

*Reflexiones sobre el trabajo titulado “Acerca del empleo del vocablo Ingeniería en carreras de informática. Revisando conceptos” por Marcelo Antonio Sobrevila*

Documento de trabajo  
6 de septiembre 2004  
**Prof. Dr. Carlos Garay**

Documento de trabajo  
6 de septiembre 2004  
**Prof. Dr. Carlos Garay**

*Reflexiones sobre el trabajo titulado “Acerca del empleo del vocablo Ingeniería en carreras de informática. Revisando conceptos” por Marcelo Antonio Sobrevila*

Comencemos por el título. Conviene saber de qué estamos hablando, si se trata de vocablos o si se trata de conceptos. Distinguimos, por un lado, las palabras, por otro los conceptos y por otro las cosas y los acontecimientos que tienen lugar en el mundo. Existen personas que sin perder capacidad ideatoria, conceptual, no pueden utilizar el lenguaje debido a fallas en diversas etapas de su procesamiento nervioso. Esto sugiere poderosamente que ambas capacidades representativas, la conceptual y la lingüística, son distintas. Son, así, parcialmente independientes, aunque muy relacionadas entre sí. Uno puede adquirir (aprender) un concepto por experiencia directa o por medio de un lenguaje que ayude a relacionar conceptos ya conocidos de antemano. Tanto uno como otro son sistemas de representación de los estados internos y del entorno de los sujetos, entendido el entorno en sentido amplio como aquello que el sujeto tiene la intención de representar. Podría decirse que el sistema conceptual es más subjetivo y sirve primariamente para orientar las acciones del sujeto, mientras que el lingüístico tiende a buscar la objetividad, por medio de la veracidad, con el fin de comunicarse e interactuar con los otros sujetos. Al cumplir esta función social, el lenguaje está sujeto a patrones sociales de corrección mucho más que los sistemas conceptuales, que son más privados. A su vez, los sistemas conceptuales, aunque menos restringidos socialmente, son controlados por medio de su confrontación con aquello que pretenden representar, es decir por medio de su confrontación con el mundo. Desde una perspectiva realista, nosotros no podemos imponer regularidades al mundo ni hacer que sea como nosotros querríamos que fuera. Por esto, aún nuestros mejores sistemas conceptuales son sólo parcialmente representativos del mundo sin que estemos nunca demasiado seguros de qué es lo que falla. Lo que estoy exponiendo no es más que la vieja distinción entre lo que se dice (sistema conceptual) y cómo se lo dice (sistema lingüístico) más el agregado, por cierto muy importante, de que puede haber representaciones conceptuales que no se expresen en el sistema lingüístico y expresiones lingüísticas que no representen, o representen mal, al sistema conceptual.

En lo que respecta a nuestro tema, la distinción es fundamental, puesto que es mucho más fácil discutir y resolver sobre la corrección de un término (sistema lingüístico con patrones sociales de corrección) que sobre la corrección de un concepto. La elección de un vocablo es bastante arbitraria y está sujeta a usos y modas que cambian permanentemente. Podría decirse que la corrección lingüística es comparable con la corrección para vestirse. No siempre se está bien vestido por llevar corbata. No siempre se habla correctamente por seguir al pie de la letra el Diccionario de la Real Academia. Los calificativos de Sobrevila sobre algunas expresiones usuales en las que aparece el término “ingeniería” son conceptualmente incorrectos. Habla de barbarismos, locuciones desafortunadas, errores, confusiones lamentables, equívocos, perjuicios a la cultura popular, mal empleo, superficialidad alarmante... toda una batería propagandística en contra del uso de expresiones bastante inocuas como “ingeniería culinaria”, “ingeniería financiera” o “ingeniería” aplicada a carreras de informática, declarando, además, que son utilizadas por calificados profesores,

decanos, rectores, etc., es decir, hablantes calificados. El solo hecho de ser utilizadas por hablantes calificados es suficiente para legitimar el uso de una expresión lingüística.

¿Qué es lo que hace correcta a una expresión lingüística?, ¿dónde reside la legitimidad del uso de un término? Pues bien, así como es tan correcto expresar una longitud en metros o en centímetros, también es correcto utilizar una palabra u otra siempre que expresen la misma idea. Utilizar ciertas palabras, en lugar de otras, puede ser más o menos conveniente, o más o menos decoroso, o más o menos elegante según las circunstancias, pero en lo que respecta a su adecuación con el objeto que se quiere comunicar, da lo mismo qué términos se utilicen. Siempre recuerdo la anécdota del médico que, para indicar que un paciente no se bañaba con la frecuencia deseada escribía en la historia clínica “el paciente presenta manchas hidrosolubles”, manera casi científica de decir que el paciente era un roñoso. Podemos decir que no sería propio describir al paciente como un sucio en una historia clínica. Pero sin duda queremos dejar constancia de la misma información, independientemente de los términos que utilicemos. La legitimidad de un uso lingüístico sólo proviene del prestigio de los usuarios y, si los usuarios son calificados decanos y profesores, el uso que ellos hacen es, por esa misma razón, legítimo.

Los lenguajes humanos han ido evolucionando a lo largo de la historia. El motor y guía de esa evolución ha estado constituido siempre por los hablantes, es decir, por los usuarios del lenguaje. Los lexicógrafos, que son aquellas personas que dedican su vida a la confección de diccionarios, comienzan por reconocer los cambios que los hablantes introducen en el uso de los términos y, luego de una evaluación para garantizar cierta objetividad, legitiman el nuevo uso mediante su inclusión en el diccionario.

Las definiciones son, por un lado, descripciones de cómo los hablantes de una lengua utilizan los términos y, por otro, reglas acerca de cómo deben utilizarlos para mantener la unidad del idioma. Es claro que quienes llevan la iniciativa en la evolución de las lenguas son los hablantes. Y también es claro que no existe ninguna necesidad intrínseca ni lógica que obligue a mantener un uso de los términos a contramano del desarrollo lingüístico de la comunidad. Así como en la democracia la soberanía es del pueblo y el legislador la interpreta, en el terreno del lenguaje la soberanía es de los hablantes y las academias del idioma sólo la interpretan y ponen en marcha.

Por ejemplo, en la 21ª edición del Diccionario de la Real Academia Española de 1992 citada por el Ing. Sobrevila en su trabajo “Acerca del empleo del vocablo ingeniería en carreras de informática”, se dice que

**Ingeniería** es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía.

Sin embargo, en la 22ª edición encontramos que

**Ingeniería** es el estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología.

Esto no quiere decir que una de las definiciones sea correcta y la otra no. Ambas son correctas en relación con el momento en el que fueron formuladas. Las ediciones más nuevas sólo reflejan los cambios en el uso que van teniendo lugar a lo largo de los años.

Los lenguajes están condicionados históricamente y, en tanto sistemas simbólicos, son arbitrarios, o al menos, tan arbitrarios como las unidades de medida. En esta característica se basa la propia posibilidad de cambio y evolución lingüística.

Resumiendo, es de primerísima importancia dejar en claro que, si hubiera una autoridad capaz de juzgar sobre la corrección o incorrección de un vocablo, el cambio lingüístico sería imposible. Pero el cambio lingüístico no sólo es posible, sino habitual y continuo. Por lo tanto, podemos abandonar con confianza cualquier pretensión de autoridad en este tema del uso apropiado de vocablos.

Una cuestión radicalmente diferente es la de las esencias inmutables de las disciplinas académicas. Cabe recordar que, cuando hablamos de esencias ya no estamos hablando del lenguaje, es decir, de esa herramienta arbitraria que utilizamos para comunicarnos, sino de la constitución del mundo, de cómo es la realidad más allá de nuestro conocimiento y más allá de los modos que utilicemos para comunicarlo. En la actualidad es muy difícil sostener una posición esencialista acerca del mundo natural aún en disciplinas tan desarrolladas como la Física. Por ejemplo, es muy difícil decidir si la masa está esencialmente conectada con la energía o no. Lo mismo ocurre en Biología con respecto a las especies, en Química con respecto a los elementos y así en todas las ciencias naturales. Y mucho más difícil lo es en el caso de las ciencias sociales o humanas en las que se destacan la diversidad y el cambio. Escuchamos hablar de la esencia del matrimonio o de la familia en ámbitos dogmáticos y poco críticos, y se trata más de una expresión de deseos que de algo que tenga algún fundamento en la realidad. Las instituciones humanas van cambiando y las presuntas esencias se van disolviendo. En el caso particular de las disciplinas científicas esto se torna cada vez más claro. Un neurocientífico contemporáneo se ha formado en neuroanatomía, neurofisiología, biofísica, bioquímica, farmacología molecular, neuropsicología, neuromatemáticas y neurocomputación. ¿Qué título hay que otorgarle? No es médico, ni psicólogo, ni matemático, ni biólogo. Lo razonable es aceptar la realidad e inventar un nuevo nombre para su título.

En lo que respecta a la presunta esencia de la ingeniería, parece haber amplio acuerdo en que se trata de ciencia aplicada, es decir, se trata de la creación de mecanismos (no siempre ni necesariamente mecánicos, sino también biológicos y sociales) eficientes utilizando los mejores conocimientos científicos, los cuales incluyen todas las áreas de conocimiento. Así pues, por ejemplo, no hay inconvenientes ni menoscabo alguno en hablar de ingeniería biomédica o bioingeniería para referirse a la investigación básica en biotecnología e ingeniería genética ("tecnología de la manipulación y transferencia del ADN de unos organismos a otros, que posibilita la creación de nuevas especies, la corrección de defectos génicos y la fabricación de numerosos compuestos útiles", según la Real Academia). Tampoco debería haberlo al hablar de ingeniería culinaria (ver BELLO, J. "Ciencia y Tecnología Culinaria". Madrid. Ed. Díaz de Santos.1998) , si con esta expresión nos referimos a un área que abarca la ingeniería agrícola, la ingeniería y tecnología de alimentos y la bromatología, entre otras disciplinas, que tienen el fin de aplicar la más estricta racionalidad científica al mejoramiento de la alimentación animal y humana. Al fin y al cabo, estamos hablando de recetas científicas para la creación de productos que signifiquen optimizar el uso de los recursos disponibles. En esta misma línea se inscribe la utilización de los términos "ingeniería financiera" (que estudia el funcionamiento y confección de motores financieros), "ingeniería de procesos", "reingeniería humana y de procesos", "ingeniería ambiental o ecológica" (que se interesa por el procesamiento de residuos, rellenos sanitarios, construcción de embalses, etc.) juntamente con las ingenierías militar, civil, mecánica, eléctrica, electrónica, química, aeronáutica, naval, industrial, en telecomunicaciones, en minas, etc.

Con respecto a la relación de la informática con la lógica es necesario precisar que la lógica formal no constituye una única disciplina sino que existen innumerables sistemas lógico-formales diferentes. Separar la lógica de las matemáticas es una tarea tan difícil y sutil como innecesaria a los fines prácticos. Los tratados de álgebra suelen

comenzar con un apartado de lógica booleana reconociendo su situación limítrofe. Y la informática se nutre de muy diversas ramas de las matemáticas. Baste como ejemplo la expresión de las redes neurales artificiales (informática) en términos de teoría de grafos (matemáticas).

No podemos estar de acuerdo con Sobrevila en que la informática se basa en la lógica formal y de allí concluir que no tiene nada que ver con los sistemas físicos de los que sí se ocupa la ingeniería. El asunto es mucho más complejo y rico que lo que se sugiere en su trabajo. La ingeniería en sistemas de información merece ese rótulo aún respetando las mismas condiciones que Sobrevila impone a las ingenierías tradicionales.

Con la finalidad de ilustrar, desde una perspectiva algo más conceptual, las relaciones entre la informática y la ingeniería, adoptaré una versión adaptada y simplificada de la propuesta de David Marr (*Vision*, W. H. Freeman, San Francisco, 1982. Traducción castellana: *La visión*, Madrid, Alianza, 1985). Frente a un problema computacional, Marr distingue tres niveles de análisis: 1) teoría abstracta del cálculo del mecanismo, 2) elección del medio de representación y de los algoritmos para la entrada y la salida, y 3) los distintos medios de implementación en el soporte físico, a la luz de nueva información disponible de nuevos recursos físicos computacionales.

David Marr propuso distinguir entre los niveles de a) formulación abstracta de una tarea, b) hallazgo de los algoritmos que especifican los procedimientos formales que la llevan a cabo y c) el nivel de la implementación física en el que se inventa o descubre un mecanismo mediante el uso de una tecnología, artificial o biológica, específica que lo realice. Por ejemplo, la tarea puede consistir en la administración de una cuenta bancaria (nivel a)), los algoritmos serán aquellos más simples que reflejen las operaciones monetarias determinadas en el nivel anterior (nivel b)) y, por último, la unidad central de procesamiento específica que realice efectivamente los cálculos, junto con todos sus periféricos, constituirá el nivel c). Se supone que estos niveles son necesarios para la correcta comprensión de cualquier máquina capaz de procesar información. En el siguiente cuadro se sintetiza la idea.

Teoría del cálculo	Representación y algoritmo	Implementación en el soporte físico
¿Cuál es el objetivo del cálculo?, ¿por qué es apropiado? y ¿cuál es la lógica de la estrategia mediante la que se le puede llevar a cabo?	¿Cómo puede implementarse esta teoría del cálculo?. En particular, ¿cuál es la representación de la entrada y la salida y cuál es el algoritmo para la transformación?	¿Cómo pueden realizarse físicamente la representación y el algoritmo?

Tomado de Marr (1982), p. 33.

Es muy importante el sentido en que Marr utiliza el término "representación". En este contexto, una representación es "un sistema formal para hacer explícitas ciertas entidades o tipos de información, junto con una especificación de cómo este sistema lo hace". Consecuentemente, una "descripción de una entidad en una representación" es el "resultado de emplear una representación para describir esta entidad" (Marr, *op. cit.*, p. 29). Marr no usa mal la palabra "representación". Pero yo la suelo utilizar de una manera completamente distinta: para mí, una representación es la huella o impronta que ha dejado la experiencia genética y epigenética en la conformación anatómo-fisiológica de nuestro sistema nervioso. Y una descripción será un mecanismo lingüístico (a veces matemático) destinado principalmente a la

comunicación de experiencias actuales o pasadas. Por el momento, sin embargo, seguiré empleando estos términos en el sentido que les da Marr.

Marr otorga mucha importancia al primer nivel en desmedro de los otros dos. Dice "... es probable que sea más fácil comprender un algoritmo si se entiende la naturaleza del problema que se está resolviendo que si se examina el mecanismo (y el soporte físico) en el que se encarna". Y continúa, "De modo similar, tratar de comprender la percepción estudiando únicamente las neuronas es como intentar entender el vuelo de un ave estudiando sólo las plumas: simplemente, no es posible hacerlo". (p. 36) Sin duda, tiene razón. Pero el problema reside, justamente, en el método adecuado para elegir qué es lo pertinente. La única manera de hacerlo, creo, consiste en conocer previamente los distintos niveles de organización del sistema físico que procesa la información. No puede asignarse una función antes de saber a qué se la está asignando, pues es probable que ni siquiera pueda cumplirla. Por ejemplo, es gratuito imponer al cerebro la función de producir pensamientos (en el sentido de los *Gedanke* fregeanos) sin ser capaz de establecer sus causas eficientes próximas, las que, por lo demás, no es posible proporcionar dada su falta de propiedades físicas.

Marr sostiene que "algunos fenómenos sólo podrán ser explicados a uno o dos niveles" (p.34), lo que mostraría que estos niveles están relacionados causalmente de una manera laxa. Entiendo que, para él, habría fenómenos que gozan de cierta autonomía dentro de un nivel y con respecto a los otros niveles. Pero de los ejemplos que ofrece no parece seguirse esto. Afirma que las postimágenes y el hecho de que podamos formar cualquier color a partir de tres colores básicos son fenómenos que sólo se relacionan con el tercer nivel, el de la implementación física. Y que la ambigüedad del cubo de Necker (el que puede interpretarse como visto desde arriba o desde abajo) se conecta con el segundo nivel, el de la representación, pues podría verse como el resultado de una red neural biestable (Tank, David y Hopfield, John, "Computación conjunta en circuitos neuromorfos", *Investigación y Ciencia*, N° 137, febrero 1988). Un poco más adelante trata de mostrar que la psicofísica se relaciona especialmente con este mismo nivel citando experimentos psicofísicos que sugieren una representación angular de la inclinación de superficies en vez de una en términos de sus funciones trigonométricas. Creo, sin embargo que todos estos ejemplos muestran que el punto fundamental está en el nivel 3. Dejando de lado los dos primeros fenómenos, vemos que habla de una red neural biestable la cual es, por cierto, parte de una teoría matemática<sup>1</sup>, pero no tendría objeto aplicarla al caso de los cubos de Necker si no supusiéramos que están referidas a sistemas reales de neuronas biológicas. Lo mismo ocurre en el caso de la elección de un sistema de representación sobre datos psicofísicos, ya que el resultado de los experimentos ha de depender de los modos peculiares en que funciona la arquitectura neural.

El segundo nivel consiste fundamentalmente en la elección de los recursos simbólicos para representar la información de entrada, la de salida y los algoritmos disponibles capaces de efectuar la transformación, o sea, se seleccionan las herramientas matemáticas a utilizar. En este nivel aparecen las máquinas lógicas, como las máquinas de Turing, toda la teoría de funciones computables y toda la dinámica de sistemas. Sabemos que diversos algoritmos pueden realizar la misma tarea. Y también es cierto que pueden estudiarse independientemente de cualquier estudio empírico. Pero cuando se trata de comprender procesos de alta complejidad como la percepción visual, en el caso de Marr, o cualquier otro sistema de procesamiento de la información, el nivel de implementación física termina con la independencia de las herramientas descriptivas.

El tercer nivel es, a mi juicio, el de mayor importancia, aunque esto no signifique una prioridad metodológica absoluta, sino, más bien, de cooperación. En este tercer nivel se encuentran los sistemas físicos, los chips que menciona Sobrevila. Pero no solamente los microprocesadores procesan información. También lo hacen los genes y los sistemas nerviosos y toda una multitud de sistemas físicos, inclusive sistemas mecánicos. Un colador “ordena” lo colado por tamaño. Éste es el nivel “material”, al que Sobrevila le da también mucha importancia en relación con la ingeniería. Los que estudian y aplican teorías informáticas utilizan los elementos (fuerza y materia) de este nivel con el objeto de modificar la realidad, exactamente de la misma manera que los ingenieros mecánicos utilizan las teorías matemáticas y físicas con el mismo fin.

Resumiendo, la propuesta de Marr es correcta en lo que respecta a la diferenciación de los niveles de análisis. No es lo mismo estudiar la estructura física de un organismo que elegir un medio de representación matemática de los procesos que lleva a cabo, ni que atribuirles una función específica. Sin embargo no estamos de acuerdo en cuanto a su autonomía relativa, ni en cuanto al orden de prioridades. Aunque Marr reconoce que el nivel de implementación (nivel 3) impone restricciones a los niveles anteriores, ubica como prioritario el esclarecimiento del primer nivel: si no sabemos que el pájaro vuela, mal podremos inferirlo del solo estudio de las plumas. Pero si no hemos estudiado las plumas no tenemos garantía, metodológicamente hablando, de producir una explicación razonablemente verídica del vuelo. Habremos, quizás, explicado cómo es posible que algo vuele, pero sería puramente casual que hubiéramos explicado cómo es posible que un pájaro real vuele. Es imprescindible que el análisis se efectúe simultáneamente en los tres niveles. El nivel 3 provee los dominios de las variables y demás parámetros correspondientes al nivel 2 lo mismo que el rango de teorías matemáticas que podrían utilizarse. Proporciona también las claves para establecer el rango de funciones posibles para el nivel 1.

Las ingenierías clásicas se sirven del mejor conocimiento científico disponible (matemáticas, física, química) “a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales”. Las ingenierías en sistemas de información hacen exactamente lo mismo, aunque sus herramientas (nivel de análisis 2) incluyen, como dijimos más arriba, máquinas lógicas y teorías de la computabilidad, además de todas las herramientas que proporciona la teoría general de sistemas dinámicos (análisis matemático)