

2. Niveles de lenguajes en Ingeniería

Guillermo Cuadrado; Carlos Bello; Juan Redmond

Resumen: El propósito de esta investigación fue analizar los lenguajes usados en carreras de ingeniería, teniendo en cuenta los niveles semióticos y los criterios reguladores de verdad para cada nivel. El método usado consistió en el análisis lógico y epistemológico de la bibliografía, considerando el criterio de los tres niveles del lenguaje: *sintaxis*, *semántica* y *pragmática*. Se encontró que los niveles semióticos categorizan los objetos y procesos de la ingeniería, evitando la dispersión conceptual, que exige mayores esfuerzos de estudio. Lo que permitió concluir que los criterios de verdad, como principios reguladores de cada nivel semiótico, fortalecen la capacidad de comprender y actuar en ellos. Además consintió elaborar un criterio regulador de verdad compleja para analizar procesos y objetos complejos, como modelos, simulaciones y prototipos. También se encontró, como una consecuencia del criterio pragmático de verdad, que el ingeniero tiene una responsabilidad exclusiva por su proyecto, lo que ubica su desempeño en el ámbito de la Ética Profesional.

Palabras claves: lenguaje, sintaxis, semántica, pragmática, formal, empírico.

Los conocimientos científicos y tecnológicos se expresan por medio de lenguajes especiales, ya sea para describir algún aspecto de la realidad o para transformarla con un propósito determinado. La complejidad de estos lenguajes influye en el modo de conocer y actuar en determinados contextos, por ese motivo es un aspecto relevante en la formación de ingenieros y en el diseño las carreras de ingeniería.

Es conocido que Galileo impulsó el uso de la verificación experimental sistemática y la formulación matemática de las leyes físicas. Él sostenía que reflexionar sobre la naturaleza no era suficiente para conocerla, dado que el universo se había escrito en lenguaje matemático y que sin él no era posible entenderlo. Por esa razón no sólo perfeccionó el método experimental, también lo integró con la matemática.

Cabe agregar que a partir del siglo XVII hubo numerosos intentos por encontrar lenguajes racionales y universales, que permitieran formular afirmaciones precisas e isomorfas con la realidad, dado que las afirmaciones en lenguaje natural podían ser ambiguas.

A fines del siglo XIX y principios del XX, los mismos desarrollos de los conocimientos empíricos y matemáticos produjeron una crisis conocida como '*crisis de la física y la matemática*'. Esta crisis impulsó la búsqueda de fundamentos en esas disciplinas, renovando la necesidad de disponer de lenguajes racionales, exactos y universales, que eliminaran los aspectos irrelevantes o engañosos del lenguaje corriente. En ese sentido se destaca la *lógica simbólica*, la preferida para estudiar los fundamentos señalados por las distintas corrientes: *Logicismo*; *Formalismo*; *Intuicionismo* y *Axiomatismo*; *Convencionalismo*; *Empirismo Lógico*, *Racionalismo Crítico*; y *Concepción Semántica* (Olroyd, 1993; Geymonat, 1985; Gillies y Giorello, 2005).

Por otra parte, los lenguajes usados en la actividad científica y tecnológica, no sólo permiten describir hechos, también influyen en la estructuración de los mismos, permitiendo descubrir hechos nuevos. Así lo demuestran los trabajos de Lord Kelvin en termodinámica o los de Maxwell en electromagnetismo. Es más, existen posiciones que sostienen que la realidad científica depende del lenguaje construido para examinarla. Por ese motivo la problemática del lenguaje científico es un aspecto de mucha relevancia, para saber qué agrega el lenguaje al conocimiento de la realidad (Ströker, 1974).

En Ingeniería se usan varios lenguajes artificiales integrados por el lenguaje corriente. Los primeros fueron construidos con la pretensión de que sus descripciones manifestaran la estructura de la realidad de manera isomorfa y predominan en cálculos y proyectos. El segundo es el usado por los ingenieros para comunicarse en su actividad profesional y permite el estudio y gestión de los distintos lenguajes artificiales que se utilizan, desde la matemática a los programas de cálculo y diseño.

Conviene destacar que los lenguajes artificiales son sistemas formales autónomos, diseñados para garantizar deducciones y procesos algorítmicos propios de la ciencia y la tecnología. En cambio el lenguaje natural, de acuerdo con el punto de vista actual, es un sistema de comunicación que demanda el conocimiento de los actos de habla. En el fondo, ambas nociones responden a propósitos diferentes.

En la actualidad, las estrategias que integran esas concepciones opuestas del lenguaje cobran relevancia. Esto se debe a que los ambientes laborales actuales, incorporan tecnología de manera creciente. Por ese motivo exigen que los agentes sean competentes para usar diversos lenguajes y sistemas de representación: naturales, científicos y tecnológicos. Por lo general la demanda laboral suele solicitar: comprensión de sistemas complejos; capacidad para usar lenguajes abstractos; formación interdisciplinaria; capacidad para trabajar en equipos; uso eficaz de la información; aptitud para el auto-aprendizaje y la autonomía en el desempeño laboral (Neffa, 1987; Catalano, Avolio de Cols y Sladogna, 2004). Por ese motivo la reflexión sobre los lenguajes en ingeniería es por demás pertinente, porque esclarece su diversidad y orienta sobre la manera de integrarlos en la profesión.

En Ingeniería, como en las otras profesiones, hay un período de formación con controles para el ingreso y posterior entrenamiento en el conocimiento y uso de teorías básicas y de especialidad. Una vez que los alumnos completan esos requisitos obtiene su graduación. Sólo, a partir de ese momento puede integrarse el ejercicio profesional. En ambas situaciones, los actos comunicativos científico técnicos están caracterizados por el uso de lenguajes bastante formalizados.

Los autores de este trabajo sostienen que una causa de atraso o abandono de las carreras de ingeniería, en particular en los primeros años, se produce porque los estudiantes no logran determinar claramente las relaciones que se establecen entre los lenguajes matemáticos sin interpretar, los interpretados, los realizan aplicaciones con ellos y las de todos ellos con el lenguaje natural. Ese aspecto puede ser mejorado

sistematizando los alcances que tienen los lenguajes formalizados por niveles, lo que permite relacionar mejor los conceptos y favorece la resolución de problemas.

Este trabajo se ubica en una línea de investigación relacionada con la *concepción representacional* de la ciencia y se orientada a desarrollar metodologías educativas en ingeniería para optimizar las carreras, reduciendo el desgranamiento y el tiempo de permanencia.

El objetivo de este trabajo es señalar las características de los lenguajes usados en ingeniería y sus niveles de complejidad. Para ello se requiere: a) describir las relaciones que los lenguajes matemáticos tienen con sus signos; b) relacionar esos signos con los referentes que denotan cuando son interpretados, como en física, por ejemplo; c) describir las aplicaciones que le dan los usuarios a los signos interpretados; d) especificar cómo se integran con el lenguaje corriente.

El desarrollo y uso de *lenguajes formales* en ciencia y tecnología y el uso de la lengua natural en su empleo especializado, en cada dominio del conocimiento, han creado la necesidad de estudiar cómo influye el lenguaje en la enseñanza de la ingeniería.

En este trabajo se sostiene que la distinción del rol que cumplen los distintos lenguajes y sistemas de representación favorece la enseñanza de la ciencia y la tecnología y la práctica profesional, facilitando la organización de los currículos de ingeniería. Por una parte permite aclarar las formas conceptuales científicas, sintácticas y semánticas de las asignaturas. Por otra parte introduce precisión y claridad en el aspecto pragmático referido al uso de teorías, modelos y prácticas tecnológicas.

Entre las contribuciones de este trabajo, se señala que la Semiótica ubica en tres niveles los conceptos relacionados con los objetos y procesos propios de la ingeniería, evitando así la dispersión, que exige mayores esfuerzos en la carrera. Se valoran las teorías formalizadas porque son expeditas en la resolución de problemas, aunque son más complejas en su

sistema de significaciones, porque los objetos matemáticos se establecen como signos de las teorías empíricas.

Además, los roles de cada nivel semiótico favorecen la comprensión del modo como se asignan las significaciones en las teorías estudiadas. Hay que destacar que los criterios de verdad, como principios reguladores de cada nivel, fortalecen la capacidad de comprender y actuar en ellos. De igual modo la propuesta de una verdad compleja de tres componentes (matemática, semántica y pragmática), como criterio regulador permite analizar procesos y objetos complejos, como es el caso de los modelos, las simulaciones y los prototipos, por indicar algunos. Otro aporte es que el proyecto de ingeniería es una responsabilidad exclusiva del proyectista, situando su desempeño en el ámbito de la Ética Profesional. Eso es una consecuencia del criterio regulador de verdad *pragmática* que surge del estado de creencias que tiene el diseñador, que es subjetivo.

En este trabajo se analizan en primer lugar la estructura formal de los lenguajes usados en ingeniería y el rol que cumplen. Luego se presentan un esquema para *lenguajes formalizados* y se presenta la *definición formal de un lenguaje*, aspecto que permite distinguir las componentes del mismo así como los conceptos de 'lenguaje objeto' y de 'metalenguaje' introducidos por Tarski. Luego se presentan los lenguajes científicos usados en ingeniería y se categorizan como sintácticos, semánticos y pragmáticos, por las funciones que desempeñan dentro de las carreras. Finalmente se pasa a las discusiones y conclusiones.

Lenguajes formalizados

Conviene recordar que la denominada '*crisis de la física y la matemática*' se originó en un conjunto de problemas teóricos. Uno de ellos se relaciona con la imprecisión del lenguaje natural y la existencia paradojas, como las 'del mentiroso' o 'de los conjuntos que se contienen a sí mismos', que hacían desconfiar de la noción clásica de verdad como correspondencia con los hechos. El *Empirismo Lógico* intentó resolverlos usando la *lógica simbólica* para evitar la equívocidad del lenguaje natural, Además, estableció el

principio de verificabilidad que exigía la aplicación de métodos empíricos controlables, para decidir sobre la verdad de los enunciados que describen hechos (Ayer, 1981).

En el mismo orden de ideas conviene citar a A. Tarski, autor de la *Concepción semántica de la verdad* (1933), que renovó la noción clásica de *verdad* para evitar ambigüedades, especificando términos y condiciones materiales. Este autor sostenía que las antinomias se producen en lenguajes cerrados que contienen: expresiones, sus nombres y el término '*verdadero*' referido a sus propias oraciones. Luego, propuso especificar la estructura formal del lenguaje y el vocabulario usado para definir relaciones entre objetos o hechos para evitar las paradojas. Además, tomó de la escuela de Hilbert los conceptos de '*lenguaje objeto*' y '*metalenguaje*'. El primero es el lenguaje en estudio a cuyas oraciones se les aplica la definición de la verdad. El segundo, se utiliza para hablar del anterior o explicarlo, además contiene la definición de *verdad*, que se aplica a las oraciones del primero (Tarski, 2004).

En las carreras de ingeniería, la relación entre *lenguaje objeto* (*lo*) y *metalenguaje* (*ml*) se da naturalmente, en muchas asignaturas. Sean por ejemplo una clase de *cálculo* (*lo*) y otra de *física* (*lo*) y ambas son explicadas en *castellano* (*ml*). Hay que destacar, que esta jerarquía de lenguajes facilita el rigor formal de las disciplinas, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla Nº 1: Explicaciones de un mismo signo para dos asignaturas

Asignatura	Lenguaje objeto	Metalenguaje
Cálculo	$v(t)=dI(t)/dt$	$v(t)$: función derivada de $I(t)$ dI/dt : derivada de I respecto de t $I(t)$: variable que depende de t t : variable independiente
Física	$v(t)=dI(t)/dt$	$v(t)$: velocidad instantánea $I(t)$: trayectoria t : tiempo

Al observar la tabla N°1 se ve que un mismo conjunto de signos tiene explicaciones distintas cuando cambian las asignaturas. En el Cálculo, v , l y t son variables dependientes o independientes, según corresponda, y no se relacionan con ninguna entidad exterior al sistema de signos. En Física las variables están interpretadas y se refieren a ciertos aspectos de la realidad. Como la estructura es la misma, en ambos casos, se dice que la Física es un Cálculo Interpretado. Por cierto, se trata de un sistema de signos regulado por reglas de uso y de interpretación, y en éstas últimas se destacan dos niveles claramente distintos en el ejemplo señalado.

Sin duda, la formación de ingenieros requiere necesariamente del conocimiento, transmisión y usos de teorías científicas, que son, en sentido amplio, *lenguajes* que describen el conocimiento de ciertos ámbitos de la realidad. Con ese propósito usan expresiones precisas para designar los objetos del ámbito, sus propiedades y las relaciones que se establecen entre ellos (Agazzi, 1978). Además, esas teorías tienen descripciones que se plasman en signos: textos, fórmulas, planos, gráficos y diagramas de distinto tipo. Precisamente, la teoría que se ocupa de problemas de representación y sistema de signos es la *Semiótica*, que estudia las condiciones para que un signo signifique algo para alguien, en virtud de ciertas convenciones. De este modo, hechos, conocimientos, actitudes, incluso sentimientos, se pueden comunicar a otros a través de signos regulados por un acuerdo entre personas (Bunge, 2004; Walther, 1994).

Peirce, uno de los fundadores de la *Semiótica moderna*, estableció un sistema de diez signos organizados en tríadas. Posteriormente, Morris, inspirado en alguna de sus ideas, desarrolló otro sistema más sencillo que distingue tres tipos de relaciones entre signos: 1) las formales, que vinculan los distintos signos entre sí y con las estructuras de un lenguaje, llamada '*sintaxis*'; 2) las de asignación de signos para nombrar objetos o *semántica* y 3) las de uso de ciertos signo, denominada '*pragmática*'. Además, se dice que un lenguaje es *completo* cuando intervienen los tres tipos de relaciones: *sintaxis*, *semántica* y *pragmática*. Hay que señalar, que sólo la

sintaxis puede tener existencia independiente, en cambio las otras dos, *semántica* y *pragmática* siempre requieren de la primera (Morris, 1994; De Lío De Brizzo, Podestá y Puyau, 1968).

Definición formal de un lenguaje

Un lenguaje es un conjunto de símbolos y de reglas para su empleo. Son ejemplos de lenguajes: los programas de computadoras, ciertos juegos, las diferentes ramas de la matemática o las teorías físicas, por nombrar sólo algunos. Estos últimos conservan algunas propiedades de los lenguajes naturales y otras se omiten expresamente, en función del propósito, que puede estar orientado a manipular signos o a significar con ellos o ambos a la vez. Para estudiar las características de un lenguaje puede convenir la siguiente definición formal: “Un *lenguaje* (*L*) es un tripto o conjunto ordenado formado por un *alfabeto* (*A*) o conjunto de *signos*, una *gramática* (*G*) o un conjunto de reglas; y un conjunto reglas de *significado* (*S*)”.

Tabla Nº 2: Definición formal de un lenguaje

$L = \langle A ; G ; S \rangle$	<i>L</i> : lenguaje.
	<i>A</i> : alfabeto o conjunto de signos
	<i>G</i> : gramática o sintaxis o conjunto de reglas
	<i>S</i> : semántica o conjunto de reglas de significado
	$\langle \dots \rangle$: denota conjunto ordenado.
$G = \langle F ; T \rangle$	<i>F</i> : reglas de formación
	<i>T</i> : reglas de transformación

La *gramática* (*G*) a su vez tiene *reglas de formación* (*F*) que permiten reconocer si una oración pertenece o no al lenguaje; y un conjunto de *reglas de transformación* (*T*), las que, a partir de ciertas oraciones del lenguaje, permiten elaborar nuevas oraciones del mismo lenguaje. El *significado* puede faltar en ciertos lenguajes, por ejemplo en la lógica simbólica o el cálculo.

Por ejemplo, si se considera un texto, el alfabeto pueden ser oraciones o palabras o letras. De acuerdo con el propósito perseguido será la unidad elegida como signo. Se llama '*expresión*' a toda sucesión finita de signos. En lógica de enunciados se toman las oraciones como alfabeto en tanto que en algunos lenguajes de computación lo son los caracteres. Las reglas para el empleo de tales signos son: a) *reglas de formación*, que indican las secuencias admisibles de signos, para formar frases correctas; a) *reglas de transformación* que señalan las substituciones que permiten formar una frase correcta, partiendo de otras también correctas. En el ajedrez, otro ejemplo de lenguaje, los signos son las piezas y el tablero; las reglas de formación son las posiciones correctas; y las reglas de transformación indican cómo se mueven las piezas y además, como se pasa de una posición correcta a otra posición correcta.

Resulta oportuno señalar que las asignaturas matemáticas son sintácticas, sólo se ocupan de las consistencias internas de sus sistemas de signos, como es el caso del Cálculo, el Álgebra o la Geometría. En cambio, ciencias fácticas, como Mecánica, Electricidad, Termodinámica o Economía, utilizan fórmulas matemáticas interpretadas, para representar objetos y propiedades que se corresponden con cierta realidad. Son lenguajes semánticos de dos componentes: sintaxis y semántica. Mientras que las asignaturas orientadas al ejercicio profesional, son lenguajes pragmáticos, que tienen las tres componentes: sintaxis, semántica y pragmática. Sea por ejemplo la asignatura *Operaciones Unitarias*, en ella *Mecánica* y *Termodinámica*, como ciencias aportan sus temas con el propósito de usarlos para diseñar diversos objetos: *calderas*, *intercambiadores de calor* o *torres de enfriamiento*, entre otros.

Cabe destacar que para diseñar objetos como los referidos en el ejemplo es necesario disponer de una estructura jerarquizada de conocimientos. En primer lugar, se requiere un lenguaje matemático que proporcione las posibilidades expresivas y operativas a las ciencias que lo utilizan. Esto es viable en razón de que la matemática ha desarrollado

estructuras significantes y formas expresivas que sobrepasan el modelo proposicional.

Además, Bunge (2001) sostiene que las características de la matemática son: abstracción, universalidad exactitud, poder deductivo, portabilidad y sistematicidad. Todas ellas se relacionan entre sí, confiriendo importantes posibilidades expresivas y operativas a las ciencias formalizadas. En segundo lugar, las ciencias empíricas intervinientes establecen el significado de las expresiones, con referencia a cierto ámbito de la realidad. Finalmente, las disciplinas tecnológicas establecen los procedimientos de uso de las ciencias empíricas para resolver problemas y diseñar objetos tecnológicos, en determinados contextos.

Moulines (1982) sostiene que las teorías empíricas son *objetos semióticos*, porque explican *algo* distinto de ellas mismas y además, *alguien* las usa para explicar ese *algo*. Cada teoría tiene: a) una estructura matemática o sintáctica, llamada '*núcleo*'; b) descripciones de escorzos de realidad, hechas con las fórmulas del núcleo, denominados '*modelos*', que constituyen el aspecto semántico; y c) una comunidad que utiliza la teoría con un propósito determinado, que es la componente pragmática. Por ejemplo, los ingenieros usan teorías científicas y tecnológicas para comprender la realidad o para transformarla.

En ese sentido Duval (1999) sostiene que los sistemas semióticos deben facilitar tres actividades cognitivas: 1) establecer una o varias marcas identificables como representación de algo; 2) ampliar el conocimiento cuando se usan las reglas del sistema para transformar las representaciones, y 3) explicar otras significaciones del referente, cuando las representaciones se convierten de un sistema a otro. Naturalmente, cada sistema, como álgebra, gráficos cartesianos, vectores, diagramas o lenguaje natural, enfatiza ciertas propiedades del objeto representado. Además, este último puede cambiar sus significaciones, cuando se convierte en signo de otro objeto, como ocurre con la derivada de una función y la velocidad instantánea, presentadas en la en el ejemplo de tabla N° 1. En general, cuando se cambia de

un sistema formal sin interpretar a otro interpretado, los objetos del primero pasan a ser signos del segundo, lo que implica realizar operaciones cognitivas.

Lenguajes científicos: sintaxis, semántica y pragmática

El rasgo común de varias cosas se llama '*forma*' y se encuentra por abstracción. Por ese motivo, en sentido amplio, una teoría es el conocimiento de una *forma* que unifica varios hechos distintos o conocimientos muy específicos, facilitando su comprensión. Cabe señalar que en toda ciencia hay *teorías* y *descripciones*. Las primeras son *lenguajes* que contienen expresiones para designar ciertos objetos reales, sus propiedades y las relaciones posibles entre ellos. Esos *lenguajes* se utilizan para especificar la estructura que tienen las *descripciones*, llamadas también '*modelos de la teoría*'. De esta manera si se considera que un modelo es una cosa, su forma teórica es una estructura. En consecuencia, toda teoría, empírica o no, es una estructura matemática (Monsterín, 1984).

Sintaxis

La matemática prescinde de la realidad y sólo se ocupa de formas, a diferencia de las ciencias empíricas que se ocupan de ella, sean cosas o hechos que pueden ser evaluados como verdaderos o falsos. Es decir, la matemática aporta la componente sintáctica de una teoría. Por esa razón, sus afirmaciones están reguladas por el criterio de verdad *por coherencia*, que impide las contradicciones entre ellas. De esta manera, la componente sintáctica provee la estructura que permiten construir cualquier teoría, sea física, química o económica, por indicar algunas.

Hilbert sostenía que la geometría euclidiana sólo describe una estructura, una forma, que puede realizarse en el espacio físico o en otros sistemas concretos, pero no describe ni el espacio físico ni realidad alguna. Esa concepción se generalizó luego para cualquier teoría. Por ese motivo, hoy se admite que hay tantas estructuras abstractas como se puedan definir. Todas son independientes de la realidad, se acepta incluso, que puedan ser contradictorias entre sí, porque las estructuras se encuentran en

el nivel sintáctico, sólo tienen relaciones internas sin ninguna correspondencia con la realidad (Monsterín, 1984).

Cuando una *teoría* está formalizada tiene a su disposición todas las reglas de transformación de la matemática. Sin duda, ese es aspecto ventajoso cuando se trata de resolver problemas. Además permite expresar abreviadamente procesos discursivos, que en lengua natural serían bastante extensos. Eso es posible porque la matemática hace abstracción de los contenidos, sólo se ocupa de formas y por ese motivo es concebida como una *teoría de las estructuras* (Bourbaki, 1962). A propósito, una *estructura* se establece con dos conjuntos, uno P de elementos y otro R de reglas, que indican las relaciones entre los elementos y los subconjuntos de P . Adicionalmente, una estructura se denomina '*formal*', cuando no requiere de contenidos con significado (Frey, 1977).

En ese mismo sentido, Piaget (1993) presenta tres características generales de una *estructura*: 1) establece una totalidad con leyes propias como sistema, independiente de las características de los elementos; 2) tiene leyes de totalidad operan sobre transformaciones en un sentido amplio y nunca sobre características estáticas; 3) es auto-regulativa porque las composiciones internas de la estructura permanecen dentro de sus propios límites, así por ejemplo, un número entero sumado a otro dará siempre un número entero.

La matemática es fecunda porque puede construir operaciones sobre otras operaciones, logrando que éstas permanezcan relacionadas entre sí y sin que haya límites para ello. Luego, los objetos matemáticos resultantes, o sus interpretaciones en ciencias empíricas, acumulan una importante compilación de significados, sobre los signos que los representan. Por esa razón, interpretar cada uno de esos signos significa actualizar todos los significados compilados en él, como ocurre por ejemplo con la *aceleración instantánea*, que acumula varios.

Este fenómeno, desde el punto de vista cognitivo, fue tratado por Ausubel en su teoría del *aprendizaje significativo*, en la que ciertos conceptos llamados '*subsuno*' sustentan el aprendizaje de nuevos conceptos y estos, a su vez, influyen recursivamente sobre el significado de los anteriores. Cabe

agregar que los datos obtenidos en actividades de laboratorio o trabajos de campo adquieren sentido dentro de una teoría únicamente, sin ésta son irrelevantes. Toda observación implica una interpretación a la luz de una teoría, dado que un conocimiento puramente observacional es imposible (Popper, 1995).

Semántica

La componente semántica de la teoría se materializa en sus *modelos*, que describen las porciones de realidad de las que se ocupa la teoría. Para lograr esa descripción, el núcleo matemático provee funciones, variables y constantes que se interpretan como leyes generales, objetos y sus propiedades. De esa manera, se conservan en el nivel semántico las mismas relaciones del nivel sintáctico. El vínculo con la realidad se establece a través de las mediciones o evaluaciones, que surgen de observaciones y experimentos, con el criterio regulador de verdad *por correspondencia con los hechos*.

Este último se asegura tomando las previsiones que a continuación se indican. En primer lugar, existen sistemas de unidades de medida, desarrollados para permitir las reducciones a la unidad de las magnitudes de los modelos y las mediciones realizadas sobre ellos. En segundo lugar se encuentra el análisis dimensional que asegura que lo establecido por los operadores relacionales en el nivel sintáctico se traslade a la componente semántica del modelo, conservando así la coherencia en ambos niveles. En tercer lugar se hallan las actividades de calibración de instrumentos, que aseguran la validez de estos. En cuarto lugar se encuentran los repositorios de propiedades que tienen los materiales y ciertos objetos de fabricación normalizada, como elementos de máquinas, componentes electrónicos, motores o calderas, entre otros, que intervienen en como unidades dentro de un proyecto.

Resulta oportuno destacar que los ingenieros forman comunidades de usuarios de teorías científicas. Las utilizan para comprender y transformar la realidad, construyendo objetos y artefactos con propósitos determinados. La comprensión de esa realidad la consiguen a través de las ciencias fácticas. En cambio la modificación de la misma se hacen aplicando

disciplinas tecnológicas, que indican cómo usar las teorías empíricas, para calcular estructuras o diseñar máquinas, equipos o procesos.

Pragmática

Por último, los usos de una teoría se manifiestan en la componente pragmática, por ejemplo en termodinámica, seleccionar un intercambiador de calor o calcular una torre de enfriamiento. De esta manera, la ingeniería, como parte de la técnica, modifica el mundo con sus acciones, construyendo objetos y artefactos que responden a propósitos determinados. Para lograrlo usa las leyes y objetos de las ciencias particulares. Conviene aclarar que los problemas científicos suelen ser directos, por ejemplo, dada una antena, calcular las ondas que emite. En cambio los problemas tecnológicos son inversos, por ejemplo, diseñar una antena para que sus ondas se emitan en cierta frecuencia (Bunge, 2002).

En ambos procesos, directo e inverso, intervienen las correspondencias entre objetos o procesos reales con los formales, que los representan en forma analítica o gráfica. Los procesos de abstracción permiten representar una realidad con lenguaje matemático, que frecuentemente se simplifica con objetos gráficos. Pero, en el caso del diseño, este proceso opera en forma inversa: se construye una ficción en objetos gráficos normalizados y se verifica el comportamiento del sistema proyectado utilizando el proceso directo, que representa al sistema real en forma normalizada.

Con referencia a la consideración anterior, conviene destacar lo siguiente. Una cosa es comprender por qué ocurre un fenómeno, por ejemplo, con nociones de aerodinámica se entiende que un avión vuela por la diferencia de presiones que produce el perfil del ala. Otra cosa, bastante más compleja, es aprovechar ese fenómeno en un artefacto. De esta manera el conocimiento puesto en el ejemplo es insuficiente para construir un avión. Para realizar esa actividad, como tantas otras de la ingeniería, se requieren criterios de diseño o reglas de uso de los modelos científicos.

En ese sentido, las ideas que se usan en el diseño de objetos o procesos dependen de las consecuencias prácticas de estos, en consecuencia el criterio de verdad *por correspondencia con la realidad* no es aplicable. Lo más importante es que en la etapa de diseño los objetos o procesos buscados todavía no existen. Sin embargo, es necesario conocer las propiedades y comportamientos de esos objetos o procesos para poder imaginarlos. Debido a esta razón, se requiere otro criterio regulador de verdad, que tenga en cuenta la ventaja de un diseño frente a otro, por el éxito o fracaso de los objetos o procesos diseñados. Pero dicha evaluación sólo puede ocurrir después de que el proyecto se implementó. Esta situación permite advertir el rol que juega la experiencia en el diseño, porque se requiere un criterio regulador que verifique y valide las ideas por sus consecuencias prácticas y es el que se denomina '*verdad pragmática*' (James, 1984).

Hecha la observación anterior, surge el siguiente interrogante: ¿Qué ocurre con un diseñador que se inicia o un alumno? Afortunadamente los criterios de diseño suelen estar disponibles en los manuales de la especialidad. Sin embargo, allí sólo figuran criterios aplicables a tecnologías consolidadas. El problema reaparece cuando hay que realizar innovaciones o desarrollar nuevas tecnologías. En ese caso conviene que estas últimas sean realizadas por proyectistas experimentados, en razón de que las reglas hay que descubrirlas, intentando soluciones basadas en semejanzas y aproximaciones. En este punto juegan un rol fundamental las simulaciones por computadora y los prototipos, que permiten evaluar el comportamiento de un diseño. Cuando éstas fracasan hay que revisar el sistema de ideas. Pero si resulta exitoso, aumenta la probabilidad de que el objeto o proceso funcione bien cuando se realice.

De acuerdo con el punto de vista de Popper (1995), compartido por los autores de este trabajo, la verdad *pragmática* surge de una posición subjetivista fundamental que concibe el conocimiento como una clase de creencia o como un estado mental. Este criterio es particularmente aplicable a un proyecto, porque las ideas esgrimidas en él no

tienen una contraparte real para corresponderse. Esto significa el proyecto está guiado exclusivamente por la creencia de cómo podría funcionar. Una consecuencia de la posición subjetivista de la verdad *pragmática* es que el proyecto pasa a ser una responsabilidad del diseñador, situando su desempeño en el ámbito de la Ética Profesional también.

Recapitulando, en una carrera de ingeniería se imparten muchas teorías seleccionadas por el conocimiento que requiere cada especialidad. En consecuencia es factible que la diversidad de objetos ideales y reales, sus propiedades y relaciones posibles produzcan cierta dispersión de conceptos. Cuando eso ocurre la exigencia de esfuerzo para seguir la carrera puede aumentar bastante. En cambio, si las teorías también son consideradas como lenguajes, la diversidad de objetos, propiedades y relaciones puede sistematizarse usando los niveles semióticos, reduciendo así la dispersión conceptual señalada. Por otra parte, el concepto de 'metalenguaje' introducido por Tarski ofrece la posibilidad de integrar armónicamente los lenguajes formales de la ciencia y la tecnología con el lenguaje natural, como se muestra en la tabla N° 3.

Conviene señalar que la distribución más frecuente de asignaturas, en el progreso de las carreras, suele ubicar primero las de tipo sintáctico, luego las semánticas y finalmente las pragmáticas. Se trata de una distribución lógica, porque ubica primero las condiciones necesarias de conocimiento para realizar proyectos y tareas tecnológicas. Sin embargo esta organización tiene el inconveniente de demorar el vínculo de los alumnos con los objetos y actividades propias de la ingeniería, provocando cierta pérdida de motivación. En ese sentido, una estrategia que reduce ese problema es incorporar, a lo largo de las carreras, materias integradoras. Estas últimas están diseñadas para implementar en ellas los tres niveles semióticos y ha sido la táctica usada por la UTN desde 1995. La dificultad que puede presentarse está en la preparación del cuerpo docente, que debe tener la destreza de integrar estructuras teóricas, descripciones de fenómenos y el uso de ambos para diseñar objetos y procesos. Para lograr ese objetivo armónicamente es

necesario conocer cómo operan los *subsuno*res en los niveles semióticos.

Tabla Nº 3: Sintaxis, semántica y pragmática en lenguajes científicos

Nivel de lenguaje	Teorías	Metalenguaje
sintaxis Criterio regulador	cálculo, álgebra, geometría analítica, geometría descriptiva, lógica simbólica, teoría de las funciones analíticas, lingüística computacional, ... Verdad por coherencia	lenguaje natural, con vocabulario controlado
semántica Criterio regulador	mecánica, electricidad y magnetismo, óptica, calor, termodinámica, estática, hidrostática, mecánica de fluidos, economía, ... Verdad por correspondencia con la realidad	
pragmática Criterio regulador	operaciones unitarias, máquinas térmicas, instalaciones de edificios, elementos de máquinas, diseño de máquinas, ferrocarriles, centrales eléctricas, ... Verdad pragmática	

Fuente: elaboración propia

Discusión y conclusiones

Los conocimientos científicos y tecnológicos utilizados en las carreras de ingeniería se manifiestan por medio de teorías, que son lenguajes especiales con propósitos que determinan la formación de los ingenieros y el diseño de sus carreras. Unos se orientan a organizar las formas expresivas y

operativas, otros a describir hechos o aspectos de la realidad y los terceros a diseñar objetos o procesos. Conocer los roles que desempeñan esos lenguajes de la ingeniería cobra relevancia, por la incorporación de tecnología en los ámbitos laborales, que exigen competencia en el uso de lenguajes tanto naturales como tecnológicos, así como otras aptitudes.

Los autores comparten el criterio de que la Semiótica, como teoría general de un lenguaje objeto, contribuye al conocimiento del papel que desempeñan sus niveles en los lenguajes usados en carreras de ingeniería. Por ese motivo evalúan que su desconocimiento, por parte los alumnos y ocasionalmente del cuerpo de profesores, provoca la dispersión de los conceptos relacionados con los objetos y procesos propios de la ingeniería, generando esfuerzos mayores para seguir la carrera. Este último aspecto puede contribuir a deserciones prematuras y desgranamientos.

Además, aceptan que las teorías formalizadas tienen la ventaja de ser expeditas en la resolución de problemas. Sin embargo, tienen el inconveniente de tener un sistema de las significaciones de mayor complejidad, donde los objetos de las teorías matemáticas se constituyen en signos de las teorías empíricas. Los autores entienden que los conceptos de niveles semióticos y de subsunores ausubelianos permiten comprender ese aspecto, así como aprovechar mejor las actividades prácticas que se realizan en la carrera.

También sostienen que la comprensión de los roles de cada nivel semiótico favorece la asignación de significaciones a las teorías estudiadas. Además si se tienen en cuenta los criterios verdad, como principios reguladores de cada nivel se fortalece la capacidad de comprender y actuar en cada ámbito. De igual forma, proponen una verdad compleja de tres componentes (matemática, semántica y pragmática), como criterio regulador para analizar procesos y objetos complejos, como es el caso de los modelos, las simulaciones y los prototipos, por indicar algunos.

Además señalan que el proyectista tiene la responsabilidad exclusiva del proyecto de ingeniería encarado, como una

consecuencia del criterio regulador de verdad *pragmática* que surge de un estado de creencias. De este modo su desempeño se ubica también en el ámbito de la Ética Profesional.

Los autores estiman que las repercusiones de este trabajo pueden darse en varios ámbitos: a) diseño de materias integradoras; b) elaboración de trabajos prácticos en ciencias empíricas formalizadas; c) desarrollo de metodologías de resolución de problemas; d) diseño de estrategias de investigación.

Los autores consideran que este trabajo podría orientar a los ingenieros cuando cambian sus puestos de trabajo, en razón de que proporciona pautas para organizar el auto aprendizaje y el entrenamiento para un nuevo desempeño laboral.

También ven que este trabajo puede extenderse a la determinación y tipificación de los procesos de abstracción que introducen los lenguajes gráficos computarizados, como es el caso de: la construcción de objetos modelos de realidades simples, diagramas de cuerpo libre, esquemas cinemáticos, representaciones normalizadas de dispositivos, de vínculos y solicitaciones y muchos otros

Los autores admiten que esta investigación podría continuarse para determinar el papel que juegan la comunicación, la memorización y el procesamiento de la información, cuando el nivel semiótico cambia. También vislumbran la posibilidad de examinar el campo de la deontología para el ámbito de los proyectos en ingeniería, teniendo en cuenta que el criterio pragmático de verdad recae sobre los diseñadores.

Los autores sostienen que considerar las teorías científicas y tecnológicas como lenguajes y sus modelos como objetos semióticos permitirías aprovechar todo el potencial de la lingüística contemporánea para el estudio de los actos comunicativos científicos y técnicos de los profesionales entre ellos, con las máquinas que utilizan o atienden y con las personas de menor formación tecnológica. También ven

posibilidades de desarrollar aplicaciones informáticas y de inteligencia artificial.

Los autores evalúan que este trabajo es aplicable para desarrollar metodologías educativas en ingeniería que optimicen el tiempo de permanencia y reduzcan el desgranamiento en las carreras.

Referencias:

- Agazzi, E. (1978). *Temas y problemas de Filosofía de la Física*. Barcelona: Herder.
- Bourbaki, N. "La arquitectura de las matemáticas" (36-49). En: Le Lionnais, François y otros. (1962). *Las grandes corrientes del pensamiento matemático*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Bunge, M. (2001). "Filosofía de las Ciencias Exactas". En: *Filosofía y sociología de la ciencia y de la Técnica*. Santa Fé: Universidad Nacional del Litoral. [video]
- _____. (2002) *Ser, saber, hacer*. México: Paidós.
- _____. (2004) *Emergencia y convergencia*. Buenos Aires: Indugraf, 2004.
- Catalano, A. M., Avolio de Cols, S. & Sladogna M. (2004). *Diseño curricular basado en normas de competencia laboral: conceptos y orientaciones metodológicas*. Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo.
- De Lío De Brizzo, R., Podestá, R. & Puyau, H. (1968). *Prolegómenos a la Lógica Simbólica*. Buenos Aires: Macchi.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali: Universidad del Valle.
- Frey, G. (1977). "Estructura Formal y Lenguaje Natural" (163-183). En Simon, J. (comp.). *Aspectos y problemas de la filosofía del lenguaje*. Buenos Aires: Alfa Argentina.
- Geymonat, L. (1985). *Historia del pensamiento filosófico y científico. Siglo XX*. (vol. II). Barcelona: Ariel.

- Gillies, D. & Giorello, G. (2005). *La filosofía della scienza nel XX secolo*. (6ta. ed.) San Donato Milanese: Laterza.
- James, W. (1984). *El pragmatismo*. Madrid: SARPE
- Monsterín, J. (1984). *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza.
- Morris, C. (1994). *Fundamentos de la teoría de los signos*. Barcelona: Paidós.
- Moulines, C. U. (1982). *Exploraciones Metacientíficas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Neffa, J. C. (1987). *Procesos de Trabajo, Nuevas Tecnologías Informatizadas y Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo en Argentina*. Buenos Aires: Humanitas.
- Piaget J. (1993). "El concepto de estructura" (72-105). En: Bar-Hillel y otros. *El pensamiento científico. Conceptos, avances, métodos*. Madrid, Tecnos.
- Popper, K. (1995). *Popper. Escritos Selectos*. Miller, David (Comp.). México D.F: Fondo de Cultura Económica., 1995.
- Ströker, E. "El problema del lenguaje en las ciencias exactas."(185-225). En Simon, Josef (comp.) (1974). *Aspectos y problemas de la filosofía del lenguaje*. Buenos Aires: Alfa.
- Tarski, Alfred. *La concepción Semántica de la verdad y los fundamentos de la semántica*. Recuperado el 4 de marzo 2004 desde <http://serbal.pntic.mec.es/~cmunoz11/tarski.pdf>
- Walther, E. (1994). *Teoría de los signos*. Santiago de Chile: Dolmen.
