

La interdisciplinariedad en ingeniería

Grupo Ingeniería y Sociedad Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia

Asdrúbal Valencia Giraldo – Ingeniero Metalúrgico
Luz Dary Muñoz Ortiz– Antropóloga
Luis Fernando Mejía Vélez- Abogado
Guillermo Restrepo González – Ingeniero Industrial
Carlos Mario Parra Mesa - Estadístico
Jaime Ochoa Angel – Sociólogo

Introducción

Un poeta antioqueño escribió: "Ninguna profesión tan terrestre y tan ligada al adelanto de los pueblos como la ingeniería: es como la mano con que los pueblos construyen su propia existencia navegable y transitable, su destino fluyente, una unidad y sus posteriores desbordamientos universales...Mas los ingenieros no son hombres extraños e inalcanzables. Son hombres, simplemente, antes que ingenieros y en ello radica su mayor riqueza. Son sus obras proyecciones de su condición humana y de sus sentimientos de solidaridad. En diversas formas se acercan a sus semejantes y patentizan su presencia y su ánimo de servir a la comunidad" ¹

Esta visión poética de lo que son - o deberían ser - los ingenieros, reconoce que aquellos que dedican su vida a la ingeniería es probable que tengan contacto con casi todas las fases de la actividad humana. No sólo necesitan tomar decisiones importantes sobre los lineamientos mecánicos de las estructuras y las máquinas, las obras y los procesos, sino que en su actividad se ven confrontados con problemas de reacciones humanas ante el universo, y constantemente involucrados en problemas legales, económicos y sociológicos. El trabajo del ingeniero es sintético por naturaleza y consiste en agrupar enfoques de las relaciones humanas, de los oficios, de las artes y de las ciencias para producir nuevos montajes. Es decir, que los ingenieros pueden tener más problemas por carencias en los primeros tres enfoques, que por violar las bien documentadas leyes de la ciencia.² De entrada pues, vemos clara la naturaleza interdisciplinaria de la ingeniería

La ingeniería como profesión

Antes que todo debe quedar claro que la ingeniería es una profesión y a diferencia de las disciplinas no es una unidad discursiva discreta y especializada con su propio campo intelectual. Mientras las disciplinas –como la física o la filosofía- se orientan hacia su propio desarrollo, la ingeniería busca su aplicación fuera de sí misma. Dentro de la organización moderna del conocimiento la ingeniería es una profesión, y una por tanto es una recontextualización de las disciplinas que operan tanto en el campo de ellas mismas como en el campo de las prácticas. Las profesiones son una interfase entre las disciplinas y las tecnologías que ellas hacen posibles.³

De hecho, en las profesiones prima el principio de interdisciplinariedad, dado que su origen o fundamento no está en una sola sino en diversas disciplinas. Así pues la

ingeniería, que generalmente se reconoce como una profesión, junto con otras como la medicina, la odontología, el derecho, la arquitectura, y la educación.

Para nuestro caso podríamos precisar que un profesional es una persona que aplica cierto conocimiento y destreza, generalmente adquiridos mediante estudio formal, al servicio de la gente. Además, un profesional observa un código aceptable de conducta, usa discreción y juicio al tratar con los demás y respeta sus confidencias.

La ingeniería como un cuerpo especializado de conocimientos y de prácticas es una profesión que puede ser analizada por referencia a sus fundamentos disciplinarios y por referencia al campo de las prácticas tecnológicas en el cual debe intervenir. Desde este punto de vista, son diversos los aspectos que demanda el establecimiento del currículo de la formación del ingeniero. Uno de esos aspectos tiene que ver con el desarrollo de la cultura moderna en sus dimensiones ética, estética, humanística y política; además debe tenerse en cuenta el carácter social de la ciencia y la tecnología, que obliga a adoptar una postura crítica frente a sus múltiples impactos y a articular de una manera racional la ética con la técnica.⁴

Esto implica que “se requiere un ingeniero que integre lo técnico, lo ético, lo ecológico y lo cultural para el pensar, el sentir y el hacer”⁵, por ello el propósito del currículo en ingeniería debe ser formar, en su ámbito científico, tecnológico, ético, estético, humanístico y político a los futuros dirigentes, desarrollando su capacidad para planificar, crear, instaurar, dirigir y controlar proyectos y organizaciones, con sentido abierto, crítico e innovador en el entorno nacional, con calidad mundial, y en el dominio de la especialidad que determina la rama de la ingeniería específica. Esto se soporta en el reconocimiento e identidad de los valores humanos como la única alternativa para que su impacto sea benéfico a todos.

La interdisciplinariedad

Decimos que la ingeniería es una profesión que se basa en las disciplinas, es decir es interdisciplinaria por naturaleza. Sin embargo, es conveniente dar una mirada al concepto de interdisciplinariedad en un sentido más amplio en el contexto de la formación de los ingenieros.

Debe recordarse que la misión de la sociedad es resolver sus variados problemas y virtualmente ninguno se puede resolver con la aplicación de una sola disciplina. De otro lado, las universidades en vez de estar “orientadas por la misión “están orientadas por la disciplina”. Además de esto, el rápido crecimiento del conocimiento tiende a que aumente el grado de fragmentación y especialización, lo cual a su vez lleva a dificultades crecientes en la comunicación y esto con el tiempo puede significar que las universidades pierdan el contacto con la sociedad que las soporta.

Así que la interdisciplinariedad no es simplemente el enfoque fundamental en la educación de los ingenieros sino la clave del cambio en la misión y el estatus social de la universidad. Por esta razón, en la década de 1970 la interdisciplinariedad emergió como un tema principal y sigue siendo objeto de varias reuniones y conferencias internacionales.

Para mejor comprensión podríamos decir que para el logro del anhelo interdisciplinario, por ejemplo al abordar el estudio de un tema como el ambiente, se puede seguir el siguiente proceso.

- Primero, los especialistas de distintas disciplinas son convocados por el tema y estudian *paralelamente* diversos aspectos del ambiente y presentan informes distintos, con el fin de esclarece mejor, por yuxtaposición, el problema; es decir, se tiene una aproximación multidisciplinaria. Esto es lo común en la enseñanza de la ingeniería.
- Segundo, los especialistas atacan *conjuntamente* el problema del ambiente, *comparan* sus hipótesis de trabajo, *evalúan*, recíprocamente sus resultados y los métodos, para llegar a un *informe común*, es decir se alcanza interdisciplinariedad.⁶
- Tercero, cuando varias disciplinas estudian el fenómeno, intercambian métodos y establecen un sistema común de axiomas llegando más allá del umbral de cada disciplina y produciendo algo nuevo se da entonces las transdisciplinariedad. En el fenómeno del ambiente podría ser “la producción limpia” o “el calentamiento del planeta” ejemplos de este tipo.

Una de las causas de la interdisciplinariedad es el *desarrollo de la ciencia*, aunque puede tomar formas casi contradictorias. La primera etapa es aumentando la especialización, lo cual lleva a campos cada vez más restringidos que, sin embargo, corresponden casi todos al punto de reunión de dos disciplinas. Esta intersección ayuda a demarcar el objeto, pero al mismo tiempo impone un enfoque múltiple. Dependiendo del caso, o mejor aún, dependiendo de que tanto haya avanzado el trabajo, el término usado puede ser interdisciplinariedad o nueva disciplina. Esta tendencia a que la interdisciplinariedad sirva, en realidad, como base para una nueva disciplina ha sido observada por muchos científicos y, en muchos casos, se ha considerado como el propósito y la naturaleza reales de la interdisciplinariedad. A veces, sin embargo, parece pensarse que esta nueva disciplina continuará necesitando expertos entrenados en otros campos. Otras veces, la interdisciplinariedad es tratada simplemente como el símbolo de un estado de crisis y como el medio de fragmentar una disciplina demasiado rígida en un momento dado o la introducción en nuevos campos del saber. Lo que se puede mirar como una variante de este caso es la reunión de una disciplina dada con una aplicación particular que surge del progreso tecnológico (por ej. la enseñanza y la investigación de la ingeniería espacial, fruto del desarrollo de la ingeniería y la necesidad de responder a problemas especiales impuestos por los vuelos espaciales).⁷

En una tendencia reversa, esta diversificación del pensamiento científico estuvo acompañada de intentos de definir ciertos elementos comunes. Su primera manifestación fue un esfuerzo de maximizar la ciencia, pero entonces llegó el surgimiento, en una escala más extendida, de un número de conceptos comunes a muchas, sino a todas, disciplinas como estructura, modelo, sistema, etc. En este caso, la interdisciplinariedad se transforma en transdisciplinariedad.

Otra gran causa de la interdisciplinariedad es la *demanda social original*, es decir una cantidad de situaciones donde la sociedad como un todo o la comunidad local, el pueblo, la región o el municipio, proponen a la universidad nuevos temas para estudiar,

los cuales, por definición, no se pueden considerar dentro de ningún marco disciplinario existente, un ejemplo es la investigación ambiental.

Un “problema” de la comunidad desencadena un enfoque interdisciplinario porque actúa como un foco que unifica las varias disciplinas incluidas. El empleo, la energía, el ambiente, el transporte, la salud, el planeamiento urbano, etc. son todos problemas propuestos por las comunidades que abren la puerta a la combinación de varias disciplinas, en particular a la ingeniería y las ciencias humanas.

Por consiguiente, cada vez, la realidad se debe enfocar desde diferentes ángulos y se debe acordar un papel a la relación entre ellos. Sea que el problema tenga que ver con el ambiente, la salud, la educación, el desarrollo o la energía, y sea que se aborde desde un punto de vista local, regional, nacional o universal, cada vez encontramos una abundancia de enfoques y áreas del conocimiento cuya aplicación es siempre peligrosa sea para propósitos investigativos o de enseñanza.

Respecto a lo anterior, y referido a la educación en ingeniería en la universidad, se afirma lo siguiente: “Puesto que abre caminos nuevos cada vez, la educación en ingeniería debe reorganizarse en términos del problema presente y las necesidades de la comunidad. Esto llama a la revisión de los currículos, los métodos de enseñanza y las estructuras de la universidad, en relación con los cuales queda mucho por discutir y mucho por hacer”.⁸

En resumen la interdisciplinariedad puede ser puramente teórica, puramente artificial, es decir que represente el sueño no realizado, acariciado por todo universitario, sobre una cierta clase de conocimiento universal. Pero la interdisciplinariedad puede ser también algo extremadamente concreto y muy preciso cuando viene de afuera, en otras palabras cuando corresponde a la efectiva complejidad y el carácter “multi-referencial” de todos los problemas reales. Más aún, se puede ver que la comunidad - mediante su creciente demanda de ayuda en el análisis y solución de sus problemas sociales y económicos- puede estar en condiciones de forzar a la universidad a remodelar sus programas curriculares y de investigación y sus estructuras institucionales.

La identidad de la ingeniería

Paradójicamente, la naturaleza interdisciplinaria ha dificultado que la ingeniería adquiera su plena identidad como profesión. Existe todavía un problema no resuelto en la ingeniería y porque la tecnología moderna no puede ser reducida ni a la capacidad inventora ni a la mera aplicación de los conocimientos científicos. Ella se produce a través de la cooperación coordinada de los ingenieros (y en ciertos casos también de los científicos) quienes, en virtud de su conocimiento y capacidad especializados, logran que un producto tecnológico llegue a la madurez de su producción a través de un continuado proceso de construcción y desarrollo. Es decir que la ingeniería está subsumida en la tecnología, o mejor, en lo que la gente percibe en general como la máquina tecnocientífica e incluso tecnoeconómica.

Y ello ocurre así porque en la actualidad la ingeniería está asociada con otras disciplinas, como afirma el ingeniero Hardy Cross en su libro *Los ingenieros y las torres de marfil*. “Existe la costumbre de pensar que la ingeniería es parte de una

trilogía: ciencia pura, ciencia aplicada e ingeniería. Se debe hacer énfasis en que esta trilogía es solamente una de la tríada de trilogías en cuales encaja la ingeniería. La primera es ciencia pura, ciencia técnica, ingeniería; la segunda es teoría económica, finanzas, ingeniería; y la tercera es relaciones sociales, relaciones industriales, ingeniería. Muchos problemas de ingeniería están tan cercanos a los problemas sociales como a los problemas de la ciencia pura”.⁹

No debe olvidarse que la ingeniería es, en los términos más generales, un constructo teórico que incluye a los ingenieros mismos, a la educación que los forma, a la sociedad que los acoge: en las diversas actividades, en las asociaciones de ingeniería y sus productos, sean bienes o servicios.

La ingeniería cubre un amplio campo de estudio y actividades, desde la agricultura hasta la construcción de barcos, de la microelectrónica al transporte, de la civil a la bioingeniería, muchas aplicaciones de la vida diaria están relacionadas con la ingeniería o dentro de su alcance. Cada entidad física y artificial usada por los humanos es producto de alguna de las ramas de la ingeniería. La ingeniería está tan entrelazada en el tejido de la sociedad moderna, que encontramos a los ingenieros empeñados en un amplio espectro de ocupaciones, sin embargo ellas tiene un núcleo que es el diseño.¹⁰ A pesar de ello, persiste el problema de su identidad.

En 1825 Augusto Comte dijo que: ”Es fácil reconocer en el cuerpo científico tal y como existe ahora un cierto número de *ingenieros* distintos de los hombres de ciencia propiamente dichos. Esta importante clase nació necesariamente cuando la Teoría y la Práctica, que salieron de puntos distantes, se acercaron lo suficiente para darse la mano. Esto es lo que hace que su status propio esté aún poco definido. En cuanto a las doctrinas características adecuadas para establecer la existencia especial de la clase de los ingenieros, su verdadera naturaleza no puede indicarse fácilmente porque sólo existen sus fundamentos...El establecimiento de la clase de los ingenieros con sus propias características es de la mayor importancia porque esta clase constituirá, sin duda, el instrumento de coalición directo y necesario entre los hombres de ciencia y los industriales por medio de los cuales solamente puede empezar el nuevo orden social”.¹¹

Apenas cien años después de que Comte señalara lo anterior vino a establecerse lo que él llama “la clase de los ingenieros”. Esto se debió, según lo afirma Sprague, a que desde sus inicios la ingeniería estuvo unida a los poderes político, religioso y militar, los capaces de promover las grandes obras que los ingenieros llevaron a cabo y de acuerdo con Mitcham, a que, a pesar de esa directa conexión con el poder, su responsabilidad ha tenido que ver con la subordinación de los ingenieros a las organizaciones sociales, cuyo poder político y económico excede ampliamente todo poder tecnológico que puedan tener éstos en forma individual¹². Además, como señala Mitcham, subsiste el problema de la identidad de la ingeniería, una profesión que a diferencia de la medicina – que se orienta a la salud – o el derecho – cuyo fin es la justicia -, no estaba claro que la ingeniería poseyera algún ideal intrínseco, sustantivo. Los ingenieros se denominaron así – *ingeniators* – porque construían y operaban ingenios de guerra; hasta finales del siglo XVIII la ingeniería fue fundamentalmente una actividad militar. La importancia de la École Polytechnique fundada bajo la dirección del Ministerio de las Fuerza Armadas, es un testimonio del carácter esencialmente militar que tenía la ingeniería tradicional. Por esta razón, el poder tecnológico de los ingenieros, no importa su alcance, era muy inferior al poder organizado del ejército al cual pertenecían. Como

todos los miembros de las fuerzas armadas, la conducta del ingeniero estaba regulada, principalmente, por la obediencia; su obligación terminante era obedecer órdenes.¹³

De acuerdo con el mismo autor cuando surgió la ingeniería civil en el siglo XVIII y se orientó al diseño y construcción de obras públicas, no se alteró, inicialmente, esta situación. La ingeniería civil no era más que una ingeniería militar de tiempo de paz y seguía sujeta por entero a la dirección del Estado, la entidad que podía hacer las inversiones necesarias. El desarrollo posterior de la ingeniería mecánica, química y eléctrica, tampoco afectó apreciablemente esta situación ya que estas ramas florecieron dentro de estructuras de grandes empresas comerciales establecidas. Lo que la ingeniería no – militar promovió fue la búsqueda de un ideal sustantivo que pudiera servir como punto central independiente para la ingeniería, de la forma en que la medicina y el derecho se centran en la salud y la justicia respectivamente. No obstante, hemos visto que las definiciones de ingeniería continúan exhibiendo lo que podría ser interpretado como una influencia militar, es decir que la profesión de ingeniero es un mero medio, sin ningún otro ideal intrínseco que no sea la eficiencia y supone así una subordinación a las estructuras sociales externas.

Lo que se quiere resaltar es que, por las razones señaladas y otras, como la fragmentación y el poder avasallante de la tecnociencia, el estado de cosas descrito por Comte en 1825 persiste y parece que no se tiene definido “el status propio ni las doctrinas características adecuadas para establecer la existencia especial de la clase de los ingenieros y su verdadera naturaleza”

Y este problema de pérdida de identidad y de capacidad de respuesta a los interrogantes no encuentra contestación ni en la práctica ni en la educación. Esta última poco tiene que decir acerca de la gente y sus respuestas y preferencias, ya que el tiempo disponible se encuentra totalmente invadido por las propiedades de la materia, las leyes del movimiento, el comportamiento de la radiación, y otros aspectos del mundo inanimado. Y a pesar de que algunos ingenieros llegan a aceptar que el estudio apropiado de la humanidad consiste en el hombre, y vinculan esa percepción con su labor, son muchos los que no siguen ese camino. En realidad, no es necesario que estén todos especializados en cuestiones humanas, pero quienes no lo estén deben aceptar la restricción y la reglamentación de quienes sí lo estén, algunos de los cuales tendrán, a su vez, un profundo y apropiado conocimiento de la tecnología.

Es tan extensa la profesión que los ingenieros mismos no pueden apreciarla en todas sus manifestaciones y además los que escriben la mayor parte de la literatura en pro y en contra de la tecnología – y de la ingeniería- son sociólogos, filósofos e historiadores, es decir no ingenieros. Esto es paradójico, pues mientras el ingeniero tiene algunas bases de ciencias sociohumanísticas, los no ingenieros desconocen absolutamente los fundamentos de la ciencia y la tecnología, por ello es difícil que entiendan y puedan comunicar el lenguaje de la ingeniería. Y si son ellos los que transmiten los conceptos sobre aquella, ¿qué idea puede tener una persona corriente no ya sobre lo qué es la ingeniería – sobre la cual hay tan poca investigación teórica – sino sobre lo qué es un ingeniero?

La mayoría de la gente concibe a los ingenieros de una manera instrumental, es decir, los percibe en términos de sus instrumentos y no en términos de lo que son y hacen. Por esta razón no ven la unidad – e identidad de la profesión- sino que sólo aprecian la

diversidad aparente. Como señala Billy Koen, a la pregunta ¿Qué es un ingeniero? Generalmente se responde: "es una persona que fabrica productos químicos, aviones, puentes, carreteras". De los productos químicos, una persona común y corriente infiere la existencia de un ingeniero químico; de los aviones, la de un ingeniero aeronáutico; y de los puentes y carreteras la de un ingeniero civil. No sólo las personas corrientes, sino también los ingenieros mismos cometemos ese error.

Debe insistirse en que los ingenieros no se caracterizan por lo que producen, por lo que hacen, sino por la manera como lo hacen, independientemente del producto final, pues detrás de cada producto químico, cada carretera o cada avión se esconde la actividad común que va desde su concepción hasta su concreción. Esta unidad – de acuerdo con Koen – es el método ingenieril.¹⁴

Por ahora, entonces, tenemos dos ejes que dan identidad a la ingeniería: su método – según la concepción de Koen – y el diseño – de acuerdo con Dieter – aunque en términos más generales lo que distingue a los productos del ingeniero debe ser la utilidad y la belleza, porque su tipo está bien establecido y sus partes estrictamente concebidas de acuerdo con su uso en el todo, porque la ley de la utilidad recubre y encarna aquí otra más profunda, la de la armonía matemática, y en general, la de la lógica. Porque su función se declara en la maravilla del doble ejercicio de la plasticidad: de cosa que sirve – o sirvió- como instrumento de utilidad y como cosa que sirve y servirá como instrumento del sentir.¹⁵

Todo esto no es solamente un discurso académico sobre la integralidad de la formación, no, es también una necesidad práctica pues un estudio indica que: "los empresarios demandan conocimientos que no están dirigidos propiamente a los fundamentos científicos de las disciplinas, sino más bien a las prácticas sociales de la empresa..."¹⁶

La formación en ingeniería

En las páginas anteriores se ha mostrado que el ejercicio de la ingeniería implica productos interdisciplinarios pues a partir del diseño se deben construir obras, productos o servicios útiles, económicos, bellos y seguros. Ello exige la aplicación de las ciencias exactas y naturales en armonía con las ciencias sociales y humanas.

No obstante, la formación en ingeniería todavía está lejos de ser interdisciplinaria y mucho más de ser transdisciplinaria. Aunque en algunas áreas el problema puede ser más grave, parece ser un común denominador de la educación en general. Edgar Morin¹⁷ es bastante enfático al decir: "... existe una inadecuación cada vez más amplia, profunda y grave entre, por un lado, nuestros saberes desarticulados, parcelados y compartimentados y, por el otro, las realidades ó problemas cada vez más polidisciplinarios, transversales, multidimensionales, transnacionales, globales, planetarios..."

El Comité de Currículo de Ingeniería¹⁸ desde 1996 había diagnosticado la poca interdisciplinaria en la formación: por ser asignaturista, por la excesiva especialización (en Colombia hay más de 100 títulos de ingeniería para el pregrado), por la poca relación o diálogo entre las áreas técnicas, las científicas y las sociohumanísticas.

Ante la presión de filósofos, educadores e incluso empresarios se empieza a sentir la voz y las propuestas para revertir la especialización, basada en la división del conocimiento, hacia procesos integradores.

Ya en 1998, la UNESCO¹⁹ reclamaba "... reformular los planes de estudio y utilizar métodos nuevos y adecuados que permitan superar el mero dominio cognitivo de las disciplinas..." de forma que se propicie "la adquisición de conocimientos prácticos, competencias y aptitudes para la comunicación, el análisis creativo y crítico, la reflexión independiente y el trabajo en equipo..."

Educadores expertos en currículo como Abraham Magendzo, Graciela Amaya, Ezequiel Ander Egg e Isabel Goyes han hecho propuestas que poco a poco se van llevando a los currículos y que se fundamentan en "ejes problemáticos", "núcleos temáticos problematizadores", que invitan a "integrar el conocimiento, haciéndolo mucho más interdisciplinario, mucho más ligado a los problemas de la vida cotidiana"²⁰.

En la Facultad de Ingeniería, se tiene como base para la transformación curricular los "proyectos de aula", que buscan un aprendizaje basado en problemas lo cual propicia la interdisciplinariedad y el trabajo transversal de algunas temáticas como la ética, la calidad y la tecnología.

El grupo "Ingeniería y Sociedad" quiere valorar el campo sociohumanístico de forma que se presenten propuestas donde exista un tratamiento interdisciplinario con los problemas técnicos ingenieriles y superar los discursos aislados que no contribuyen significativamente a la formación integral en ingeniería.

Conclusión

La finalidad de un plan de estudios es formar ingenieros que tengan idoneidad en el abordaje de situaciones problemáticas típicas de la profesión, capacidad creadora para producir innovaciones, capacidad de análisis y reenfoque de los problemas, manejo del pensamiento científico y metodologías de investigación, sentido de contexto en su actividad, visión global del conocimiento, motivación para una actualización permanente, capacidad para integrar, formar y conducir equipos de trabajo, capacidad para tomar decisiones, cuidado con la preservación del ambiente y actitud ética en el ejercicio de la profesión.²¹

Los filósofos, educadores, empresarios y organismos como la UNESCO están llamando la atención sobre la especialización sin integración curricular. Ello ha llevado a la implementación de propuestas y métodos que propicien integración de conocimientos como en el caso de "núcleos problematizadores", "módulos integradores" ó "formación por competencias", etc., que buscan una mayor integración no solo de la teoría con la práctica sino de un tratamiento más interdisciplinario.

El grupo "Ingeniería y Sociedad" busca diagnosticar y presentar propuestas que lleven a superar el aislamiento de los discursos sociohumanísticos con los temas técnicos ingenieriles para propiciar interdisciplinariedad y una mayor y mejor formación integral en ingeniería.

Para lograr todo lo anterior la investigación que se lleva cabo indaga las causas, que ya tiene identificadas a grandes rasgos, y con base en ellas se elabora una propuesta sobre el modelo curricular y el tipo y número de cursos y actividades que deberían implementarse. Además se contemplará la metodología y todas las acciones necesarias para lograr hacer efectiva la propuesta que se haga.

Referencias

1. Castro Saavedra, ***Caminos y Montañas. Elogio de la ingeniería***, Sociedad Antioqueña de Ingenieros, Medellín, 1966, p.14.
2. King, W.J, ***Las leyes no escritas de la ingeniería***, The American Society of Mechanical Engineers, Traducción de Javier Chamorro, Medellín, 1981, p. 4.
3. Díaz Villa, Mario, “La formación y los componentes del currículo”, ***Educación para la ingeniería del siglo XXI***, Memorias de la XIV Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, ACOFI, Cali, 1994, p.19.
4. Valencia, Asdrúbal, ***Una aproximación a la ingeniería***, Universidad de Antioquia, Medellín, 2003, p. 201.
5. Gaviria Ortiz, Álvaro et al., “El ingeniero que Colombia necesita”, ***Revista Facultad de Ingeniería***, Universidad de Antioquia, No 9, 1984, p.1.
6. Montoya y Montoya, Mario, ***El método científico, la interdisciplinariedad y la universidad***, ICESI, Cali, [s.f], p. 14.
7. Montoya y Montoya, Mario, ***La interdisciplinariedad***, ICESI, Cali, 1998, p. 24.
8. Torres, Jurjo. ***El currículum oculto***. Edición Morata. Madrid, 1996, p.198.
9. Cross, Hardy. ***Ingenieros y torres de marfil***. McGraw Hill. México, 1998.
10. Purón de la Borbolla, Alejandro, ***Principios de los Procesos de Ingeniería***, Limusa, México, 1974.
11. Comte, A., “Cuarto Ensayo”, (1825), ***Ensayos***, Editorial Crítica, Barcelona, p. 53.
12. Sprague de Camp, L., ***The Ancient Engineers***, Barnes & Noble Books, New York, 1993.
13. Mitcham, Carl, ***¿Qué es la filosofía de la tecnología?***, Anthropos, Barcelona, 1989, p. 152.
14. Koen, Billy Vaughn, ***El método de ingeniería***, U. del Valle – ACOFI, Bogotá, 2000, p. 27.
15. Valencia, Asdrúbal, “La magia y el arte de la ingeniería”, ***Revista Facultad de Ingeniería***. Universidad de Antioquia, No. 14, Agosto, 1997, p. 95.
16. Salazar, Mónica. ***Hacia un marco de desarrollo de la universidad estatal***. Visión y acción desde la pertinencia. ICFES – Corporación Calidad. Bogotá, 1998
17. UNESCO. ***Los siete saberes necesarios para la educación del futuro***. París, 1999.
18. Comité de Currículo Ingeniería. ***Diagnóstico***. Universidad de Antioquia, Medellín, 1996.
19. UNESCO. ***Conferencia mundial sobre educación superior***. París, 1998.
20. Vicerrectoría de Docencia. ***Entrevista al experto Abraham Magendzo*** en: Boletín Rediseño Curricular, U. de A. Medellín, 1997.
21. Morales M., Roberto, “Formación del ingeniero para el tercer milenio”, ***1er Encuentro peruano de la enseñanza de la ingeniería***, Lima, Abril de 1999. Memorias reproducidas por ACOFI.

