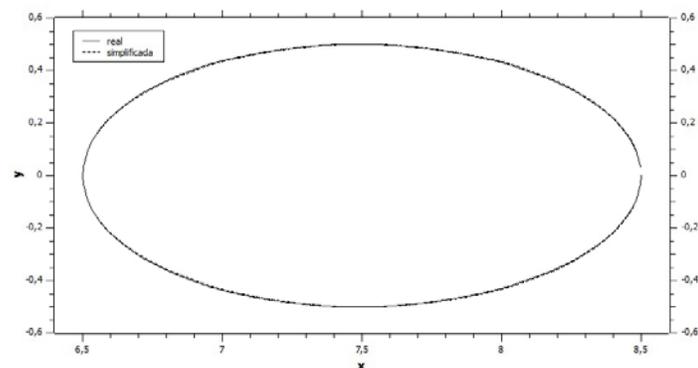


Figura 8: Comparación de trayectorias para $\lambda = 15$ y $h = 0.5$.

Como puede observarse en las gráficas, a medida que aumenta el valor de λ , aumenta significativamente la semejanza entre las curvas general y simplificada, al punto de que para $\lambda = 15$ ya son prácticamente indistinguibles a simple vista. ■

Esp. Mario Di Blasi Regner
 Director de Departamento de Materias Básicas, UTN FRGP.
 Jefe de Cátedra Álgebra y Geometría Analítica UTN FRGP.
 mario.diblas@gmail.com

Ing. María Silvana Ramirez Daneri
 Becaria Maestría en Ciencia y Tecnología de los Materiales,
 Instituto Sábató - CNEA – UNSAM.
 Docente auxiliar Álgebra y Geometría Analítica, UTN FRGP.
 silvanadaneri@yahoo.com.ar





[vc]

investigación | innovación | desarrollo



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional General Pacheco



