

La ingeniería: Una cosa de ingenio

Mauricio Vélez Upegui*

Cuando uno se ocupa de la ingeniería, ya no puede evitar considerar que el mundo es... un entramado construido a partir de un sistema dado de axiomas que debe dar cuenta de todo lo que constituye la esfera física, esa concatenación de flujo, calor, presión, resistencia y límites... Unos límites cegadores que de alguna manera apuntalan y soportan malecones, pilares y arcos, por no mencionar los palcos de ópera que sobresalen precariamente de muros que ya soportan una vasta cúpula y, por encima de ella, los cielos que crujen bajo los últimos días de un futuro que se precipita como una avalancha.

B. Duffy

Resumen

Este texto pretende adelantar una reflexión sobre la categoría del ingenio, en tanto núcleo cognitivo y sensorio-motriz que subyace en el profesional conocido como ingeniero. Para tal fin se aventuran tres preguntas ordenadoras: ¿Admite el ingenio ser pensado como un complejo de saberes?; si es así, ¿cuál es el fundamento de ese complejo de saberes y cómo se manifiesta?; finalmente, ¿es posible enseñar ese fundamento al punto de convertirlo en una profesión? Las respuestas proporcionadas a dichas preguntas, antes que ser definitivas, invitan a continuar la reflexión sobre el tema.

Palabras clave: Sensación, experiencia, técnica, arte, ingeniería, máquinas, obra de creación, prudencia, tecnología, ciencia y profesión.

Abstract

The text intends to reflect about the ingenuity category, both the cognitive nucleus and the sensorial and motor functions of an engineering professional. For this purpose three questions need to be answered: ¿is ingenuity allowed to be thought as a knowledge complex?; if so, ¿which are the fundamentals of the knowledge complex and how do they manifest?; finally, ¿is it possible to teach these fundamentals to be seen as a profession? The given answers to the referred questions, should not be taken as definite. On the opposite they invite us to keep studying and analysing the subject.

Key words: feelings, experience, technique, art, engineering, machines, creation, prudence, technology, science and profession.

Fecha de recepción: 12 de septiembre del 2001

* Licenciado en Español y Literatura, Universidad de Medellín; Magister en Literatura Colombiana, Universidad de Antioquia; actualmente, Decano de la Escuela de Ciencias y Humanidades, Universidad EAFIT-Medellín (mavelez@eafit.edu.c).

Pasados los siglos, el español conserva la base lexical *-ingen-* de la palabra latina *ingenium* y crea, por derivación, los sustantivos *ingenio*, *ingeniero*, *ingeniería* e *ingeniosidad* y los adjetivos *ingenioso* e *ingenieril*. En adelante múltiples situaciones de la vida cotidiana dan salida a frases como las siguientes: «eso se puede arreglar con algo de ingenio», o «gracias a un hombre tan ingenioso como él –no en vano es ingeniero– es que pudimos dar solución a nuestros problemas», o «nunca se proclamará demasiado que la necesidad aguza el ingenio». En tales frases, escuchadas por doquier, parece quedar claro que, ante problemas aparentemente insolubles, es la capacidad de invención (el ingenio) y la puesta en acto de esa capacidad (la ingeniosidad) las que podrían contribuir en la resolución de los mismos. De ahí que, entre todos los hombres, sea el ingeniero («el que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir y ejecutar una cosa») quien, en principio y por definición, esté llamado a encarnar la doble condición de la invención y de la puesta en acción de la misma.

Sin embargo, tres preguntas se imponen: a) descontado el hecho de que en muchos seres humanos la invención es innata y, por lo tanto, una disposición biogenética no aprendida (aun cuando sí refinada y estilizada a fuerza de sensaciones y experiencias), ¿es posible asumirla en términos de saber, es decir, como depositaria de algún grado de conocimiento?; b) supuesto el caso de que la invención, como condición *sine qua non* del ingenio, sea depositaria de algún grado de conocimiento, ¿cuál puede ser el fundamento de ese conocimiento y en qué forma se manifiesta?; y c) conocidos el fundamento y la forma de manifestación de ese conocimiento que presumimos que está en la base del ingenio, ¿es posible someterlos a un ordenamiento tal que permita no sólo comunicarlos sino también *profesionalizarlos*, esto es, profesarlos, dar fe de ellos? Quizás estas tres preguntas ayudan a allanar el camino que conduce a proponer un estatuto de identidad de ese ser humano al cual llamamos ingeniero y de esa entidad a la que llamamos ingeniería.

Lo que sigue, a la sazón, es un intento por responder cada una de las tres preguntas. De entrada, conviene dejar claro que, en procura de encarnar cierta honestidad intelectual, quisiéramos que lo que advenga como respuesta fuera asumido en términos conjeturales y, por ende, provisionales. Estamos lejos de creer que ante un terreno tan espinoso como el que preanuncian las preguntas arriba formuladas, puedan ofrecerse respuestas rotundas y definitivas. Sólo porque intuimos que el tema amerita ser interrogado (o, mejor, convertido en problema), nos disponemos a emprender una aventura semejante, espoleados por el deseo de que otros estudiosos del tema –acaso mejor *acodados* intelectualmente– también puedan terciar en la reflexión.

No sobra advertir que el punto de anclaje teórico en el cual queremos afincar el desarrollo de las cuestiones anunciadas lo constituyen los pasajes iniciales de dos

textos de Aristóteles; justamente los que el Estagirita dedicó a lo que, mal que bien, hoy conocemos con el nombre de *filosofía de la ciencia*, a saber: el texto de la *Metafísica* y el de la *Física*. Como no ignoramos que semejante punto de anclaje origina de inmediato la sospecha acerca de si existe o no «una actualidad de la antigüedad», justificamos de todos modos la asunción que hacemos aduciendo que lo que nos interesa es, sobre todo, encontrar huellas de una problemática contemporánea en un pasado filosófico cuyos síntomas interpretativos nos vienen dados por una tradición de recepción, ciertamente inaprehensible pero igualmente desafiante. De suerte que esas huellas nos pongan sobre la estela de una trayectoria que, no por extemporánea, conviene dejar sin considerar.

En efecto, en el libro I de la *Metafísica*, Aristóteles adelanta la siguiente afirmación «Todos los hombres tienen naturalmente el deseo de saber»¹. Aunque presente en los hombres (pero no en los animales, ni siquiera en los que poseen la facultad de percibir impresiones sensibles), dicho deseo no basta para conseguir el saber; es preciso, entonces, cultivarlo, educarlo, conducirlo. Sólo quien conduce –mediante el cultivo y la educación permanentes– el deseo de saber está en opción de alcanzar, algún día, el saber. Así mismo, el saber, en Aristóteles, no es uno sino múltiple; y su multiplicidad se manifiesta conforme a fases o etapas sucesivas. Por lo tanto, en el deseo de posesión intelectual del saber es menester que el hombre atraviase varias escalas ascendentes. Ellas son: las escalas *de la sensación, la de la experiencia, la de la técnica, la de la prudencia, la de la ciencia, la de la inteligencia y la de la sabiduría*.

El siguiente esquema ilustra lo dicho:



¹ ARISTÓTELES. *Metafísica*. Madrid: Espasa-Calpe, 1999, p. 35.

Como se observa, cada fase o escala implica un grado de conocimiento específico; y su especificidad reside en el hecho de que en «*cada tipo de conocimiento los actos se eslabonan de una manera peculiar, que va desde los tipos de unión por asociación casual, pasiva, propio del conocimiento en estado sensible, pasando por el tipo de unión característico del estado empírico del conocimiento, que es unión por reglas, recetas, preceptos, subiendo al tipo de unión propio de la técnica..., para llegar al tipo de conexión científica, que es por principios, causas y elementos, y finalizar con el tipo especial de unión original de la sabiduría, que es por principios supremos y por causas supremas, no por elementos...*»²

Ahora bien, decir conocimiento sensible (y de ahí en español expresiones como *anestesia, parestesia, sinestesia*, etc.) equivale a decir conocimiento causado por la percepción de nuestros sentidos (vista, oído, olfato, etc.); percepciones amadas por sí mismas, independientemente de si persiguen o no alguna finalidad, y que, por el sólo hecho de pertenecer al linaje homínido, ofrecen al hombre el primer tipo de conocimiento que puede alcanzar (siempre y cuando nazca y se desarrolle en condiciones ordinarias). Así, por ejemplo, cuando el niño, merced a la vista, contempla el fuego y tiende incautamente su mano hacia él, antes que conocer algo del fuego (un estado de calor y luz producidos por el fenómeno de la combustión), conocerá la sensación de dolor que el fuego causa en su mano. Igual en lo que concierne a las demás sensaciones y al conocimiento sensible que ellas proporcionan. El papel que desempeña este primer grado de saber no es insignificante ni despreciable, habida cuenta de que su función predominante es la de permitirle al ser humano el establecimiento de múltiples diferencias respecto del microuniverso de las impresiones sensoriales y motrices.

Parece quedar claro en Aristóteles que este primer grado de saber amerita ser sobrepasado por el hombre, so pena de verse sometido al mundo ciego de lo animal. No en vano los animales «*reciben de la naturaleza la facultad de conocer por los sentidos. Pero este conocimiento en unos no produce la memoria, al paso que en otros la produce. Y así los primeros son simplemente inteligentes, y los otros son más capaces de aprender que los que no tienen la capacidad de acordarse*»³. Y una manera de sobrepasar el estado de mera sensación consiste en dejar que ella se repita, y que la repetición se aloje en la memoria hasta volverse experiencia (y, por qué no, hábito). La experiencia se constituye por la evocación de casos particulares semejantes, deviniendo en algo así como un patrón de naturaleza práctica que permite actuar de modo semejante ante situaciones particulares semejantes. De ahí que la expresión *es un hombre de veinte o treinta años de experiencia* (respecto de un ámbito de acción cualquiera), lo que indica es un

² GARCÍA BACCA, J. D. «Introducción». En ARISTÓTELES, *Poética*. México: Editores Mexicanos Unidos, 1985, p. 15.

³ ARISTÓTELES, *op. cit.* p., 36.

conocimiento que, cimentado en el recuerdo, se puede aplicar a *algunos* casos particulares, pero no a *todos* los casos particulares que se relacionan con el ámbito de acción que ese hombre ha desempeñado en el pasado.

Por su parte, el conocimiento técnico representa una escala superior respecto de los conocimientos sensible y empírico. No hay técnica que no pase por la percepción de los sentidos ni por la experimentación de los recuerdos. Con todo, la palabra *techné*, en Aristóteles (como en muchos otros autores del pasado griego), participa de un fenómeno lingüístico especial conocido con el nombre de *dilogía*. Dicho en breve, *dilogía* es un fenómeno de partición semántica en virtud del cual una misma expresión insinúa dos postulados de significación. Así, *techné*, de un lado, significa técnica propiamente dicha, y, de otro, arte –manifestación artística–. Ambos sentidos están contenidos en la unidad de una misma configuración lexical, y si bien designan cosas similares también designan asuntos diferentes. Veamos:

a) **Técnica propiamente dicha**

Puede ser entendida, en general, como una praxis específica en virtud de la cual una serie de actos ordenados se impone a una serie de objetos concretos, de modo que, al término de la actividad misma, el producto resultante muestre un proceso regulado no por ideas sino por fines, siendo el principal fin el de utilidad (o de uso)⁴.

Una ilustración nos sirve para aclarar la noción: la técnica del alfarero consiste en una serie de actos ordenados (amasar la arcilla, segmentarla, darle forma, etc.) impuesta a una serie de objetos (agua, tierra, espátulas, etc.), de modo que, al término de la actividad, el producto resultante (una vasija, una figura, un plato, etc.) muestre un proceso regulado no por ideas (fórmulas, diseños geométricos, planos, etc.) sino por finalidades de utilidad o de uso (ingesta y consumo de alimentos). En dicho proceso no es que las ideas no presten mérito alguno; lo prestan, y mucho; sólo que ellas hacen las veces de soporte incorporal –es decir, de medios– para la obtención de los fines propuestos. Y son los fines los que determinan tanto los actos que se deben ejecutar como los objetos que deben emplearse, pues si el fin fuera otro, como por ejemplo construir una pieza en altorrelieve, muy probablemente los actos y los objetos seguirían otra dinámica y demandarían otros materiales. Así ilustrada, la técnica, más que un dominio de saber, es una reducto de acción, en el que el hacer es, sobre todo, un hacer de repetición que tiende a la reproducción.

⁴ GARCÍA BACCA, *op. cit.*, p. 17.

b) El arte

Similar a la técnica, el arte, cuando menos en Aristóteles, es también una praxis específica en virtud de la cual una serie de actos ordenados se impone a una serie de objetos concretos, de modo que, al término de la actividad misma, el producto resultante muestre un proceso regulado no por ideas sino por valores, siendo el valor principal el de la belleza (o de mimesis).

El escultor, por ejemplo, realiza una serie de actos (escoger el material, labrarlo, pulirlo, etc.) sobre una serie de objetos (piedra, madera, metal, cincel, etc.), intentando orientarse no por ideas (resistencia del material, proporciones del objeto, colores, etc.) sino por un valor de belleza (belleza tanto más reconocible cuanto más se acerca al objeto inicial). «Y este valor impone, es claro, un orden distinto y obliga a una selección especial de materiales, diversos de los actos y orden que se emplearían para un trabajo técnico, guiados por la utilidad en sus diversas formas: comodidad, economía, lujo, rendimiento».⁵

Distinguidas por la intencionalidad última, la técnica y el arte, a pesar de todo, se asimilan en un aspecto, a saber: en que el resultado de sus actividades respectivas es siempre una obra, y, más, una *obra de creación* (un *opus*, dirían los latinos, esto es, una obra que no tiene razón de ser sino cuando se ejecuta). En esa medida, la actividad creadora deviene un ejercicio de *poiesis*. Y cuando, merced al hacer *poiético*, algo es creado, a partir de elementos ya existentes, la obra admite ser reputada en términos de obra de ingenio. De ello se sigue que la obra de ingenio es, por una parte, producto de una creación, y, por otra, creación fundada en un técnica –en un saber-hacer– que no es más que la estilización de una experiencia sensible y de un arte; arte tanto más relevante –léase, tanto más artístico– cuanto más acuse conocimiento sensible de la técnica empleada.

Si, en este orden de ideas, la obra de ingenio es menos el producto de una faena mágica que el efecto de un complejo de grados de conocimiento en el que participan, en diferentes proporciones e intensidades, la percepción, la experiencia, el saber-hacer y la dimensión artística, una pregunta se impone: ¿en qué medida dichas obras llegan a ser *artificios u obras artificiales*?

Pues bien, Aristóteles, en el libro I, capítulo 2, de la *Física*⁶, establece la diferencia entre dos tipos de seres: los que provienen de la naturaleza (como los vivientes, y, entre los no vivientes, los cuatro elementos) y los que provienen del conocimiento

⁵ *Idem*.

⁶ ARISTÓTELES. *Física*. Madrid: Planeta-Agostini, 1998, p. 16-22.

técnico (como las obras de ingenio). A los primeros los denomina *primarios o naturales*; a los segundos, *secundarios o artificiales*. Aquéllos son, pues, seres que advienen a la realidad sin la mediación necesaria ni suficiente de la intervención humana; éstos, en cambio, son seres que *inundan* la realidad gracias a la intervención expresa de las acciones humanas.

Más todavía: ser natural, en Aristóteles, es aquel ser que, en sí mismo, por sí mismo y desde sí mismo, contiene de modo inmanente los principios de movimiento, de transformación y de cesación de su propia esencia. Una cosa es natural cuando detenta, en consecuencia, una vinculación ontológica de cuatro causas naturales, a saber: la *material*, o poder de empezar a moverse, de empezar a ser lo que es; la *formal*, o energía de transformación gracias a la cual se pasa de un estado de potencia a un estado de acto; la *eficiente*, o ímpetu de consolidación en virtud del cual el ser se actualiza en un efecto determinado y no en otro, justamente en aquel para el cual el poder de movimiento y la energía de transformación lo habían destinado; y la *final*, o el cumplimiento cabal y probable del acto, intención o destino que las tres causas anteriores le habían prefijado al ser natural como tal. Ejemplo de ello es la semilla que, después de pasar por las causas mencionadas, se actualiza en la forma del árbol, y no en otra forma.

Por su parte, ser artificial o artificioso es aquel ser que, aun portando las cuatro causas mentadas, obedece, en rigor, a causas externas, ajenas por completo a la esencia misma del ser. Como señala García Bacca, «una máquina complicada —un aparato de radio, una máquina de vapor— es una cosa física en que todas las causas (*material, formal, eficiente y final*) se hallan en estado innatural o artificial. Ni la forma de la máquina es natural (que ha tenido que ser inventada y no tiene esencia sino plan); ni el material está en su natural estado, sino que ha sido diversamente trabajado, unido con objetos extraños, remachado, soldado, clavado y atado artificialmente; el orden entre las partes de la máquina no ha sido impuesto según una finalidad natural, como las partes de un árbol, sino por un orden económico, social, prefijado por necesidades humanas de industria, comercio, etc.; y las causas eficientes o fuerzas que mueven tal dispositivo o artefacto no son tampoco naturales en estado natural, sino artificiales, separadas más o menos violentamente de su natural estado de fusión con su propia materia —así corrientes eléctricas, energía mecánica transmitida»⁷. El que un conjunto heterogéneo de materiales (cemento, ladrillos, hierro, vidrio, etc.) cuaje en la forma de una casa es resultado que no proviene del empuje y potencia naturales de la naturaleza de los materiales, sino, muy por el contrario, de los dispositivos racionales de una mente humana cuyos empujes, a su vez, se convierten en causas distintas de las potencias y eficiencias de los materiales en cuanto tales.

⁷ GARCÍA BACCA, *op. cit.*, p. 28.

Creemos, a la sazón, que una recapitulación de lo dicho nos ayuda a precisar el contenido de la respuesta a la primera pregunta atrás formulada: puesto que exhiben en sí mismas una desvinculación ontológica de las cuatro causas, y dado que aparecen como efectos de una aplicación razonada y esforzada de un complejo de saberes o tipos de conocimiento (en grados ascendentes), las obras de ingenio, en tanto entidades artificiales que se concretan según un fin de utilidad o de uso, son las obras que mejor conciernen a ese ser humano al que distinguimos como ingeniero; y no tanto porque él, en cuanto individuo particular, sea el único que posee las competencias para realizarlas, cuanto porque es el ser al que la sociedad le reclama que las haga conforme a ese fin, y no conforme a otro.

Pasemos a la segunda pregunta. La planteábamos así: supuesto el caso de que la invención, como condición *sine qua non* del ingenio, sea depositaria de algún grado de conocimiento, ¿cuál puede ser el fundamento de ese conocimiento y en qué forma se manifiesta?

Si en las obras de ingenio lo que se da es menos un grado de conocimiento que un complejo de grados de conocimiento, siendo el técnico el más determinante de todos (puesto que implica un refinamiento cualitativo de las sensaciones y experiencias), sostenemos, a título de conjetura, que el fundamento que subyace al conocimiento técnico es la *analogía*. Queremos entender por ésta un mecanismo de relaciones de semejanza –formal o sustantiva– entre entidades natural o artificialmente diferentes. Como expresión de un mecanismo, la analogía funciona a guisa de un «conjunto multilíneal borroso» en el que los trayectos de las líneas generan representaciones mentales capaces de aproximar instancias de realidad aparentemente incompatibles. En tal sentido, ella se convierte en un auténtico operador de pensamiento que produce, incluso, filiaciones insólitas o superposiciones resabidas, pergeñadas en obras humanas hoy sancionadas como obras de ingenio. Tal es el caso de la rueda como obra de ingenio abstraída analógicamente del tronco del árbol, y ejecutada mediante la técnica del torneado; o tal el caso de los barriles o arcones como obras de ingenio abstraídas analógicamente de las grutas y cuevas subterráneas, y ejecutadas mediante la técnica del embalaje.

Por más implicada que esté la naturaleza, es decir, el mundo de las cosas físicas cuyo soporte es la materia y la energía, la analogía, como base del conocimiento técnico en el cual se apuntalan preponderantemente las obras de ingenio, no se contrae a ser mera *copi*a. Si así fuera, la distinción entre obras naturales y artificiales no operaría. Por lo tanto, más que pasar por la copia, la analogía pasa a) por la *reproducción imitativa*, o sea, por todas aquellas acciones que tienden a producir lo natural en un registro no natural y bajo modalidades no naturales; b) por la *anamorfosis*, o sea, por la deformación reglada del objeto de origen; y c) por la

*homología, o sea, por la evocación alusiva del primer objeto en los que atañe a sus formas y proporciones. Resistirse a la copia, en suma, es, de hecho, resistirse a «la fusión del signo, a la similitud del signifiante y el significado, al homeomorfismo de las imágenes, al espejo, al señuelo cautivador».*⁸

Diríase que la reproducción imitativa, la anamorfosis y la homología estructural son algunas de las estrategias de las que se sirve el ingeniero para conjurar el hecho de que la analogía desemboque en la realización de obras estimadas como meros artificios de chata simulación. Conjuro que se aplica no sólo a la hechura de las obras como tal sino también a las técnicas con base en las cuales las obras se ejecutan. Sin esas estrategias estaríamos reduciendo el saber-hacer del ingeniero a un simple ámbito de mixtificaciones, y al individuo que encarna la capacidad de ingenio a ser un mero artífice de artificios inútiles.

Ahora bien, si aceptamos la idea de que el fundamento del conocimiento técnico es también un complejo de estrategias analógicas, queda por averiguarse cuáles son las formas en que dicho complejo se actualiza. Nuestra apuesta es ésta: son *las formas maquínicas* las formas en que se actualiza ese complejo de estrategias. Expresado en una palabra: no hay obra de ingenio que no devenga una máquina, ni máquina que no devenga una obra de ingenio. Por ello, quizás, ingenio es otro modo de nombrar la máquina, e ingenioso la cualidad que posee el individuo idóneo para construir, cual fecundo artífice, obras de utilidad.

Pero, ¿qué podemos entender por máquina? En sentido aristotélico, «*un artefacto en que se desvinculan y se emplean desvinculadas las cuatro causas: material, desvinculada de la formal, y la material y formal desvinculadas de la eficiente y final, tal como se hallan en su estado natural. Entre artefactos que desvinculan una sola causa, y artefactos que desvinculan las cuatro, caben evidentemente muchos tipos intermedios de cosas artificiales*»⁹. En otro sentido, acaso más actual, máquina es todo objeto mental (mentefacto) o artificial (artefacto) dotado de reglas de funcionamiento bien definidas. Si bien es cierto que para muchos seres humanos la máquina se define más por su eficacia funcional que por su consistencia estructural, para otros es al revés. Sea como fuere, el *telos* (la intencionalidad final), en las máquinas, es siempre lo más relevante, aunque sin descuidar la consistencia estructural y la dimensión estética que ellas, hoy por hoy, demandan.

⁸ BARTHES, Roland. *Roland Barthes por Roland Barthes*. Caracas: Monte Avila, 1978, p. 48-49.

⁹ GARCÍA BACCA, *op. cit.* p. 29.

En cuanto artefactos, las máquinas tienden a ser clasificadas en dos grupos: triviales y no triviales. Al amparo de un esquematismo manifiesto, pueden ser asumidas como triviales las máquinas que se componen de tres partes básicas: una entrada (*input*), una función (que rige el proceso de operaciones internas de su propio mecanismo) y una salida (*output*). Independientemente de que se nutran de materia, energía e información, ellas obedecen a un principio lógico y cronológico de sucesión lineal; y, en la medida en que sus causas finales se conocen de antemano (puesto que lo que sale de dichas máquinas es correlativo con lo que entra), son eminentemente predecibles; así mismo, son determinables—en términos analíticos—, como quiera que son conocidas las reglas que gobiernan su funcionalidad interna. Diríase que estas máquinas, al hilo de *generaciones técnicas* que se rebasan a sí mismas conforme cambian las necesidades humanas y los escenarios individuales y colectivos en que ellas se desarrollan, se instalan en las dinámicas sociales para crear una suerte de *segunda naturaleza*. Al punto que su presencia en el seno de lo social ya no suscita ninguna clase de extrañeza; al revés, la naturaleza creada por ellas comparte un lugar con la naturaleza en su estado natural. Y tanto comparte ese lugar que cuando una máquina trivial se daña o acusa una disfuncionalidad operativa, la sociedad misma responde enviando a sujetos preparados y entrenados para restituir la «trivialización» que se ha degradado.

El modelo al que responden estas máquinas triviales puede ser comprendido al tenor del siguiente diagrama:¹⁰

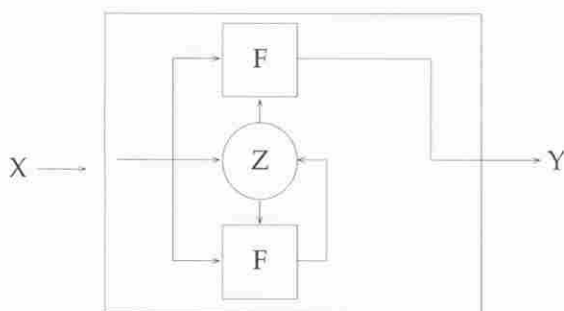
X	F	N
<i>Input</i>	Operación	<i>Output</i>
Variable independiente	Función	Variable dependiente
Causa	Ley natural	Efecto
Premisa menor	Premisa mayor	Conclusión
Estímulo	Organismo	Respuesta
Motivación	Carácter	Comportamiento
Objetivo	Sistema	Acción

De otra parte, las «máquinas no triviales» exhiben una conformación diferente: «su secreto consiste en que internamente cambian una función por otra ...En el lenguaje de

¹⁰ VON FOERSTER, Heinz. *Sistémica elemental desde un punto de vista superior*. Medellín: Fondo Editorial Universidad Eafit, 1998, p. 20.

la computación esto se denomina el problema de la identificación de la máquina: se da a alguien una máquina y se le pide que averigüe cómo funciona. La máquina trivial es previsible: quien sabe como funciona sabe que si introduce una A saldrá una B. Pero en esta máquina no trivial, si uno introduce una A produce una B, una B produce una C o una D, y al darle nuevamente una A produce una C».¹¹

El diagrama que mejor representa esta clase de artefactos es éste:¹²



Triviales o no triviales, las máquinas, en tanto obras de ingenio, presuponen, para su fabricación, además de unas técnicas, unas *reglas de fabricación*, es decir, unas *tecnologías*. En consecuencia, si decir técnica equivale a decir un conjunto de actos requeridos para preparar el material que será sometido a una intervención especial con el fin de obtener un artefacto de utilidad, decir tecnología equivale a decir conjunto de fórmulas, recetas, reglas, etc., que preceden al dominio de una técnica determinada. La tecnología, entonces, supone un *saber y*, a la vez, preanuncia un *hacer*. No en vano a ella le está reservada el componente de razón, de discurso, de palabra (contenida en el sufijo *logos*) que la técnica, en cuanto actualización y realización efectivas, no porta.

Con todo, ¿cuál es el saber que presupone la tecnología? Ni más ni menos el saber científico, o, mejor, el conocimiento que, en términos aristotélicos, se denomina *epistémico*. De hecho, no hay tecnología, por más rudimentaria o avanzada que sea, que no se asiente en el saber agenciado por la ciencia, del mismo modo que no hay técnica que no pase por el acto de enunciación tecnológica. Que esto lo intuía Aristóteles, lo confirma la siguiente consideración: «*Los hombres de experiencia saben bien que tal cosa existe, pero no saben por qué existe; los hombres de arte, por lo contrario,*

¹¹ *Idem*, p. 33-34.

¹² *Idem*, p. 33-34.

conocen el porqué y la causa. Y así afirmamos verdaderamente que los directores de obras, cualquiera que sea el trabajo que se trate, tienen más derecho a nuestro respeto que los simples operarios; tienen más conocimiento y son más sabios, porque saben las causas de lo que se hace; mientras que los operarios se parecen a esos seres inanimados que obran, pero sin conciencia de su acción, como el fuego, por ejemplo, que quema sin saberlo ...La superioridad de los jefes sobre los operarios no se debe a su movilidad práctica sino al hecho de poseer la teoría y conocer las causas: Añádase a esto que el carácter principal de la ciencia consiste en poder ser transmitida por la enseñanza» (el resaltado es nuestro).¹³

A título de ilustración, creemos que los esquemas que a continuación reproducimos ilustran a cabalidad las dos clases de máquinas que acabamos de describir:¹⁴

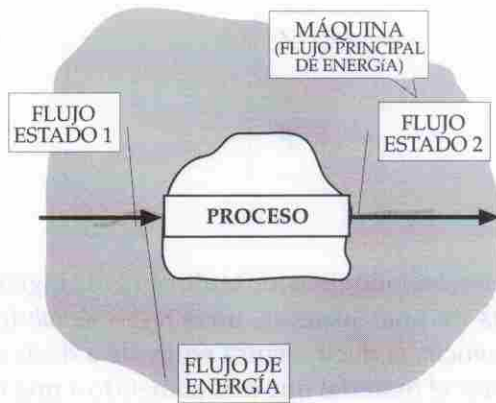
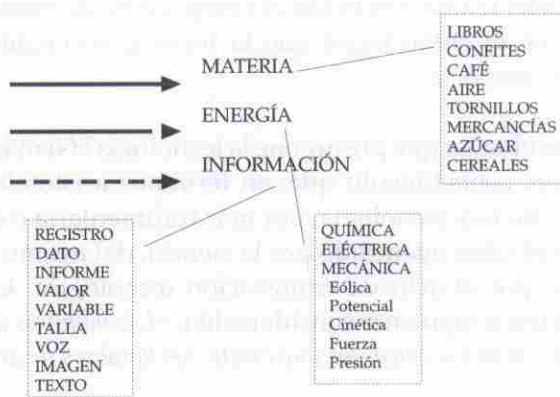


Diagrama 2



¹³ ARISTÓTELES, *Metafísica*, op. cit. 37.

¹⁴ RODRÍGUEZ, Alberto. «La organización de un sistema técnico». Medellín: Universidad Eafit. Mimeo. p. 2-3.

Sea como fuere, máquinas triviales o no triviales, las obras de ingenio a las que conduce el complejo de saberes y conocimientos que posee el ingeniero son, en rigor, obras de *poiesis*, obras de creación. En efecto, el ingeniero es creador, si por *crear se entiende el hecho de promover al rango de posible lo que los demás estiman como imposible*. Y más: crear es liberar un mundo-otro que se yergue sobre las férreas y desencantadas realidades habituales; es cortar y plantarse sobre el *continuum* de la naturaleza; es *situar* y troquelar un estilo, o, si se prefiere, concretar una demanda adecuada para convertir en su contrario la variedad de las apariencias, o para festejar la fuerza de los diseños (vale anotar, el poder de las gráficas, la dinámica de las fórmulas matemáticas, la seducción de las palabras); en suma, crear es conspirar contra el mundo ciego de lo informe con el fin de hacer prevalecer el advenimiento de nuevas formas, de nuevas entidades, de nuevos seres.

Hasta este punto, hemos mostrado que el ingeniero recorre, en relación con el modelo aristotélico de las escalas de saber, cuatro grados de conocimiento, a saber: sensorial, empírico, técnico y científico. Es preciso examinar si el grado que corresponde a la *phrónesis* (o la prudencia) también concierne al hacedor de obras de ingenio.

Si, en términos generales, la prudencia en Aristóteles se refiere a un saber vivir bien, es decir, «saber el modo de actuar en la vida en su conjunto en función del bien del hombre», o, incluso, al juicio mensurado que decide –en el seno de un mundo signado por el azar o la contingencia– la oportunidad del obrar, queda asentado dicho conocimiento en el terreno de la ética. Como no es éste el lugar para adelantar una reflexión sobre el tema de la ética, a lo sumo diremos algo sobre la prudencia que conviene al ingeniero, o, más bien, a las obras de ingenio que está llamado a fabricar.

Dos, entre otros, serían los actos de prudencia que deben regular su acción: *prudencia natural* y *prudencia política*. Si entendemos por prudencia el acto de discernimiento de juicio en virtud del cual se logra establecer aquello que es dañino de lo que no lo es, o aquello que es perjudicial de aquello que no lo es, entonces prudencia natural guarda relación con el hecho de que las obras de ingenio que se realizan sobre la naturaleza misma, y merced a la transformación artificial de elementos naturales, deben efectuarse procurando reconocer, uno, que los elementos naturales (asumidos en términos de recursos o insumos) no son infinitos y sí perecederos, dos, que hay leyes naturales que aún se desconocen (caso, por ejemplo, de los flujos piroclásticos de los volcanes o las espirales eólicas de los tornados), y ante las cuales el ingenio humano, por ahora, no puede menos de reconocer sus limitaciones, y, tres, que en lugar de seguir creyendo que la técnica puede vencer a la naturaleza, convendría agenciar una *conciencia ecológica* en virtud de la cual la técnica y la naturaleza se alíen antes que «enemistarse».

Y prudencia política, en el sentido de que toda obra de ingenio, por ser obra humana, afecta (para el bien de algunos y para el mal de otros) la *polis* –la ciudad– o el ordenamiento de convivencia de quienes conforman una comunidad. Tanto si la obra se realiza en el seno de la ciudad (un puente, un sistema de defensa militar, una central nuclear) como en el seno de una comunidad no urbana (una represa, un plan de vías y caminos, un sistema de riegos), el ingeniero debe procurar agenciar una conciencia política, capaz de estimar los impactos sociales–ecológicos, antropológicos y axiológicos– que su obra de ingenio producirá en los moradores cercanos o lejanos a la misma obra. Impacto que, en última instancia, se medirá no por la ganancia (factor cuantitativo) que arroje la construcción como tal sino por la utilidad (factor cualitativo) de la misma.

Si recapitulamos lo dicho, en la esperanza de haber podido ofrecer una respuesta a la segunda pregunta, cabe decir que, en efecto, el ingeniero, apuntalado en el complejo de saberes que lo trama, está preparado no sólo para aplicar los principios básicos del conocimiento científico, sino también para diseñar, conforme a estrategias analógicas, obras concretas de utilidad (obras maquinicas que cortan e intervienen el abanico de flujos que caracteriza el mundo real de la *physis*). La vía que sigue no puede menos de ser expedita: a partir del saber científico elabora instructivos de fabricación; instructivos que, en la medida en que se pueden plasmar mediante el discurso –o logos–, se tornan comunicables al punto de alcanzar el estatuto de auténticas tecnologías; y a partir de éstas, cuyo fundamento es, según lo expuesto, la analogía, ejecuta, mediante técnicas *ad hoc*, obras de ingenio específicas.

Finalmente, sólo nos resta responder a la tercera pregunta formulada al comienzo; decíamos: conocidos el fundamento y las formas de manifestación de ese conocimiento (el científico) que presumimos que está en la base del ingenio, ¿es posible someterlo a un ordenamiento tal que permita no sólo comunicarlo sino también profesionalizarlo, es decir, profesarlo o dar fe de él?

Para responder a esta pregunta permítasenos ensayar una aproximación diferente, más arqueológica que etimológica y filosófica, y que toma en cuenta el contexto socio-cultural en el cual la ingeniería, primero como oficio y luego como profesión, recibe un tratamiento más concernido.

Así, pese a una larga historia de realizaciones concretas (realizaciones que se remontan hasta las culturas más antiguas del Mediterráneo anterior a los tiempos egipcios), la ingeniería no acusa un estatuto de oficio sino hasta cuando en la Europa Central el Renacimiento sucede a la Baja Edad Media. Si bien es cierto que la universidad es una institución que nace en el siglo XII en Bolonia –y pocos años después en París–, el plan de estudios que ofrece de la mano de catedráticos ligados

al dominio eclesiástico, no distingue todavía algo llamado ingeniería. Por supuesto que se enseña aritmética y geometría, pero más como cartas liberales que como saberes destinados a generar técnicas de producción ligadas a una economía de mercado.

Habrà que esperar hasta la consolidación del Renacimiento para ver aparecer un nuevo tipo ideal humano; un tipo humano que, además de interesarse por la ciudad (en tanto que territorio geopolítico que substituye a los anacrónicos feudos), responde a una clase burguesa naciente cuyos intereses, *protocapitalistas*, reclaman la necesidad de individuos capaces de poseer conjuntamente competencias artísticas, matemáticas y filosófico-políticas, y que podían ayudar en la gesta de sus proyectos de modernidad. Con todo, es en los siglos XVIII y XIX cuando esa naciente burguesía se hace dueña del capital y, en consecuencia, dueña de una «inteligencia burocrática organizativa». El trabajo se organiza, a la sazón, conforme a la noción de fuerza de trabajo que, en adelante, será sometida a un régimen de contraprestaciones fundado en la noción de emolumento. La antigua «bodega» renacentista cede su lugar al taller, del mismo modo como éste, por la mediación de la institución burocrática de la producción, luego cederá su lugar a la fábrica. Y como quiera que la fábrica es un lugar de encierro destinado a la *maximización* de la producción, se hace necesario contar con un operador psicosocial que garantice dicha maximización. No pasa mucho tiempo sin que la clase burguesa lo encuentre y lo ponga a operar: es el operador de la disciplina. Así las cosas, la fábrica, al tiempo que lugar de encierro, se torna lugar disciplinario: en él el espacio de la producción se distribuye por departamentos; el tiempo se regula conforme a un horario laboral que abarca más de 16 horas de jornada; y la consigna que se distribuye es la de que la suma de la fuerza de trabajo individual debe ser igual o superior al «cuerpo» total de la producción.

Paralelamente a esta organización social de la producción, la universidad de la época (y ésta será una constante que se mantendrá hasta nuestros días) se ordena en atención al modelo fabril. De un lado, los saberes conseguidos por parte de los estudiantes serán el producto del esfuerzo personal (de la fuerza de trabajo invertida); y de otro, esos saberes, también denominados disciplinas, se estabilizan en departamentos (el departamento de física, de matemática, de filosofía, etc.). Sólo quien haya cumplido un ciclo completo de formación disciplinaria será aquel que reciba una distinción social: la distinción de ser profesional en un área específica de los saberes humanos, y, por ende, calificado para insertarse en los procesos de producción del mundo industrial. El profesional, y éste es el caso de los ingenieros (que por lo demás se preparan en las universidades de la época o, en su lugar, en los institutos politécnicos que empiezan a operar al lado de algunas de ellas), es el que profesa un saber correlativo a la producción (en el sentido de hacer visible), el que da fe de algo.

Y cuando el ingeniero queda en trance de dar fe de algo, los últimos grados del saber propuestos por el modelo aristotélico aparecen en su más plena expresión: de un lado, el acto de intelegir o comprender la dinámica completa de los saberes integrados que participan en su formación profesional (comprensión que habilita al ingeniero para saberse a sí mismo como un hombre *polymechané*), y de otro, la sabiduría (o *sophía*) que da pie a que las mismas instituciones educativas se atribuyan para sí la misión de enseñarla. Sólo cuando el saber se reúne en pequeñas regiones de saber, y ellas se someten a un ordenamiento especial en el que el lenguaje sirve para vehicular los contenidos de dichas regiones en unidades curriculares (tales como la institución universitaria las reclama), la ingeniería entra en la sociedad a cumplir un papel especial: el de servir de soporte del desarrollo tecnológico e industrial de las necesidades exhibidas por esa misma sociedad.

Con todo, ¿de qué puede dar fe el ingeniero, como portador de una cierta inteligencia y sabiduría? Diríase que el ingeniero da fe de un saber-hacer algo. Eso que sabe hacer, y de lo cual está compelido a dar fe, es un objeto de conocimiento, su objeto material de conocimiento. Conforme a su objeto material, se establecen las distintas variedades de las ingenierías: ingeniería civil, mecánica, administrativa, etc. A la vez, todas las ingenierías participan de un objeto formal de conocimiento, más o menos común a todas: una formación en ciencias básicas, que varía en extensión e intensidad (y, por lo tanto, en ciclos de escolaridad) según el mismo objeto material de conocimiento. Igualmente, si las ingenierías dan fe de un saber-hacer, es porque, más que demorarse en la teoría, esto es, en los principios racionales aceptados *a priori* (con base en los cuales se consolida un saber), ellas se legitiman en la práctica, es decir, en la aplicación puntual de aquellos principios.

De ahí que el ingeniero, cualquiera sea su objeto material, se define –y se presenta ante el mundo social– como un hacedor de cosas (no como un sujeto que, vía la argumentación racional y la comunicación discursiva, se dedica a la contrastación y falsación críticas de los presupuestos especulativos de los cuales parte). Así conceptualizado, el tipo de acciones en que incurre el ingeniero es el tipo de acciones llamadas *instrumentales*, del mismo modo que la racionalidad que lo caracteriza es la racionalidad instrumental. «La acción instrumental es la acción técnica, la acción sobre la naturaleza que se orienta completamente por los resultados de antemano decididos, y cuyo éxito equivale al logro de esos resultados; ese tipo de acción se optimiza –se racionaliza– siguiendo criterios de eficacia y de eficiencia».¹⁵

¹⁵ MOCKUS, Antanas. *Pensar la Universidad*. Medellín: Fondo Editorial Universidad Eafit, 1999, p. 51. Cabe anotar que estas distinciones entre las distintas clases de acciones responden a los desarrollos de la «Teoría de la acción comunicativa» concebida por Jürgen Habermas.

En la medida en que la razón en él se torna instrumento, en su campo de acción, más que ocuparse de los universales, se ocupa y preocupa de los particulares. Ocuparse de los particulares equivale a apuntalar su saber-hacer en el diseño. Como señala Mockus, el concepto de diseño «significa determinación completa desde los signos. En el diseño se manifiesta el salto cualitativo hacia el dominio de las cosas y procesos que han dado la teoría y la tradición académica, al probar contundentemente que podían de antemano disponer, organizar y dar pautas de cálculo y previsión para una gama cada vez más amplia de objetos y procesos, poder estudiarlos, conocerlos, incluso mucho tiempo antes de poner en marcha su materialización»¹⁶. Sólo que no hay diseño sin control. De modo que decir acción y razón instrumentales es decir una obra que se diseña con base en un saber teórico (o con base en una concurrencia de nociones que proceden de distintos saberes), y cuya ejecución práctica no puede menos de verse sometida a patrones de control, esto es, a indicadores de verificación probable que han sido establecidos por escrito con suficiente anterioridad. El control, entonces, es el que determina, en última instancia, si la obra ejecutada por el ingeniero resulta siendo de calidad, económicamente viable y, sobre todo, de utilidad. En suma, el ingeniero da fe de que sabe-hacer obras particulares que resuelven necesidades de primer orden y cuya utilidad se afina en el ejercicio de unos usos técnicos especializados.

En fin, ese sujeto que vive para ingeniárselas, es decir, para construir obras de ingenio o artefactos (que exigen la tenencia de competencias cognitivas complejas y, por ende, el dominio de una racionalidad no menos matemática que instrumental), no sería otro que el ingeniero, si por éste entendemos no tanto un individuo particular sino más bien un ámbito de acción social, integrado por *«un conjunto de conocimientos teóricos, empíricos y de prácticas que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos, instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica ad hoc –física, ciencias naturales y economía–, especial y notoriamente superior al común de los ciudadanos»*.¹⁷

¹⁶ *Idem*, p. 45.

¹⁷ Definición de la ingeniería propuesta por Gabriel Poveda Ramos, y citada por VALENCIA, Asdrúbal en: «Algunos términos de referencia: ¿Está la ingeniería en una encrucijada?» Seminario: *Ingeniería, investigación y sociedad*. Medellín: Universidad de Antioquia, 1998, p. 18.

Referencias

- ARISTÓTELES. *Metafísica*. Madrid: Espasa-Calpe, 1999. 521 p.
- *Física*. Madrid: Espasa-Calpe, 1999. 521 p.
- BARTHES, Roland. *Roland Barthes por Roland Barthes* Caracas: Monte Avila, 1978. 207 p.
- GARCÍA BACCA, J.D. «Introducción». En ARISTÓTELES, *Poética*. México: Editores Mexicanos Unidos, 1985, p. 9-129.
- MOCKUS, Antanas. *Pensar la Universidad*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 1999. 203 p.
- RODRÍGUEZ, Alberto. «La organización de un sistema técnico». Medellín: Universidad EAFIT, 1999. Mimeo. 54 p.
- VALENCIA, Asdrúbal. «Algunos términos de referencia: ¿Está la ingeniería en una encrucijada?». En seminario: *Ingeniería, investigación y sociedad*. Medellín: Universidad de Antioquia, 1998, p. 15-25.
- VON FOESTER, Heinz. *Sistémica elemental desde un punto de vista superior*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 1998. 81 p.