



# CREATIVITY, INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP IN ENGINEERING

## CREATIVIDAD, INNOVACIÓN Y EMPRENDEDORISMO EN INGENIERÍA

Osvaldo Spositto<sup>1</sup>, Carlos Lerch<sup>1</sup>, Hernán Mavrommatis<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), La Matanza, Buenos Aires, Argentina

✉ [mavrommatis@unlam.edu.ar](mailto:mavrommatis@unlam.edu.ar)

Received: 25 novembro 2017 / Accepted: 18 janeiro 2018 / Published: 20 junho 2018

### ABSTRACT.

The Ministerial Resolutions regulating the training, profile and activities reserved for engineers establish that graduates must be able to understand, design, implement and manage activities in which knowledge is used for the design and development of products and systems. As well as having sufficient knowledge of basic and applied sciences, available technologies and competent in their projects, with social responsibility and entrepreneurial attitude. To which they add management capacity, leadership and teamwork, that enable them to give innovative answers to the current problems.

Although designing, the paradigmatic activity of engineering linked to creativity, as well as innovating and undertaking change through the projects formulated and executed by engineers, imply certain themes that exceed those of scientific and technical knowledge, these are treated marginally in current careers, where “hard” disciplinary content is prioritized. This is why in this document we enter into three topics that we believe are fundamental in engineering, and therefore in their teaching, such as creativity, innovation and entrepreneurship, generic knowledge transversal to all careers, which we will promote through the creation of a new “Innovation, Creativity and Entrepreneurship Program”.

We end the document with some open questions that we understand should we consider who we have the noble task of contributing to develop the professional skills of the new engineers of the 21st century.

**Keywords:** Creativity, innovation, entrepreneurship, engineering.

### RESUMEN

Las Resoluciones Ministeriales que regulan la formación, el perfil y las actividades reservadas a los ingenieros establecen que los egresados deben ser capaces de entender, diseñar, implementar y gestionar actividades en las que se emplean conocimientos para el diseño y desarrollo de productos y sistemas. Así como que posean suficientes conocimientos de ciencias básicas y aplicadas, de las tecnologías disponibles y que sean competentes en sus proyectos, con responsabilidad social y actitud emprendedora. A lo que adicionan capacidad de gestión, liderazgo y de trabajo en equipo, que los habiliten a dar respuestas innovadoras a las problemáticas actuales.

Pese a que diseñar, -actividad paradigmática de la ingeniería vinculada a la creatividad- así como innovar, y emprender el cambio a través de los proyectos que formulan y ejecutan los ingenieros, implican ciertas temáticas que exceden a las del conocimiento científico-técnico, éstas son tratadas marginalmente en las carreras actuales, donde lo que se priorizan son los contenidos disciplinares “duros”. Es por ello que en el presente documento incursionamos sobre tres temas que creemos resultan fundamentales en ingeniería, y por lo tanto en su enseñanza, tales como la creatividad, la innovación y el emprendedorismo, saberes genéricos transversales a todas las carreras, los cuales fomentaremos mediante la creación de un nuevo “Programa de Innovación, Creatividad y Emprendedorismo”. Finalizamos el documento con algunas preguntas abiertas que entendemos debemos plantearnos quienes tenemos la noble tarea de contribuir a desarrollar las competencias profesionales de los nuevos ingenieros del siglo XXI.

**Palavras-chave:** Creatividad, innovación, emprendedorismo, ingeniería.



## 1 ASPECTOS SOBRE LA TECNOLOGÍA, LA CIENCIA Y LA INGENIERÍA

Algunos agradecen a Prometeo, otros señalan que fue la mezcla de osadía e inexperiencia, o inconsciencia, de los más jóvenes quienes probablemente fueron los que se atrevieron a jugar por primera vez con el fuego. Independientemente de cómo haya sucedido, lo cierto es que el descubrimiento del fuego abrió el camino para que otros más tarde se atrevan a mantenerlo, manipularlo y finalmente busquen como crearlo.

Pero la inteligencia y curiosidad del hombre en la historia remota, involucró una variopinta gama de aspectos, creando también estrategias en grupos para la caza de animales grandes, elaborando herramientas para trabajar la tierra, y acumulando semillas para comenzar a plantarlas de forma sistemática, abriendo así el camino a la agricultura.

Este conjunto de conocimientos que el hombre fue creando, preservando y ordenando - que denominamos técnicas y tecnologías- fueron un emergente de la experiencia. Vemos que desde sus primeras aplicaciones el hombre utiliza la tecnología para modificar su entorno y convertir los elementos de la naturaleza que lo rodea en distintas “cosas” que antes no existían y que le son útiles ya no sólo para sobrevivir individualmente, sino que también para desarrollarse y convivir con otras personas.

La Asociación Americana para el Avance de la Ciencia establece que: “En el sentido más amplio, la tecnología aumenta las posibilidades para cambiar el mundo: cortar, formar o reunir materiales; mover objetos de un lugar a otro; llegar más lejos con las manos, voces y sentidos. El ser humano se sirve de la tecnología para intentar transformar el mundo afín de que se adapte mejor a sus necesidades”. Esta visión, destaca el carácter herramiental de la tecnología, es decir, el de la tecnología como una herramienta que el hombre utiliza para potenciar sus capacidades.

También existe una visión cultural de la tecnología, pensemos en la agricultura, que introdujo nuevos valores a las sociedades cambiando su organización, dado que siendo originalmente nómadas se volvieron sedentarias, asentándose cerca de los ríos y generando plantaciones que les permitían subsistir y proliferar más cómodamente. Este aspecto cultural de la tecnología señala uno de los desafíos actuales más importantes, el que conlleva entender los impactos culturales de introducir una nueva tecnología en una sociedad.



Para complementar esta visión amplia sobre la que reflexionamos, nos remitimos a la etimología de la palabra tecnología. Así, Tatarkiewicz (2002) señala que el término proviene de la voz griega «τέχνη», y significa “Un arte o artesanía, esto es, un conjunto de reglas, un sistema de métodos regulares para fabricar o hacer...”. Cabe aclarar que, en la edad antigua, la concepción de arte resultaba mucho más amplia de la que hoy conocemos, y entre distintas definiciones que menciona el referido autor destacamos la de arte como “cualquier actividad humana consciente”.

Volvamos al fuego, el hombre lo manipuló y utilizó de forma consciente durante mucho tiempo, pero sin conocer qué cosa realmente era. Sabemos que hasta tanto Lavoisier demostró lo contrario en el siglo XVIII, se pensaba que el fuego estaba compuesto de una sustancia llamada “flogisto”, sustentada por la teoría con el mismo nombre.

Podemos comprender entonces que la tecnología, no siempre fue precedida -como es en la actualidad- por el conocimiento del “por qué” de las cosas, es decir, el conocimiento científico. Esto implica que, la tecnología puede incluir conocimientos científicos aunque a veces éstos sean descubiertos y desarrollados posteriormente al uso en la práctica de dicha tecnología.

Entonces, por un lado podemos referirnos a la ciencia, como la búsqueda del “por qué” de las cosas, y entenderla como la actividad propia que desarrollan los científicos. Podemos entenderla también como la acumulación de los conocimientos que éstos desarrollan, es decir, los conocimientos científicos, los cuales son la resultante de su actividad metódica aplicando el método científico en sus investigaciones.

Por otro lado tenemos a la tecnología que, en su sentido más amplio, viene dada por un conjunto de conocimientos de variada índole, inclusive empírica que permiten hacer o fabricar cosas que antes no existían en la naturaleza, creando un mundo artificial repleto de artefactos y artificios.

Ahora que en forma amplia planteamos qué entendemos por ciencia y qué por tecnología vamos referirnos a la ingeniería. Esta es una profesión, que según las definiciones más consensuadas, se dedica a diseñar y dar soluciones a los problemas de la sociedad, empleando para ello las fuerzas y los materiales que nos provee la naturaleza; considerando las restricciones presentes, sean éstas físicas, ambientales, éticas, legales y culturales de dicha sociedad. Emplea en ello, además conocimientos diversos, algunos provenientes de la ciencia, otros de las tecnologías y técnicas varias, e inclusive hasta algunos empíricos, a los que suma conocimientos



distintivos propios de la profesión, que son los que habilitan a los ingenieros a identificar y diagnosticar los problemas de la sociedad diseñándoles una solución.

Y puesto que para dichas soluciones los ingenieros se valen de los elementos de la naturaleza (las fuerzas y los materiales), -cosa que ya hace la especie humana desde su existencia sobre el planeta dando origen a las técnicas que le permiten manipular la naturaleza en su beneficio-. Se puede decir entonces que “no cabe duda de que el comienzo de la ingeniería iría unido indisolublemente a la actividad técnica y como tal existiría desde el comienzo de la humanidad” (LERCH; DE VEDIA, 2013). Pero no se trata en realidad de ingeniería, tal como la conocemos hoy. Desde el comienzo de las ciencias modernas, allá por la época de Descartes, fue la ciencia la que se encargó de descubrir las leyes que rigen el comportamiento de la naturaleza. Existiendo dichas leyes, es necesario que los ingenieros las conozcan, dado que ellas marcan el límite de lo que le es posible realizar. Estos conocimientos en la actualidad son los contenidos disciplinares “duros” que se dictan en las distintas carreras de ingeniería.

Si bien la visión amplia de los conceptos de técnica y tecnología nos sirve para comprender el rol que tuvieron las mismas en la evolución de los artefactos y artificios desde nuestra historia más remota, es justo decir que a los ingenieros de la actualidad les preocupan las tecnologías productivas. En este sentido, resulta necesario citar la definición de tecnología de Sábato (1982) quien fue nuestro maestro, y dice que la tecnología “es el conjunto ordenado de todos los conocimientos usados en la producción, distribución y uso de bienes y servicios. Por lo tanto, cubre no solamente el conocimiento científico y tecnológico obteniendo por investigación y desarrollo, sino también el derivado de experiencias empíricas, habilidades, intuiciones, copia, adaptación, etc”.

Volviendo a la definición de ingeniería, otro aspecto importante que aparece, es el concepto de a qué se dedican los ingenieros. Al respecto, podemos decir que los ingenieros trabajan con problemas complejos, los cuales habitualmente se encuentran mal definidos o de manera incompleta. Más que problemas, se trata de situaciones problemáticas de la vida real, a las que le caben soluciones diversas, condicionadas por los recursos disponibles.

El cocrimiento ingenieril es el que le permite a los ingenieros, diagnosticar los problemas e idear y diseñar soluciones para resolverlos. Soluciones que materializarán luego, a través de la formulación y ejecución de sus proyectos, para dar con éstos efectiva respuesta a los problemas prácticos que se presentan en la sociedad. En las reflexiones finales del presente



trabajo describiremos las acciones que llevará a cabo el Programa, el cual promueve mediante las mismas, el desarrollo del pensamiento ingenieril.

Como surge de los conceptos previos, la ingeniería es una actividad claramente diferenciada de la ciencia. No obstante, existe aún en su enseñanza en nuestro país un predominio de las ciencias básicas y de la matemática, que implícitamente, llevan a pensar que ésta sería “sólo poco más que la mera aplicación de las ciencias exactas y naturales a la solución de problemas de la realidad práctica”, es decir centrada en los conocimientos “duros”. Pero ese no sería un problema sólo de nuestro país, sino que en otros países, se piensa que quizá el no exhibir y difundir claramente en todas sus dimensiones el conocimiento ingenieril, sea una de las causas por lo que no resulta atractivo estudiar ingeniería.

Por ejemplo, en Estados Unidos, la NAE (National Academy of Engineering) ha planteado estrategias diversas para hacer convocante este tipo de carreras a los jóvenes, y en particular a los del sexo femenino, que son los más críticos hacia lo que en éstas se enseña. Señalan que esto se debería a que los programas de ingeniería están focalizados en el aprendizaje de las ciencias y la matemática, mientras que se minimiza el desarrollo tanto de las habilidades de los ingenieros en su accionar, como de su forma de pensar, y además no se desarrolla la creatividad, la cual facilita el diseño de soluciones que deben aportar los ingenieros.

Un intento para cambiar esta visión, -que la ingeniería no sería otra cosa que aplicar la ciencia para resolver problemas- lo que contribuiría a desalentar a los jóvenes a estudiarla, es el modelo propuesto por A. Figueiredo (2008) el cual concibe a la ingeniería abarcando cuatro dimensiones interconectadas, que contempla además de esta visión, tres dimensiones más.

Una dimensión inspirada por las “ciencias básicas”, es decir la visión anterior de “la simple aplicación de las ciencias exactas y naturales”, lo que la deja relacionada con la lógica y el rigor, y al conocimiento ingenieril con el análisis y la experimentación.

La dimensión “social”, que ve en cambio a los ingenieros no sólo como tecnólogos, sino también como “expertos sociales”, dado que se focalizan en solucionar los problemas de la sociedad, y lo hacen integrando equipos complejos con diversidad de participantes. La creación de valor económico social, y dar satisfacción a los usuarios de sus soluciones, se destacan como los valores en esta dimensión.

La dimensión de “diseño”, que percibe a la ingeniería como “el arte de diseñar”, destacando el pensamiento sintético, por sobre el analítico que caracteriza la ciencia. Entre los



valores de esta dimensión, se destacan la negociación y la opción entre alternativas; en las que se recurre a menudo a formas no científicas de pensamiento, y a decisiones claves basadas en un conocimiento incompleto y en la intuición.

La cuarta y última dimensión es la que concibe a la ingeniería como “el arte de concretar las cosas”, valorando la capacidad para modificar el mundo, enfrentando la complejidad con flexibilidad y perseverancia. Se corresponde con la capacidad del homo faber, donde la obra terminada es lo que lleva al mayor reconocimiento. En el apartado sobre creatividad relacionaremos conceptos de esta dimensión y los utilizaremos como fundamento de la importancia de la creatividad en la enseñanza de la ingeniería.

## 2 PROBLEMAS PRÁCTICOS CONTEXTUALIZADOS Y EJERCICIOS MÉCANICOS

Hasta aquí, vimos como las primeras técnicas emergieron de la experiencia formando un conjunto de conocimientos que aquellos humanos de la historia remota usaron primeramente para subsistir y luego para desarrollarse en sociedad empleando a los recursos de la naturaleza en la creación de artefactos y artificios.

Diferenciamos estos conocimientos del conocimiento científico, aquel que generan los hombres de ciencia quienes se preocupan por conocer la verdad de las cosas, y encontrar los “por qué”, y “porque las cosas son como son”. Científicos que se diferencian de los ingenieros, quienes poseen una profesión pragmática y que se preocupan en atender los problemas de la sociedad, valiéndose, del conocimiento de las tecnologías, de la ciencia, y de la experiencia propia de la práctica de la profesión.

Mencionamos también que esos problemas, más que problemas, son en realidad situaciones problemáticas que resultaban complejas, y que aparecían definidas de modo incompleto o hasta mal definidas.

La idea de este apartado es describir qué tipo de problemas resuelven los ingenieros, y compararlos con los tipos de problemas a los que se enfrentan los estudiantes de ingeniería en su formación. Para ello, vamos a dividir a los problemas en ingeniería en dos grandes grupos, por un lado, tenemos los problemas que solucionamos aportando nuevos productos y servicios ingenieriles que dan respuesta a las demandas de la sociedad, cuyas características ya hemos mencionado: problemas complejos, abiertos, parcialmente definidos y hasta a veces mal



definidos. Por otro lado, tenemos los problemas que solucionamos optimizando los procesos productivos requeridos para fabricar masivamente los productos y servicios ingenieriles a los que hacíamos referencia, y que son los que finalmente satisfacen las demandas de la sociedad.

Los problemas del primer grupo suelen tener más de una solución, la cual viene dada por el diseño de nuevos productos, procesos y servicios de ingeniería. Los problemas del segundo grupo se basan en encontrar diseños de procesos productivos más eficaces y eficientes, mejorando los actuales. En este segundo grupo los problemas se encuentran contenidos dentro de un sistema de ingeniería ya existente. Es evidente que para ambos grupos de problemas existe un contexto, el cual impone ciertas restricciones que debemos cumplir para que las soluciones propuestas sean apropiadas.

Pero hasta aquí hemos tenido en cuenta solo el aspecto técnico del problema, es decir, diseñamos un nuevo producto o servicio para el primer caso, y diseñamos para el segundo caso una mejora de un producto o proceso productivo. Pero esto no nos asegura nada, puesto que si por ejemplo, en el primer caso el producto ingenieril es una planta hidroeléctrica para la generación de energía y no nos ocupamos de su implementación, operación y mantenimiento no estamos dando una respuesta apropiada a la sociedad. Lo mismo ocurre con la mejora del proceso productivo, si nos olvidamos de la implementación, ejecución (operación), y sustento (mantenimiento) dicha mejora no representará una optimización del real del proceso productivo apropiada a la circunstancia.

Resulta imposible pensar que en este escenario los ingenieros nos olvidemos cosas semejantes tales como la implementación, operación y mantenimiento. Además, dadas las características del contexto, en donde se plantean dichas soluciones, ya sea en la sociedad o en las organizaciones industriales, es el mismo contexto el que obliga a diseñar soluciones que sean verdaderas propuestas innovadoras. Es decir que superen lo problemático existente, y que las mismas sean adoptadas, bien por la sociedad, o bien por la organización industrial.

Buscando ejemplos reales para mostrar el primer grupo de problema definido, tomamos por caso el autobús de transito elevado, una solución conceptual revelada en la exposición China Beijing International High-Tech el mes de mayo del corriente, la cual, según indica CNN (2016) fue desarrollada por la empresa TEB Technology Development Company. Este diseño ingenieril pretende ser la solución apropiada a un problema complejo actual de más de una sociedad como lo es el problema del transporte público.



Pero en esta solución compuesta por un autobús elevado que circula sobre rieles y que posee la capacidad de transportar 300 pasajeros por carro, resulta evidente que deben considerarse los aspectos de implementación, operación y mantenimiento para que la solución técnica represente una innovación. Seguramente deberá competir en costos con otros medios de transporte público y el diseño de la infraestructura vial que lo contenga deberá brindar las condiciones de seguridad mínima para evitar accidentes con otros vehículos y/o peatones. En el ejemplo, aparece la necesidad de tener en cuenta la contextualización de la solución, la que viene dada entre otros, por la infraestructura vial para que dicho autobús elevado pueda circular con seguridad, los sistemas de control y señalización para su operación, así como también las tareas preventivas y correctivas para el mantenimiento de todo el sistema en su conjunto. Estos últimos representan aspectos del problema que debemos considerar para que represente una verdadera solución ingenieril.

Tanto para las demandas de las sociedades como para las organizaciones industriales el contexto está dado y es evidente. No obstante, en las universidades muchas veces, los problemas que se les plantean a los estudiantes de ingeniería no se encuentran contextualizados. Esto provoca que los desafíos que implican los problemas del primer grupo sean menos frecuentes, por no decir inexistentes, y que los problemas del segundo grupo, es decir los que atañen al proceso productivo, sólo se enfoquen en el aspecto técnico de la solución y no, en tratar que la solución sea realmente apropiada para el contexto en el cual se la propone, y que ésta represente una innovación.

Pongamos por caso el planteo de un problema de gestión de la calidad en una organización industrial cualquiera. Para desarrollar dicho concepto bajo norma ISO 9001, seguramente destacaremos los problemas que llevan no poseer procesos formales debidamente registrados que aseguren la calidad, estudiaremos los aspectos técnicos de la normativa, fundamentaremos los conceptos teóricos en lo que dicha norma se basa para realizar las distintas recomendaciones, y demás cuestiones por el estilo.

Difícilmente vayamos a tomar en cuenta las consideraciones del contexto organizacional para que las recomendaciones de la norma se puedan, implementar y ejecutar por toda la organización. Un ejemplo de esto lo brinda J. Vesga (2013) cuando refiriéndose a la cultura organizacional dice "...uno de los aspectos que describen una cultura es la dificultad de los empleados para trabajar en equipo entre las diferentes unidades y la organización. Se propone la puesta en marcha de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001, el cual implica concebir y actuar en la organización desde la perspectiva de procesos



transversales a las distintas unidades; uno de los requisitos indispensables para el éxito de la estrategia es el trabajo en equipo entre las unidades. En este caso, una parte del plan de gestión de la cultura organizacional debe dirigirse a superar esta debilidad generando estrategias encaminadas a desarrollar un aprendizaje organizacional orientado al trabajo en equipo y a la coordinación entre las distintas unidades organizacionales”.

De este tipo de estrategias es de las que no solemos hablar en nuestras clases, por lo que los estudiantes de ingeniería se quedan solamente con conocimientos teóricos, los cuales son más parecidos a los “por qué” que siempre buscan los científicos. En lugar de adquirir conocimientos y habilidades prácticas que le permitan diseñar soluciones contextualizadas como las vistas en este caso.

Estos dos últimos ejemplos puntuales resultan insuficientes para mostrar cómo son en realidad los problemas que le presentamos a nuestros estudiantes de ingeniería, por lo que vamos a brindar descripciones conceptuales ayudados por Polya (1965) quien también realiza una clasificación de problemas en dos grandes grupos, los “problemas por resolver” y “los problemas por demostrar”.

A su vez dentro de los “problemas por resolver”, el autor los divide en dos subgrupos distintos “problemas de rutina”, y “problemas prácticos”. Sobre los primeros vemos que se basan en resoluciones repetidas del mismo tipo de problemas en donde los estudiantes “...no tendrán oportunidad de recurrir ni a su juicio ni a sus facultades inventivas”. Por el contrario, los problemas prácticos poseen una cantidad considerable de incógnitas y también de condiciones, que hacen las veces de restricciones que deberemos cumplir. Asimismo, la cantidad de datos necesarios para resolver este tipo de problemas es relevante. En consecuencia, en estos problemas prácticos “...las incógnitas, los datos y las condiciones son más complejas y están definidas con menor calidad...”, este tipo de problemas es el que más nos interesa para la formación de ingenieros, puesto que para resolverlos no alcanza con haber resuelto problemas similares, o conocer la mecánica de resolución general de un tipo de problema, como sucede en el caso de los problemas rutinarios. Veremos más adelante que el Programa promueve que los estudiantes trabajen con este tipo de problemas.

Esta distinción, que muchas veces no hacemos explícita entre problemas rutinarios en donde queda poco para el juicio y la inventiva de los estudiantes, en contraposición a los problemas prácticos, los cuales poseen condiciones a cumplir que son las que generalmente



impone el contexto en donde están inmersos, pone de manifiesto una diferencia importante que debemos tener siempre presente, y que es la que diferencia a los ejercicios de los problemas.

No es que estemos en contra de los ejercicios, estos sirven para realizar la tan necesaria práctica de las “partes difíciles” pero no debemos limitarlos a lo mecánico, tal como señala D. Perkins (2010) cuando habla sobre la importancia de esas partes difíciles en su aprendizaje del piano. El autor señala que el aprovechamiento de la práctica no se basa únicamente en repetir es partes, sino que también “...implica deconstruirlas y construirlas de modo que se ejecuten de una forma distinta y más cabal [...]” también aprendí que trabajar sobre las partes difíciles no significa esperar que aparezcan. Existen formas de trabajar sobre ellas por anticipado. Un método consiste en practicar las escalas y los arpegios, preparándose para los fragmentos de los mismos que aparecen en muchas composiciones completas...”, esto último, no es otra cosa que conocer el contexto, en este caso, las composiciones completas.

Lo que mencionamos anteriormente se encuentra alineado con la metáfora de “jugar el juego completo” que usa el autor, es decir, introducir al estudiante dentro de un contexto profesional (aunque sea en una versión simplificada) en donde nos aseguremos que lo que terminan haciendo los estudiantes de ingeniería “...no se trata de una rutina sino que requiere pensar; no se trata solo de resolver problemas, sino que implica encontrar problemas; no se trata solo de respuestas concretas sino que implica la explicación y la justificación; no se está desprovisto de emociones, sino que estimula la curiosidad, el descubrimiento, la creatividad, la camaradería; [lo que] no ocurre en el vacío sino que implica métodos, propósitos y formas de la prácticas de la disciplina u otras prácticas dentro de un contexto social”. Acá aparecen conceptos alineados con lo que venimos desarrollando y que resaltan la importancia: de no mecanizar la resolución de problemas, de la utilización del juicio propio para la explicación y justificación, de desarrollar la curiosidad el descubrimiento y la creatividad, y por último de la importancia de poner en contexto los problemas, mostrando que las respuestas teóricas que se brindan en un vacío carente de propósitos, no representan soluciones a problemas prácticos de la vida real, esos que ocupan a los ingenieros y que el Programa promueve.

Además, el trabajo con problemas prácticos contextualizados para los estudiantes de ingeniería, brindaría la posibilidad de integrar los conocimientos de las distintas disciplinas que los estudiantes ven en nuestras carreras, a través de los muy diversos compartimentos estancos llamados asignaturas. Las asignaturas son visiones fragmentarias de la realidad que es una totalidad continua tal como lo afirma D. Bohm (2008) “Mas bien debería decirse que es la



totalidad lo que es real, y que la fragmentación es la respuesta de esta totalidad a la acción del hombre, guiado por una percepción ilusoria y deformado por un pensamiento fragmentario”.

Será nuestra tarea entonces mostrar de modo incansable que, las divisiones para estudiar al mundo representan estrategias que sirven para analizar separadamente la complejidad de la realidad, pero que de ninguna manera, la realidad se comporta como la interacción de muchas disciplinas separadas, dado que estas últimas corresponden a una entelequia para estudiar la realidad pero que no son la realidad. En virtud de esto, mencionaremos en el último apartado dos actividades que contribuyen en este sentido tales como “Expo Proyecto” y el “Rally Latinoamericano de Innovación”, las cuales promueve el Programa mediante diversas acciones como por ejemplo el dictado de talleres de pensamiento creativo.

### 3 LA IMPORTANCIA DE LA CREATIVIDAD, EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

En la “Carta a un joven que cursa el ciclo secundario y aspira a ser ingeniero pero no se atreve porque no es bueno en matemática” el Ing. A. Bignoli (2008) habla sobre la formación de ideas a partir de la percepción de la realidad que nos rodea, y señala que los ingenieros “cosificamos ideas”, es decir, transformamos ideas en cosas reales, -algo parecido cuando recordábamos la definición de la etimología de tecnología- en donde aparecía el concepto de hacer y fabricar, a los cuales Bignoli hace referencia diciendo que “...la ingeniería no es ciencia, sino arte de hacer...”. Conceptos similares aparecían también en la cuarta dimensión de la ingeniería “el arte de concretar las cosas”, y otra vez aparecía el homo faber. Todos estos conceptos se encuentran íntimamente relacionados con la creatividad.

No obstante, es difícil visualizar el valor de la creatividad, dado que existen alrededor de ella muchos mitos, entre ellos, el creer que las personas creativas solamente son ideadores, generadores de ideas originales y que esta función nada tiene que ver con plasmar esas ideas en la práctica. Esto último es un mito, tal como señala en reiteradas oportunidades E. Kastika “la creatividad requiere que las ideas se plasmen en la práctica de alguna manera”, en función de cuál sea la disciplina en la que estemos creando. Por ejemplo, los pintores plasman su creatividad en la pintura, los cantantes en sus canciones, y los ingenieros en el diseño de soluciones a problemas de la sociedad y de los procesos productivos. Lo que no significa menospreciar la generación de ideas, la cual resulta ser una etapa muy importante del proceso creativo.



El mismo autor señala que una definición consensuada para la creatividad es la capacidad de brindar “aportes nuevos que además son valiosos”. Estas dos condiciones, la de nuevo y la de valioso, son las que tienen que cumplir las soluciones que diseñan los ingenieros para que sean adoptadas por la sociedad. Diseñar soluciones a través de procesos creativos aumenta la probabilidad de que estos diseños representen aportes nuevos y valiosos.

El filósofo A. Koestler redujo el modelo del proceso creativo a una mínima expresión de tres fases (ESTRADA, 1985). De modo tal que previo a la generación de ideas (fase intuitiva), se le suma una fase que es la percepción de la realidad (fase lógica), y se completa el proceso con una etapa de evaluación (fase crítica) posterior a la generación de ideas, en donde las ideas generadas convergen y se valoran para poder llevarlas a la práctica.

Para cada una de las fases del proceso creativo existen diversas técnicas que aumentan las probabilidades de obtener los resultados deseados en cada una de estas fases. Nosotros vamos a ocuparnos de mostrar la importancia de las primeras dos fases que son las que consideramos muy útiles en la resolución de problemas reales, y que se dejan muy de lado en la enseñanza de la ingeniería.

En primer lugar, tenemos la fase lógica en donde, volvemos al concepto que mencionaba Bignoli el de la percepción de la realidad, encontramos apropiado para esta fase lógica, el concepto de lógica fluida de E. De Bono (1996), que, a diferencia de la lógica rígida, -que es como denomina dicho autor a la lógica habitual que usamos por ejemplo para estudiar matemática, la lógica del “es” o “no es”-, y que la compara con el carácter estático de una piedra. La lógica fluida “...se fundamenta en el «hacia» ¿hacia dónde fluye?, ¿hacia dónde conduce?, ¿hacia dónde señala?”, la cual compara con el carácter fluido del agua. Esta lógica fluida evita el uso de las categorizaciones y la exclusión mutua de la lógica rígida y permite desarrollar un pensamiento en paralelo para la aceptación, combinación o alternancia de ideas opuestas. Un concepto similar también es desarrollado por L. Hill et al (2014) llamado “Creative resolution” en donde partiendo de dos ideas, en lugar de elegir una u otra (excluyendo alguna de ellas) se elabora una tercera y nueva idea superior a las dos anteriores.

Al poner en evidencia nuestras percepciones podemos comprender cómo juegan en la compresión de la realidad, en nuestro caso, las distintas demandas de la sociedad. Ignorar nuestras percepciones restringe las posibilidades de encontrar distintos enfoques a los problemas que nos enfrentamos, dificultando además encontrar alternativas para el diseño de soluciones apropiadas, y mecanizando nuestras respuestas. En otras palabras, estamos sesgados



y por ende tenemos una visión tubular de la realidad. Esto último lejos de ayudar a generar aportes nuevos y valiosos tiende a generar siempre el mismo tipo de respuestas.

Para la segunda fase del proceso creativo, la generación de las ideas, existen además de un variado conjunto de técnicas, una serie de conceptos que sirven para comprender en dónde debemos hacer hincapié si queremos desarrollar el pensamiento creativo en los estudiantes de ingeniería. Mencionaremos algunos de estos conceptos que el autor E. Kastika destaca en su libro “Desorganización creativa organización innovadora” (2001), y que sirven para mostrar la importancia de la creatividad en la resolución de problemas a los que se enfrentan los ingenieros.

El primero de los conceptos que mencionamos cuando hablábamos de la lógica fluida, es justamente la fluidez. En este caso la fluidez representa la cantidad de respuestas que podemos brindar ante una consigna, es decir, la cantidad de ideas que generamos. Nuestras primeras respuestas siempre son las más comunes, si queremos encontrar ideas nuevas, debemos generar muchas de ellas.

El segundo concepto es la flexibilidad, y representa los distintos enfoques con los que podemos abordar un problema. Cuando somos flexibles podemos generar un abanico de ideas que representan las alternativas posibles para plantear más de una solución. La conocida anécdota que contaba E. Rutherford de medir la altura de un edificio con un barómetro, es un excelente ejemplo de los distintos enfoques se abren cuando desarrollamos nuestra flexibilidad a la hora de solucionar problemas.

El tercer concepto es la originalidad de las ideas, la originalidad depende del contexto, si nuestro problema no está contextualizado no podemos saber si nuestra solución es original. Para poder plasmar las ideas en la realidad, nosotros tenemos que creer genuinamente que nuestra idea es original y abrirnos camino hacia la concreción de la idea. La originalidad está relacionada con el concepto de novedad de la creatividad. Recordemos que el proceso creativo no termina en la generación de ideas, sino que requería que “cosifiquemos” las ideas, para hablar en los términos de Bignoli.

El siguiente concepto que queremos destacar es la elaboración de las ideas, en general en la fase de generación de ideas, éstas están poco o nada elaboradas y difícilmente se puedan llevar a la práctica formuladas en esta primera instancia, es por esto que antes de descartarlas debemos comprender si la idea tiene potencial y trabajar en su elaboración.



Por último, tenemos el concepto de orientación al objetivo, cuando generamos ideas tenemos que tener siempre un propósito, la consigna sirve para generar ideas en torno a dicho propósito con lo que, si bien se busca la divergencia, esto no quiere decir que podamos generar ideas que no tengan absolutamente nada que ver con la consigna. La orientación al objetivo está relacionada con el concepto de valor de la creatividad.

En general los estudiantes de ingeniería responden de forma automática a los problemas, salteándose estas primeras dos fases antes desarrolladas. Solo buscan clasificar el problema en una categoría ya conocida y una vez clasificado darle la solución correspondiente a dicha categoría, esto solo sirve para resolver problemas rutinarios, pero en nada ayuda a resolver problemas reales. Pretendemos cambiar esta respuesta automática de los estudiantes con las distintas actividades que desarrolle el Programa.

#### **4 LA INNOVACIÓN, TEMA A TRATAR EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA**

Cuando damos a los estudiantes de ingeniería problemas elementales ya definidos para resolver, que más que problemas resultan ser ejercicios, forzamos a que solamente se concentren en el algoritmo a aplicar en la solución técnica. Esto está bien para entrenarlos en el uso de conocimientos técnicos básicos que deben manejar, pero deja muy poco al entrenamiento del pensamiento ingenieril en cuanto a los aspectos de diseño, implementación, operación y mantenimiento que complementan a las soluciones técnicas encontradas para dichos problemas elementales.

Así como debimos hacer una diferencia entre problemas prácticos contextualizados y ejercicios, ahora debemos diferenciar las soluciones estrictamente técnicas (dadas en el vacío) de las soluciones innovadoras. Dado que estas últimas son las que frecuentemente se dejan de lado, vamos a mencionar distintas metodologías que permiten, a quienes las utilizan, diseñar soluciones innovadoras. Es decir, en aquellas que deben ser adoptadas en una sociedad o en una organización, y que contienen la solución técnica pero que de ninguna manera se limitan a ésta. En este tipo de metodologías siempre está presente el contexto del problema.

Tal como lo indica la guía introductoria del instituto de diseño de la universidad de Stanford (2012), el Design Thinking es una metodología basada en un modelo de proceso creativo de cinco etapas. Esta metodología requiere que se tenga en consideración además de la factibilidad técnica y la viabilidad económica, el hecho de satisfacer el deseo de las personas



para quienes estamos diseñando la solución. Es decir, cubrir una necesidad real que asegure la adopción de la solución convirtiéndola de esta manera en innovadora.

Existen también, estrategias pedagógicas ampliamente adoptadas por diversos países del mundo que contribuyen en el mismo sentido que lo hace el proceso de Design Thinking. Dichas estrategias permiten también que los estudiantes vean los conocimientos que se imparten de un modo integrado y no en compartimentos estancos a los que nos referíamos.

Una de estas estrategias es la llamada STEM, acrónimo en inglés que agrupa los términos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática. H. Bochs et al (2011), señalan que dentro de este paradigma “Se requiere que los jóvenes adquieran una preparación integrada e interdisciplinaria de ciencias y matemática, particularmente para entender problemas complejos de ingeniería...”, tal como venimos señalando esta estrategia o paradigma de enseñanza se basa en una visión integral de las disciplinas que utiliza la ingeniería y se apoya en la experimentación en la cual “...es preciso utilizar las tecnologías y metodologías actuales, que se emplean en la industria y en los laboratorios de investigación, basados fundamentalmente en el uso de sistemas de adquisición, procesamiento y representación de la información”, es decir trabajar con elementos del contexto profesional.

Como vemos esta estrategia posee un carácter integrado, eminentemente práctico y que considera la complejidad de los problemas de ingeniería, en donde se valoran las actividades en contextos no áulicos que resultan más parecidos a los reales “El entrenamiento debe basarse sobre talleres sistemáticos y extensos para que se adquiera la práctica de la experimentación con recursos educativos específicamente desarrollados”, esta especial atención en el desarrollo de recursos educativos, debe estar centrada en aspectos más cercanos a la praxis real del ingeniero que a la repetición automática de experiencias guiadas. El Programa fomentará la participación en ámbitos contextualizados no áulicos.

Alineados con los conceptos sobre los cuales se basa el proceso de Design Thinking y la estrategia de STEM, anteriormente descriptos, se encuentra el modelo CDIO, acrónimo que significa, Concebir, Diseñar, Implementar y Operar, todas estas resultan ser acciones que, como mencionábamos, son dejadas de lado cuando los estudiantes de ingeniería resuelven problemas rutinarios, como muchos de los que se plantean en nuestras carreras.

Tal como se describe en el sitio web oficial (2018) CDIO surgió en base a las demandas que el mercado requería sobre el perfil que deberían tener los ingenieros egresados, en dicho sitio como ejemplo señala a “los atributos de los ingenieros deseables por Boeing”.



De esta manera en el año 2001 surgió la primera versión del syllabus con una lista de rúbricas, en el 2010 se definió la segunda versión del syllabus y se definió la versión 2.0 de los estándares CDIO. En dicho estándar, se describe en qué se basa un programa CDIO “...se basa en el principio de que el desarrollo y la utilización de productos, procesos y sistemas constituyen el contexto apropiado para la formación en ingeniería. Concebir-Diseñar-Implementar-Operar es un modelo del ciclo vital completo del producto, proceso o sistema. La etapa Concebir comprende definir las necesidades del cliente; considerar la tecnología, la estrategia empresarial y las regulaciones; y, por último, desarrollar el plan conceptual, el plan técnico y el plan de negocio. La etapa Diseñar se centra en la creación del diseño, esto es, los planos, representaciones y algoritmos que describen lo que será después implementado. La etapa Implementar se refiere a la transformación del diseño en el producto, proceso o sistema, incluyendo su manufactura, codificación, testeo y validación. Y la última etapa, Operar, se refiere a la utilización el producto o proceso implementado para entregar el resultado esperado; esta etapa incluye el mantenimiento, el perfeccionamiento y el retiro final del sistema”.

Tanto el Design Thinking como el STEM y el CDIO, son distintas alternativas de las cuales nos podemos valer para incorporar el tema de la innovación en la enseñanza de la ingeniería, puesto que muestran la importancia de centrarse en brindar soluciones innovadoras, en lugar de quedarse solo con resolver el problema técnico, entendemos que el Programa es un instrumento apropiado para fomentar y apoyar la incorporación de estas alternativas.

## 5 PROMOVER EL ESPÍRITU EMPRENDEDOR, EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Luego de destacar la importancia de la creatividad y la innovación en la enseñanza de la ingeniería, nos interesa reflexionar respecto de en qué forma promocionamos, sí es que lo hacemos, el emprendedorismo en la enseñanza de la ingeniería.

Existen en muchas carreras asignaturas que tratan el tema, y aunque no en todas, algunas lo hacen desarrollando principalmente conceptos teóricos relacionados con el emprendedorismo, caracterizando a los emprendedores y a sus emprendimientos, conceptos tales como podemos encontrar en “*Creatividad para emprendedores*” de E. Kastika (2007) en donde se aborda la temática describiendo cuestiones tales como, las “*actitudes para emprender*”, los “*componentes del emprendimiento*”, el “*entorno emprendedor*” y los “*modelos*



de emprendedores”, estas cuestiones, si bien son resultado de anécdotas e ideas prácticas para los estudiantes no dejan de ser conceptualizaciones de una experiencia que ellos no tuvieron.

Otros enfoques que también resultan interesantes sobre la temática, son los que aparecen en “*El libro negro del emprendedor*” de F. Trías de Bes (2007) el cual se basa en una recopilación de lo que el autor llama “*Factores Claves de Fracaso*” agrupados en relación a los “*las personas que emprenden*”, “*los socios*”, “*la idea de negocio*”, “*la situación familiar del emprendedor*” y “*la gestión del crecimiento*”, entre los que se encuentran por ejemplo “*Emprender con motivo, pero sin una motivación*”, “*Escoger socios sin definir criterios de elección relevantes*”, “*Pensar que la idea depende del éxito*”, “*Emprender sin asumir el impacto que tendrá sobre nuestro equilibrio vital*”, y “*Crear modelos de negocio que no dan beneficios rápidamente y de modo sostenible*”. Estas visiones, al igual que en el caso anterior son extraídas de experiencias reales, puntualmente en este último caso, extraídas de entrevistas a emprendedores que tuvieron varios fracasos.

Estas visiones se pueden interpretar como conceptualizaciones de experiencias ajenas, que en el mejor de los casos, los estudiantes de ingeniería pueden tomar como recomendaciones a tener en cuenta, pero que no desarrollan necesariamente competencias de emprendedores.

Una situación similar sucede cuando describimos las herramientas que en general suelen usar los emprendedores para diseñar y ordenar sus actividades dentro de un modelo de negocio tal como *Canvas* desarrollado por A. Osterwalder (2013), en el cual, mediante nueve bloques conceptuales se internacionalizan las distintas actividades y consideraciones que deben tener en cuenta los emprendedores en su negocio.

Describimos estas herramientas con ejemplos teóricos o prácticos pero que, en general, no pertenecen al espacio de experiencias propias de los estudiantes. Dentro de esta categoría de conceptualizaciones de experiencias ajenas también caen los instrumentos financieros y los distintos programas de capital semilla e incubadoras que se ofrecen desde el Estado.

Entonces en nuestro rol de formadores de ingenieros, debemos tomar conciencia de que las conceptualizaciones antes mencionadas si bien resultan útiles y son necesarias, ellas tratan “acerca del emprendedorismo”, pero “no promueven el espíritu emprendedor” necesariamente, si es que ello fuera posible.

Sabemos que de ninguna manera ellas son suficientes para desarrollar las competencias de emprendedorismo entre los estudiantes. Aunque sirvan para interesarlos en el tema, puesto que tal como lo señala S. Bilinkis (2015) (quien figura en el ranking de la revista Inc., Edición



Cono Sur de los 50 emprendedores más influyentes de la Argentina), una de las cualidades de los emprendedores es su carácter eminentemente pragmático.

Bilinkis describe el pensar y actuar de los emprendedores mediante una analogía que conceptualmente reza de la siguiente manera -supongamos que tenemos un pato de hule y queremos saber si éste flota o se hunde cuando lo arrojamos al agua, las “*personas comunes*” probablemente realicen suposiciones teóricas al respecto diciendo que los patos de hule son huecos y que dado que contienen aire en ese hueco flotarán, otros dirán que también existen los patos de hule macizos y que en realidad al ser más pesados que el agua irremediablemente se hundirán y así siguen las discusiones teóricas de modo indeterminado-. En cambio, los emprendedores, señala Bilinkis, inmediatamente arrojan el pato de hule al agua y observan qué pasa, lo que ejemplifica el carácter eminentemente pragmático de los emprendedores, al que referíamos anteriormente.

Debemos aclarar que esta analogía se adapta muy bien a las posibilidades de los llamados “*emprendimientos de alto impacto*” y de rápido crecimiento, los cuales se desarrollan a través de plataformas digitales sobre las cuales resulta más fácil “*arrojar el pato de hule al agua y ver si flota*”.

Para los “*emprendimientos del tipo productivo*”, los cuales a diferencia de utilizar una plataforma digital se desarrollan en el seno del sector productivo la cosa cambia radicalmente. Con lo que no solamente no resulta tan fácil “*arrojar el pato de hule al agua y ver si flota*”, sino que también dichos emprendimientos resultan menos atractivos para los inversores que buscan alta y rápida rentabilidad como la que es propia de los emprendimientos de alto impacto de los entornos digitales, muy desarrollados actualmente alrededor del *e-commerce*, sea aplicado a bienes o a servicios.

Debido a esto último cada vez que intentemos enseñar algo sobre emprendimientos debiéramos explicitar sobre cuál de los dos tipos, antes mencionados, nos referimos.

Pero esta diferencia pareciera que no va a perdurar por siempre, existen algunos indicios de cambios futuros para aquellos que desarrollarán emprendimientos en el sector productivo, tal como señala C. Anderson (2013)

*“Debido a los conocimientos, el equipamiento y los costes implicados en producir cosas a gran escala, la fabricación ha sido sobre todo una cuestión de grandes empresas y profesionales muy bien formados. Todo ello está a punto de cambiar. ¿Por qué? Porque*



*hacer cosas se ha vuelto digital: ahora los objetos físicos empiezan siendo diseños en pantalla, y esos diseños pueden ser compartidos en línea en forma de archivos”.*

En este sentido el autor señala una especie de convergencia, o mejor dicho de traslado de conceptos clave que poseen las plataformas digitales hacia los entornos productivos. Pone por ejemplo el carácter de “*programable*” que posee la fábrica Tesla Motors como sigue “...*Gilvert Passin, vicepresidente de manufacturación de Tesla, explicó que la fábrica es como una gigantesca maquina CNC (puede ser configurada para producir casi cualquier cosa) la fábrica entera es programable y cada coche será diferente. La misma planta puede hacer al mismo tiempo varios modelos de coche totalmente distintos con componentes muy diferentes, incluso alternándolos*”, este aspecto de configurable o programable es a lo que llegó hace muchos años atrás la industria informática, antiguamente las computadoras se diseñaban y construían con propósitos específicos (bélicos, meteorológicos, contables, etc.) hoy las computadoras son configurables, programables, es decir, multipropósito. Este ejemplo muestra cómo podrían ser los escenarios futuros de los emprendedores productivos, y permite reflexionar en este sentido sobre cuáles son los conocimientos que le serían útiles a los estudiantes de ingeniería, anticipándose sobre los próximos posibles cambios de paradigmas respecto de las tecnologías de producción.

## 6 REFLEXIONES FINALES

Al mostrar las diferencias existentes que giran en torno a los problemas que enfrentan los estudiantes de ingeniería en relación con los verdaderos problemas que atienden los ingenieros, quisimos poner en evidencia la conveniencia y los aportes que representaría tener en consideración a la creatividad, la innovación y el emprendedorismo en la enseñanza de la ingeniería.

Pero aun así nos surgen algunas preguntas, en relación con los problemas a los que se enfrentan los estudiantes de ingeniería que queremos compartir con ustedes, tales como: *¿deberíamos considerar estrategias activas de aprendizaje que pongan en el centro a los estudiantes?* Como por ejemplo, técnicas de aprendizaje basado en problemas o en proyectos, las cuales trabajan con situaciones problemáticas reales y/o problemas prácticos contextualizados.

*¿Cómo podríamos utilizar los conceptos vistos sobre la creatividad, para contribuir a desarrollar el pensamiento ingenieril? ¿Cuáles son las metodologías que debemos desarrollar*



para que los estudiantes comprendan la diferencia entre soluciones técnicas y soluciones innovadoras, y aprendan a generar estas últimas para brindar soluciones adoptables por la sociedad? ¿Son en verdad la pedagogía STEM y la visión CDIO una respuesta? y en tal caso, ¿cómo se los podrían implementar con las limitaciones propias de las universidades públicas de nuestro país?

¿Cómo desarrollar en los estudiantes el carácter eminentemente pragmático de los emprendedores en contextos universitarios, cuándo no existen en ellos suficientes espacios dedicados a la prueba y el error?

Entendemos que estos interrogantes requieren cambios que implican la formación del cuerpo docente. Quisimos compartirlos con ustedes, porque creemos que representan grandes desafíos, pero que no por ello son cuestiones a las que no se les puede dar respuesta.

Por ello, en la Universidad Nacional de La Matanza, estamos creando el “*Programa de Innovación, Creatividad y Emprendedorismo*”. Este Programa pretende ser un principio de respuesta a estas cuestiones y atender las distintas demandas enunciadas en el presente trabajo. Una de las cuestiones por la que somos optimistas al respecto, es que su estructura permitiría ser un instrumento de respuesta ágil y dinámica, si se lo compara con los tiempos involucrados en las acciones tradicionales de cambios y acreditación de nuevos planes de estudios.

En este sentido, nos gustaría cerrar el presente documento señalando algunas actividades que comienza a desarrollar dicho Programa, las cuales tienden a dar respuesta a las problemáticas que anteriormente planteamos.

Promover actividades en donde los estudiantes de ingeniería resuelven problemas reales tales como “Expo Proyecto”, exposición que organiza anualmente el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM, donde se muestran diversas “cosificaciones” que realizan grupos de estudiantes avanzados de ingeniería partiendo de ideas que generan para la resolución de problemas reales.

Articular esta actividad, por un lado, tanto con los estudiantes del secundario, así como con los estudiantes de los primeros años de ingeniería, de manera tal que desde el inicio de la carrera se encuentren en contacto con problemas reales, y no solo con los abstractos que les ofrecen las ciencias básicas. Por otro lado, trabajar con los estudiantes que presentan sus creaciones para que a sus ideas a nivel prototipo medianamente elaboradas, las desarrollos y les sumen un modelo de negocio, que les permitan enfrentar con mejores herramientas su etapa de producción.



Brindar apoyo a potenciales iniciativas de innovación en la enseñanza de la ingeniería tales como implementación de estrategias activas de aprendizaje, uso del Design Thinking, implementación de pedagogía STEM y modelo de enseñanza CDIO. Así como también observar tendencias sobre las temáticas que desarrolla el Programa y generar documentos, cursos, talleres, cátedras abiertas y demás instrumentos similares para profesores, estudiantes y graduados que contribuyan con la difusión y promoción de dichas temáticas.

Promover la participación en experiencias tales como el “Rally Latinoamericano de Innovación”, en donde estudiantes y profesores deben idear una solución para un desafío (problema real complejo y poco o nada definido) elegido por ellos entre los que ofrece el concurso, y producir un modelo de negocio con el formato Canvas más un video breve en donde se describe la solución elaborada en las treinta horas que dura el Rally.

Estas actividades, y otras que surjan, las abarcaremos en el Programa porque las entendemos como críticas para brindar respuesta, a corto plazo, a los interrogantes que nos planteamos, y así poder dar el primer paso para formar profesionales de la ingeniería con un perfil integral para el siglo XXI.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, C. **Makers: la nueva revolución industrial.** Editorial Empresa Activa. 2013.
- BIGNOLI, A. J. **Carta a un joven que cursa el ciclo secundario y aspira a ser ingeniero, pero no se atreve porque no es bueno en matemática.** e-libro, Corp. 2008.
- BILINKIS, S., et al. **¿Incubadoras, aceleradoras, company builders o por tu cuenta? Cómo Emprender en América Latina.** Centro de emprendedores de la Universidad de San Andres. 2015.
- BOHM, D. **La totalidad y el orden implicado.** Editorial Kairós. 2008.
- BOSCH, H. E., et al. Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. **Avances en Ciencias e Ingeniería**, 2(3), 131-140. 2011.
- CDIO. **Conceive Design Implement operate.** (2018). Disponível em <<http://www.cdio.org/>>. Acesso em 27 maio 2017.
- DE BONO, E. **Lógica fluida: la alternativa a la lógica tradicional.** Editorial Paidós. 1996.
- ESTRADA, Rodríguez M. **Manual de creatividad “Los procesos psíquicos y el desarrollo.”** Editorial Trilleras. 1985.
- FIGUEIREDO, A. D. “*Toward an epistemology of engineering*”, Workshop on Philosophy and Engineering, The Royal Academy of Engineering, London, November 2008, pp. 94-95. 2008.
- GONZALEZ, F. **Mini guía: una introducción al Design Thinking+ Bootcamp bootleg.** Hasso Platner, Institute of design at Stanford. 2012.



- HILL, L. A., et al. Collective genius. **Harvard business review**, 92(6), 94-102. 2014.
- KASTIKA, E. **Desorganización creativa organización innovadora**. Macchi Grupo Editor. 2001.
- KATISKA, E. K. **Creatividad para emprendedores: anécdotas e ideas prácticas para personas que quieren emprender negocios**. 2007.
- LERCH, C. J.; DE VEDIA, L. A. El conocimiento tecnológico y el conocimiento ingenieril en la formación del ingeniero para un mundo cambiante. **La Educación del Ingeniero en un mundo cambiante**. 2013.
- MCCAFFERTY, G. “*¿Es este autobús 'comeautos' la solución al problema de tráfico en las grandes ciudades?*”. CNN. Publicación electrónica (30 de mayo). 2016.
- PERKINS, D. **El aprendizaje pleno. Principios de la enseñanza para transformar la educación**. Editorial Paidós. 2010.
- POLYA, G. G. **Cómo plantear y resolver problemas**. Editorial Trillas. México. 1965.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers**. John Wiley & Sons. 2013.
- SÁBATO, J. A., et al. **La producción de tecnología; autónoma o transnacional** (No. INVES-ET E14a S113). Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales, México, DF (México). 1982.
- TATARKEWICZ, W. et al. Historia de seis ideas: arte, belleza, forma, creatividad, mimesis, experiencia estética. 2002.
- TRIAS, F. **El libro negro del emprendedor**. Barcelona-España. Editorial Urano. Colección Empresa Activa. 2007.
- VESGA, J. J. “*Cultura organizacional y sistemas de gestión de la calidad: una relación clave en la gestión de las instituciones de educación superior*”. En: **Revista Guillermo de Ockham** 11(2). pp. 89-100. 2013.