



Profesor Zdzisław Bieniawski

Doktorem Honoris Causa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica w Krakowie

2010 Dr.Hon.C Inaugural Lecture

*Transcript in English from Polish
of the Proceedings of the Ceremony on Nov.8, '10*

Zdzisław T. Richard Bieniawski, DSc(Eng)-PhD, DrHonC(Madrid), MSc(Eng), M.ASCE, DTM
Profesor Emeritus, *Pennsylvania State University*, EEUU
Profesor Honoris, *Universidad Politécnica de Madrid*, España
Presidente, *Bieniawski Design Enterprises*, Prescott, Arizona, EEUU

Construyendo puentes entre Universidades, Industrias y Sociedades: *Reflexiones sobre las Experiencias en Tres Continentes*

Fortuna populi pendet juvenum eruditione

El destino de las naciones depende de la educación de su juventud
Política, libro VII, Aristóteles (384-322 a.C.)

Contenido:

- La naturaleza de la ingeniería de rocas
- Investigación en ingeniería
 - ⦿ Reflexiones desde África: descubriendo nuevas disciplinas
- Práctica de ingeniería y proceso de diseño
 - ⦿ Reflexiones desde Europa: la importancia de la experiencia industrial
- Educación en ingeniería
 - ⦿ Reformas europeas
 - ⦿ La educación superior en Estados Unidos
 - ⦿ Reflexiones desde Estados Unidos: una lección para los profesores
- Estudiantes: La esencia de una universidad

Hoy es un día muy especial en mi vida como científico, ingeniero y profesor al ver los frutos de 48 años de investigación y enseñanza reconocidos por esta distinguida Universidad, a la que he expresado mi agradecimiento anteriormente por otorgarme el prestigioso título de *Doctor Honoris Causa*. Ahora me gustaría ofrecer algunas reflexiones sobre las interacciones entre Universidad, Industria y Sociedad según la percepción de mi experiencia en ingeniería en diversos países, en tres continentes, testigos del proceso de muchos éxitos y, sí, de algunos fracasos también. He elegido este tema general para esta distinguida audiencia porque estoy sorprendido por la amplia variedad de facultades (15), departamentos (32) y especialidades (170) que se incorporan en Akademia Górniczo-Hutnicza, que va mucho más allá de la minería tradicional. Me dirijo a ustedes que puedan ser profesores, ingenieros, geólogos, matemáticos, físicos, bio-médicos, líderes en empresariales y administración, especialistas en humanidades y aquellas disciplinas de rápido crecimiento tecnológico: automatización informática, telecomunicaciones e ingeniería médica; también a los estudiantes aquí presentes en representación de *Uczelnianą Radę Studentów*.

Sin embargo, todos tenemos algo en común: estamos preocupados por el buen desarrollo de nuestro país, de los recursos minerales escondidos en las formaciones rocosas y del carbón. Estamos unidos en la singularidad de los materiales con los que trabajamos – sin importar cual sea nuestra especialidad. En mi caso, especializado en ingeniería de rocas en la minería y túneles, me gustaría reflejar las características especiales en el campo de mi trabajo científico y como sirve a la universidad, industria y la sociedad, en el espíritu del lema de AGH: *Labore creata, labori et scientiae servio* (Por el trabajo creado, a la práctica y a la ciencia sirvo).

En primer lugar, debo felicitar a esta universidad en su conjunto por su expansión en tantas áreas y su éxito en convertirse en una de las dos mejores escuelas técnicas en Polonia y entre las cuatro primeras de todas las universidades. De hecho, recuerdo que cuando visité esta universidad por primera vez en 1981, hice una nota en mi informe que había 12.000 estudiantes en AGH; hoy hay más de 35.000, con cerca de 1.500 estudiando minas (y un número similar en metalurgia). He encontrado la explicación a este notable logro al leer el prólogo del Rector profesor Antoni Tajduś en el hermoso volumen de "Skarby AGH" donde dijo: *“Tenemos que caminar por la vía del progreso lo que significa especializaciones en crecimiento, nuevas disciplinas nacen y otras desaparecen”*. Esta visión de largo alcance claramente ha obtenido excelentes resultados.

LA NATURALEZA DE LA INGENIERIA DE ROCAS

Estar involucrado en la ingeniería y tratar con el material más antiguo de la ingeniería – medios geológicos tales como macizos rocosos – nos hace contar con una oportunidad desafiante de estudiar un material que no puede ser diseñado o fabricado, como el acero o el hormigón, pero que se nos proporciona tal y como se encuentra en la naturaleza – con todas sus maravillas e incertidumbres.

Aunque la humanidad ha estado preocupada por el uso de la roca, desde tiempos inmemoriales y la historia de la civilización humana apunta a la magnificencia de las estructuras construidas en roca y de roca, estos primeros logros se basaron en los conocimientos adquiridos mediante la experiencia práctica, no de la imaginación o de la intuición. De hecho, se menciona un túnel en la Biblia (2 Crónicas 32:30), es decir, el Túnel de Ezequías construido en ~ 700 AC para abastecer agua durante el asedio de Jerusalén por los invasores Asirios. [Todavía está en uso (!) y mi esposa y yo visitamos esta notable

estructura en el año 2000]. Siglos más tarde, llegó un momento en la demanda de grandes estructuras como presas y túneles, y explotación de yacimientos minerales en condiciones más difíciles, como en grandes profundidades, esto dictó un enfoque más racional basado en el conocimiento científico aumentado por la investigación. Este enfoque era necesario no sólo para prevenir que ocurriesen desastres debido a una falla en la roca y la consiguiente pérdida de vida, sino también para obtener importantes ventajas económicas y mejoras en la calidad de nuestras vidas.

Históricamente, el campo de la ingeniería de rocas, que es mi profesión y campo de investigación científica, es una ciencia muy joven, habiéndose organizado formalmente hace menos de 50 años. De hecho, fue en Europa donde se celebró el primer Congreso Internacional de Mecánica de Rocas, en Lisboa en 1966. ¿Por qué se tardó tanto tiempo en recopilar datos fiables de ingeniería y suscitar la investigación concentrada y generalizada así como la enseñanza en este campo? La razón es que a diferencia de otros materiales de ingeniería, un material geológico, como puede ser una roca, presenta al diseñador problemas únicos; las formaciones rocosas son más complejas en la naturaleza, variando ampliamente sus propiedades, y la elección del material está limitado a lo que se encuentra en una minería o en una excavación de túnel dada. Por encima de todo, sin embargo, el diseñador se enfrenta a rocas como un conjunto de bloques irregulares de material de roca, separadas por varios tipos de discontinuidades geológicas, tales como fracturas o fallas. Este conjunto constituye una masa de rocas, que incluye tanto el material de roca como las características geológicas, y se caracteriza por muchos parámetros de influencia. Esta masa de roca, debido a su complejidad y tamaño, no puede ser ensayada en laboratorio, como el acero o el hormigón. Entender el comportamiento global de este tipo de formaciones es un gran desafío, una tarea difícil pero importante, que se aprecia por el hecho de que por mucho que lo intentemos a día de hoy no tenemos la capacidad de predecir los terremotos que se producen en muchas partes del mundo.

Sin embargo, hemos alcanzado la capacidad de construir obras de ingeniería significativas como túneles subterráneos, plantas energéticas subterráneas, estaciones de metro, en una amplio intervalo de formaciones rocosas, se pueden construir minas para extraer minerales y carbón, la construcción de cimientos, excavar taludes de roca, presas, pozos, pozos con depósitos de petróleo, construcción de instalaciones subterráneas de almacenamiento de petróleo, gas, agua y residuos nucleares. La ingeniería de rocas nos permite mejorar nuestro medio ambiente, mitigar los riesgos naturales y mejorar nuestra calidad de vida.

Debemos estar orgullosos de las muchas cosas positivas de la ingeniería de rocas obtenidas durante los últimos 50 años, pero a la vez tristes por la mala planificación y las decisiones erróneas, dando lugar a accidentes y desastres que implican la pérdida de vidas y recursos. Aprender de los fracasos siempre ha sido el camino en la ingeniería, así que lo importante es asegurarse que los errores no se repitan y que las nuevas generaciones de profesionales entiendan las acciones pasadas y puedan construir de manera significativa sobre los logros de sus predecesores. Hoy en día, los errores pueden ser reducidos significativamente, incluso en los nuevos tipos de aplicaciones de ingeniería de rocas.

También creo firmemente que para lograr esto la ingeniería debe incluir consideraciones de factores sociales, económicos, globales e incluso personales. Esto es crucial para la educación y la formación de ingenieros de clase mundial del siglo XXI.

Mi implicación en la ingeniería de rocas durante las últimas cuatro décadas ha sido muy grata debido a tres razones principales:

(1) El carácter interdisciplinario: ser capaz de sentirse como en casa trabajando con ingenieros civiles en proyectos de construcción de túneles o con ingenieros de minas preocupados por el control de los estratos en las minas de carbón o con ingenieros geólogos analizando las condiciones del terreno para el almacenamiento de petróleo. Es fascinante como se puede utilizar nuestro conocimiento de una disciplina para solucionar problemas en otra disciplina!

(2) La interdependencia del sitio de exploración, diseño, construcción y operación, – cada uno con sus propios objetivos – que se esfuerzan para cumplir con los objetivos generales del proyecto. Esto requiere una comprensión de las cuestiones en juego, los métodos del estado del arte a utilizar, así como una estrecha cooperación entre los propietarios, los ingenieros de diseño y los contratistas, e incluso otras partes interesadas, como el público general.

(3) Las oportunidades de temas de investigación únicas, enriquecimiento docente y guiar a los jóvenes investigadores. Mis "laboratorios" fueron las explotaciones de proyectos de ingeniería donde mis alumnos y yo hemos estudiado el comportamiento de las masas rocosas en lugar de analizar muestras de rocas en laboratorios convencionales. Estas investigaciones me han llevado al Canal de la Mancha entre Gran Bretaña y Francia, las minas más profundas de oro en África, los lugares de terremoto en Kobe, Japón, y plantas energéticas subterráneas en Etiopía, Sudáfrica, India y Nueva Zelanda, por no hablar de la

proyectos de ingeniería civil, minería, petróleo y proyectos de gas natural en los EE.UU. Al ver a los jóvenes crecer y tener éxito y ver los frutos de su investigación aplicada en la práctica, la ingeniería es más gratificante.

He aprendido que en el proceso para garantizar su capacidad renovación y desarrollo como una disciplina moderna, nuestro campo debe constar de tres elementos, la **investigación**, la **práctica** y la **educación**. Entender la teoría, el desarrollo de buenas prácticas y la participación en la educación, van de la mano para la obtención de un reconocimiento importante de la disciplina.

INVESTIGACIÓN EN INGENIERIA

"Cuando uno puede medir aquello de lo que está hablando y expresarlo en números, sabe algo acerca de ello"

Lord Kelvin (1824-1907)

Para que una investigación científica en ingeniería de rocas sea eficaz, debe incluir los aspectos teóricos y experimentales, pruebas de laboratorio y de campo, aplicaciones en alternativas de diseño y el seguimiento del comportamiento de la estructura durante la construcción. Sólo entonces, este tipo de investigación podrá ser considerada como un descubrimiento científico. Pero incluso entonces, en el caso de investigaciones de profesores, Boyer (1990) en la "Beca de Reconsideración", observó que el profesorado tiene cuatro funciones actividades vitales en el proceso de la beca: **descubrimiento** (la investigación para generar nuevos conocimientos, según el ejemplo anterior), la **integración** (la interpretación y ajuste de los nuevos conocimientos en los problemas multidisciplinarios actuales), la **aplicación** (la aplicación de conocimientos especializados a los problemas sociales emergentes), y la **enseñanza**. El presente incentivo académico y sistema de recompensas para los profesores valora sobre todo la beca del descubrimiento. Por lo tanto, los estudiantes están dando una consideración secundaria en el sistema universitario Americano, donde la investigación es la prioridad.

Reflexiones sobre AFRICA: Aprovechar nuevas oportunidades de investigación

En mi sección introductoria, me referí a la importante declaración del Rector Profesor Antoni Tajduś quien hizo hincapié en la necesidad de avanzar hacia nuevas áreas de especialización, a medida surgen oportunidades. Puedo confirmar desde mi propia experiencia la validez y el éxito de un pensamiento tan progresista, cuando trabajabé en la industria minera en Sudáfrica, en ese momento (1967-72) la industria minera era líder en el mundo debido a la importancia del oro y de la minería del carbón.

El grupo de investigación que dirigí estaba compuesto por 32 personas, 23 ingenieros de minas y mecánicos, así como geólogos, además de algunos técnicos y especialistas. Teníamos un presupuesto generoso, proporcionado por subvenciones de un gobierno y financiación industrial y excelentes laboratorios - todo debido a la necesidad de resolver los acuciantes problemas de golpes del terreno en minerías de oro en profundidad (3 Km por debajo de la superficie). Al mismo tiempo, la propia industria estableció sus propios equipos de investigación, así como laboratorios y, poco a poco se pudo poner más personas y recursos en proyectos de investigación minera. Después de unos años, nos enfrentamos a una competencia considerable, reduciéndose los fondos y el personal.

En ese momento, yo era también el presidente del Grupo Nacional de Mecánica de Rocas, afiliada a la ISRM, y se organizó una serie de simposios para nuestros miembros, ingenieros de minas e ingenieros civiles, incluyendo visitas a minas y túneles para enseñar las aplicaciones de la mecánica de rocas. Enseguida se hizo evidente que la fuerte industria minera Sur Africana no tenía suficientes personas cualificadas para dedicar a la ingeniería civil de túneles y, peor aún, los estudiantes de ingeniería civil no fueron formados en mecánica de rocas, sólo en mecánica de suelos. Por lo tanto, la mayoría de los proyectos de construcción de túneles en el país tuvo que ser dirigida por ingenieros reclutados en el extranjero. Por casualidad, yo contaba con dos ingenieros en túneles y un geólogo en mi equipo de Austria - el país líder en construcción de túneles del momento - y decidí emplearlos para formar a mi gente de diferentes especialidades que participaban en todos los aspectos de la construcción de túneles. A continuación, se organizó una conferencia para la industria de la ingeniería civil sobre "*Túneles en Roca: Investigación, Diseño y Construcción*", y se publicaron sus actas (1974), se invitaron expertos de Europa. Como resultado, los contratos industriales fueron ejecutados ya que nuestros ingenieros de minas podían hacer

un excelente trabajo en la ingeniería civil de túneles. Al cabo de unos años, mi equipo de investigación tenía un monopolio en la asistencia a la industria con proyectos de diseño de túneles, y también iniciamos la investigación en ingeniería de túneles que con el tiempo llevó al desarrollo del método del RMR. En 1977, publicamos una compilación de dos volúmenes llamado "*Exploration for Rock Engineering in Mining and Tunneling*", que se convirtió en un manual para el diseño y la construcción de las excavaciones en macizos rocosos. Irónicamente, el otro grupo de investigación, creado por la industria y dedicados exclusivamente a la minería, se disolvió con el tiempo ya que la mayoría de su personal se trasladó a la industria de los túneles que estaba en pleno auge.

Desde entonces, incluso después de aceptar un puesto en los Estados Unidos, siempre busqué oportunidades para ampliar los conocimientos de las Escuelas de Minas hacia las aplicaciones de la ingeniería civil e ingeniería en trenes mineros para los trabajos de construcción de túneles. Estas oportunidades las pude adoptar en mis actividades en la Universidad Estatal de Pennsylvania, cuando la minería se convirtió en impopular, y en la Escuela Superior de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid en España.

Hoy en día, las nuevas iniciativas están surgiendo en Europa para formar a los ingenieros de túneles como una especialización en la ingeniería a nivel de Master. Por ejemplo, en la Universidad de Warwick en Gran Bretaña, un MSc en Túneles y espacios subterráneos se acaba de anunciar este año. Iniciativas similares se incluyen en la Escuela Politécnica de Lausanne y en la Escuela Politécnica de Turín.

Permítanme expresar la esperanza de que la continua expansión de Akademia Górniczo-Hutnicza incluya la educación y la formación de ingenieros de minas especializados en túneles. En respuesta a una apelación reciente de la revista *Tunnels & Tunneling International*, un Ms en ingeniería de túneles de un año, ofrecido en Inglés, sería muy bienvenido en Europa y AGH podría convertirse en un importante centro para prestar tal servicio, debido a sus recursos humanos y su alta reputación. Por otra parte, los profesores y docentes también podrían iniciar nuevos proyectos de investigación en temas tan modernos como excavabilidad de macizos rocosos mediante tuneladoras, ya que es un tema demandado y es un área poco explorada. Esto sería muy relevante, por ejemplo, para cualquier proyecto de metro cuando se construyan las estaciones de trenes y túneles en las grandes ciudades de Polonia. Reciente observé en un comunicado de prensa que el contrato del túnel para la segunda línea de metro en Varsovia fue de 944 M USD, que incluye 47,2 kilómetros de túneles, y fue adjudicada

recientemente a un consorcio ítalo-turco-polaco; ¿quiere decir esto que la competencia internacional conlleva un aumento de la demanda para los ingenieros de túneles con experiencia en Polonia?

PRACTICA EN INGENIERIA

"Los científicos descubren el mundo tal cual es, los ingenieros crean el mundo que nunca fue. "

Theodor von Karman, 1911

Hay tres enfoques principales en la práctica de la ingeniería de rocas: analítico (incluyendo modelos infomáticos), empíricos y de observación. El enfoque empírico sigue siendo predominante hoy en día en la ingeniería de minas y de túneles. A pesar de importantes avances en las técnicas analíticas/numéricas y en las mediciones de campo durante la construcción, hay un problema importante con la integración de todas las actividades que conducen a un diseño eficaz de excavaciones en roca. Por ejemplo, las clasificaciones de macizos rocosos forman parte integrante del enfoque empírico y nunca pretende ser la solución definitiva a los problemas de diseño, pero sólo como un medio hacia ese fin. No se pretende sustituir los procedimientos analíticos, las medidas de campo o el juicio de ingeniería; eran ayudas de diseño adicionales, formando parte de la "bolsa de herramientas", del ingeniero de rocas

Un reto importante en la ingeniería de rocas es que el proceso de diseño en este campo se rige por una considerable incertidumbre sobre el material en cuestión - macizos rocosos - resultando a menudo que las decisiones de diseño se basan en precedentes y conocimientos incompletos de todos los factores que influyen en el diseño. Para superar esta situación, es necesario una metodología de diseño para la ingeniería de rocas de la misma manera que se incorporó una metodología de proceso de diseño en la ingeniería mecánica en Alemania o en la ingeniería de túneles en Austria ("Ö-normen", 2004) y en España (Diseño Estructural Activo (DEA, Celada, 2005).

Proceso de Diseño de Ingeniería

Diseño: la palabra misma personifica, la creatividad, la innovación y la esencia de la ingeniería. Derivado de la palabra del Latin – *designare* – para trazar, el diseño de ingeniería se define como un proceso de toma de decisiones de la elaboración de un producto para cubrir las necesidades deseadas. Ahora nos damos cuenta de que un buen diseñador no sólo necesita conocimiento *PARA* el diseño (conocimiento técnico que se utiliza para generar soluciones alternativas de diseño para seleccionar la mejor de entre ellas), sino que también debe tener conocimiento *SOBRE* el diseño (principios adecuados y una metodología sistemática a seguir).

Polonia ha estado a la vanguardia de la investigación en esta área. Yo estuve particularmente motivado por la lectura del trabajo del Profesor T. Kotarbinski que, en 1965, propuso una "teoría de los sistemas", enfocado a la solución de problemas de las metodologías de las ciencias aplicadas. En 1969 la Academia Polaca de Ciencias creó una Sección de Metodología de Diseño en el Departamento de "Praxology" (la ciencia de la acción eficaz) bajo la dirección del profesor Wojciech Gasparski. El objeto de este grupo era estudiar la ciencia del diseño. Cuando visité Polonia en 1989, me reuní con el profesor Gasparski y establecimos un intercambio de los resultados de nuestras investigaciones. El visitó los Estados Unidos un año después. En los años siguientes propuse los principios del diseño y la metodología específica para los proyectos construidos en los medios geológicos. Esto incluyó diez etapas de diseño y seis principios que tuvieron aplicaciones concretas en el diseño de depósitos de residuos nucleares en formaciones rocosas profundas, debido a que los requisitos legales para la concesión de licencias de este tipo de estructuras en los EE.UU. por la Comisión Reguladora Nuclear específica que se proporcione una metodología de diseño formal como una garantía del "procedimiento de garantía de la calidad". La importancia de esta metodología de diseño es que especifica de forma creativa y sistemática el proceso de toma de decisiones que ofrece principios específicos para distinguir entre diseños buenos e inaceptables.

La **Figura 1** presenta un gráfico de la Metodología de Diseño para la ingeniería de rocas que, en su concepto, también se aplica a otras disciplinas de ingeniería en la AGH.

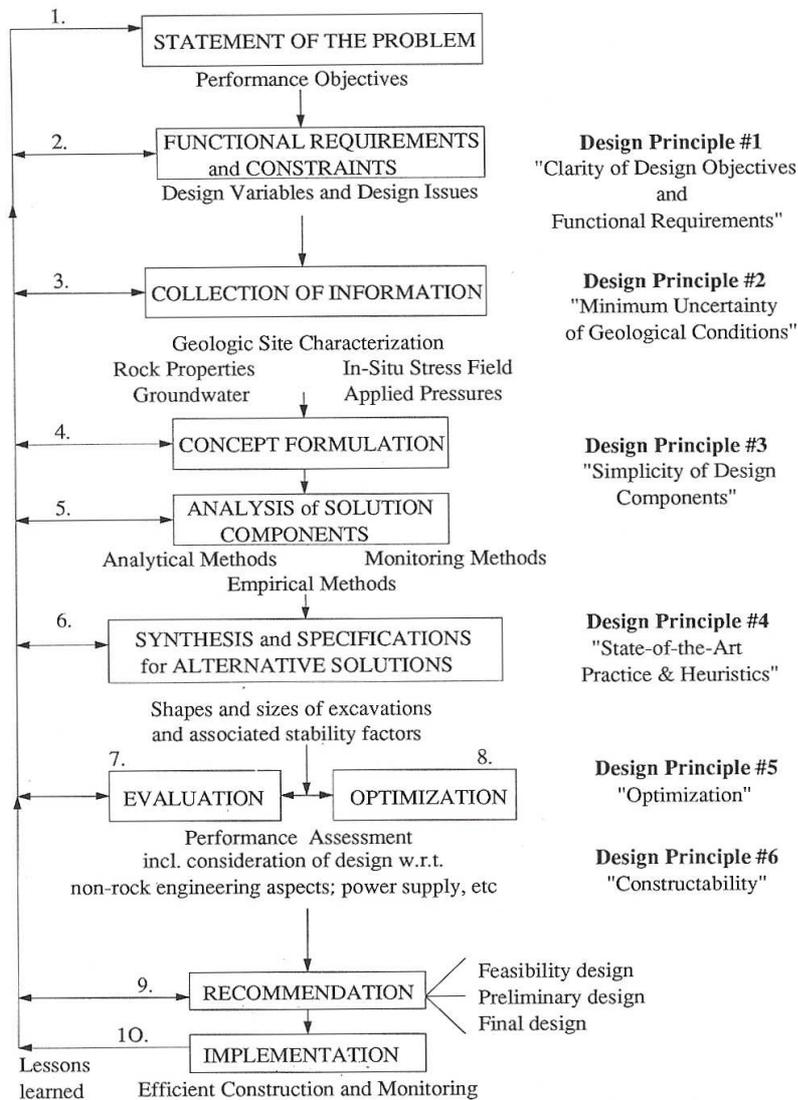


Figure 1 Systems Design Methodology for rock engineering, including the use of design principles

Para ilustrar este punto, se puede destacar un principio especial: el *Principio de Constructibilidad*: "El mejor diseño facilita la construcción más eficiente de la estructura de la ingeniería de rocas, al seleccionar el método más apropiado de construcción y su secuencia". Este principio es una innovación única en la ingeniería de rocas. En ingeniería mecánica el concepto de "diseño para fabricación" ha dado lugar a procesos de producción altamente optimizados.

El "diseño para la construcción", concepto que aquí se defiende, abarca la innovación como la esencia de la práctica de la ingeniería, siguiendo el ejemplo de J. Matson en su libro "Innovar o morir" (1996).

En esencia, se debe visualizar la metodología de diseño como una lista (no muy diferente a la utilizada por los pilotos antes del despegue) o una hoja de ruta que guíe al diseñador hacia el cumplimiento de los objetivos del proyecto, desarrollando la mejor opción de diseño.

Por último, destacar la importancia de incorporar una metodología de diseño en la práctica de la ingeniería, la mejor institución de educación superior en el mundo, la Universidad de Harvard, incorporó hace muchos años su "Graduate School of Design", donde ingenieros, arquitectos y constructores estudian los aspectos teóricos y prácticos de las metodologías de diseño

Reflexiones desde Europa: El Valor de la Experiencia Industrial

Tuve la oportunidad de trabajar como profesor en tres universidades europeas, la Escuela Superior Técnica de Karlsruhe en Alemania (1972), la Universidad de Cambridge en Inglaterra (1997) y la Escuela Superior de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, España (2001, 2003), pasando un año en cada una de ellas. En los tres casos, me impresionó mucho que los profesores que me invitaron tenían una amplia experiencia industrial. Esto fue impresionante, ya que podían enseñar a sus alumnos las últimas novedades en práctica de la ingeniería, no sólo el material de un libro de texto.

¿Cómo era posible esto? Transcendió que en materia de política universitaria, cada uno de los profesores implicados hicieron mucha consultoría privada durante el tiempo pasado en la universidad y recibieron una remuneración atractiva por sus servicios. La consultoría permitida variaba ampliamente. **En España**, los profesores pueden dedicar 80% de su tiempo a realizar consultorías, dando sólo una asignatura por semestre, y su sueldo universitario se reducirá proporcionalmente para reflejar el salario por hora, pero conservando su estatus de tiempo completo, título y otros privilegios. En la actualidad, una evaluación de la eficacia de la enseñanza se lleva a cabo, pero las actividades didácticas tienen un impacto limitado en los incrementos de sueldo o de promoción. **En Gran Bretaña**, las reglas son muy ambiguas, siempre y cuando los profesores cumplan con sus obligaciones mínimas de enseñanza. Si él o ella es un administrador a su vez, es posible que no tengan obligaciones docentes en absoluto. Los profesores no tienen que tener "horario de oficina" para

reunirse con los estudiantes. **En Alemania**, por lo general un profesor dirige su propio instituto de investigación, dirigido como un negocio independiente y el contrata un número considerable de estudiantes de posgrado ('Dipl.-Ing.') que estudian un doctorado, que a veces dura seis a siete años. Lo que se llama "mano de obra barata", pero una vez que los estudiantes obtienen su doctorado, el profesor les encuentra buenas oportunidades de trabajo a través de sus contactos en la industria.

En Estados Unidos, donde todo tiene que estar organizado y los reglamentos son abundantes (aunque siempre hay excepciones!), la regla es que un profesor puede pasar un día completo por semana dedicado a la consultoría, además de los fines de semana del curso y los días festivos nacionales. Como profesor con plaza fija se imparte sólo un curso por semestre cuando se tiene una carga de investigación completa de contratos industriales; este sistema funciona bien, y yo era capaz de realizar una cantidad considerable de consultoría industrial. Esto me mantuvo al día con la práctica de ingeniería. Podía poner a prueba mis nuevos resultados de investigación y proporcionar a mis alumnos con estudios de minería actuales y proyectos de construcción de túneles.

En esencia, creo que los profesores deben no sólo ser docentes e investigadores, sino también profesionales en su campo, desarrollando y enseñando nuevas técnicas que puedan ser utilizadas en la práctica. Me interesaría saber cómo la consultoría industrial por profesores y personal universitario en Polonia se compara con las prácticas en el resto de Europa, en particular con respecto a las iniciativas de la Comunidad Europea como la Declaración de Bolonia.

EDUCACIÓN INGENIERIL

“La universidad es donde se aprende como aprender”
Socrates (469-399BC)

La mayoría de los aquí presentes estáis muy ocupados con la aplicación de la Declaración de Bolonia de 19 de junio de 1999 por los Ministros europeos de educación superior (y los países firmantes), que estableció el Espacio Europeo de Educación Superior este año. Su objetivo es consolidar la educación superior europea y adoptar un sistema de titulaciones fácilmente comparables para que los ciudadanos puedan utilizar efectivamente sus cualificaciones, competencias y habilidades a través de Europa. Como profesor honorario de la Universidad Politécnica de Madrid, he estado estrechamente asociado a la evolución en España durante unos diez años y soy consciente de los problemas encontrados.

El principal problema de la conversión al plan del Sistema de Transferencia de Créditos Europeo (ECTS) de Bolonia, es que en España sus ingenieros se gradúan con dos titulaciones distintas: Ingeniero Superior e Ingeniero Técnico, la primera de seis años de duración y la otra de cuatro años. Ahora - a partir del 1 de septiembre, 2010 - ambos grados se completarán como Ciclo I tras cuatro años y ambos Masters durarán dos años. También hay un tercer tipo de Master de "titulación Propia" que se puede cursar con menor duración para la especialización. Aún está sin resolver la "licencia legal" de los ingenieros, por los Colegios de Ingenieros Españoles, que autoriza a ingenieros profesionales a firmar los documentos técnicos.

En cuanto a Polonia, he leído con mucho interés un artículo reciente de Bianka Siwinska titulado "Los problemas de la internacionalización en Polonia" (*Perspektywy*, nr.55, primavera de 2009). Se analiza el proceso de Bolonia y se lamenta la falta de una política nacional coherente para estimular la integración de Polonia en la comunidad internacional. Por ejemplo, dentro del programa de intercambio Erasmus, por cada tres estudiantes polacos que viajan al exterior sólo un estudiante de intercambio se desplaza a Polonia. La razón: el mundo no es lo suficientemente consciente de las excelentes oportunidades que hay para estudiar en Polonia. Por encima de todo, al parecer se ha hecho poco esfuerzo para atraer, a ciudadanos no polacos para cargos académicos o emplear científicos extranjeros con apoyos de Polonia como evaluadores independientes de las propuestas de investigación del KBN (Badan Komitet Naukowych).

He observado que la calificación de las universidades polacas se ha llevado a cabo recientemente. En Estados Unidos esto ha sido debatido y se ha hecho durante décadas, a pesar de las incertidumbres involucradas en el proceso, porque el ser independiente y - sobre todo - con fondos propios, las universidades y colegios compiten por los mejores profesores, los estudiantes más talentosos, y cualquier dotación lucrativa. El conocimiento de las calificaciones puede servir a útil un propósito como garantizar que los programas académicos polacos mejor valorados no están vinculados a las instituciones de tercer o cuarto nivel, en los EE.UU. y Europa. Por otra parte, los acuerdos de intercambio a nivel institucional, tan comunes en Europa, no son tan beneficiosos como los vínculos uno-a-uno entre profesores o grupos de profesores y sus programas de investigación, como prevalece en Estados Unidos.

Es, sin embargo, algo misterioso para mí de entender, por qué las universidades europeas que conozco tan bien y que respeto sus normas obtienen tales resultados mixtos en comparación con las universidades de Estados Unidos. Por ejemplo, en la clase de las “Instituciones de Ingeniería en el mundo”, *The Times* de Londres y la *Guía de la Clasificación Mundial 2009* calificaron la Universidad de Cambridge, como la número 4 en el mundo (después del MIT, Berkeley y Stanford), pero la Escuela Superior Técnica de Karlsruhe es la número 71 y la Universidad Politécnica de Madrid es la número 150.

En mi opinión, después de haber sido profesor visitante en las tres universidades anteriores y estar muy orgulloso de mi educación secundaria y la universitaria en Polonia, no creo que la calificación de las instituciones polacas refleje la realidad en comparación con otras universidades europeas o americanas. Mi última información es que, tras la conferencia de Rectores de Polonia de mayo de 2005, se hicieron considerables progresos en fortalecer la internacionalización, habiendo aumentado en un 30% en 2009 el número de estudiantes extranjeros en universidades polacas. Las últimas encuestas muestran que los graduados polacos en secundaria y universidades se comparan favorablemente con sus homólogos de otros países en la preparación académica y en los logros. Sé por experiencia propia que los científicos e ingenieros formados en Polonia trabajan y logran éxitos notables en las principales universidades, organizaciones de investigación y las empresas industriales de todo el mundo.

Por supuesto, estáis mejor preparados para decidir qué mejoras podrían ser necesarias, pero permitanme hacer algunas comparaciones con el sistema americano, que pueden ser de su interés.

El estatus de la educación superior en Estados Unidos

Mientras que en Europa se introdujeron profundos cambios con la Declaración de Bolonia al implementar un sistema común de créditos europeos, la educación superior en Estados Unidos, ha estado utilizando un sistema de crédito similar durante décadas.

Antes de describir estos cambios, para un público europeo es importante mencionar la paradoja de la educación estadounidense: creemos que nuestra educación pública en las escuelas de secundaria en general son de bajo rendimiento y no son tan buenas como sus homólogos europeos, pero nuestras instituciones de enseñanza superior y universidades son excelentes. ¿cómo es posible esto?

Hay muchas razones para esta situación aparentemente contradictoria. La principal, es la singularidad del sistema de educación superior de los EE.UU. La total independencia y flexibilidad de las universidades estadounidenses. En Europa y Japón, las universidades responden ante el Ministerio de Educación que establece las normas académicas y distribuye el dinero, así como nombra a los rectores y profesores. Las universidades americanas son diferentes porque cada una puede llevar su propia institución como quiera y pueden diseñar sus propios programas y materiales educativos sin ningún tipo de interferencia del gobierno. No hay Ministerio de Educación Superior en los EE.UU. Existe un Departamento Federal de Educación, pero su propósito es principalmente ayudar a las escuelas primarias y secundarias, dejando los estándares educativos, y los requisitos de financiación a cada uno de los 50 estados, de hecho a las juntas escolares locales de los distritos. La desventaja de esta independencia es que nuestras universidades cobran altas matrículas.

Hay más de 3000 universidades en los Estados Unidos, hay más de 270 universidades de ingeniería de las cuales 200 son regularmente evaluadas y calificadas cada año por "U.S. News & World Report". Las primeras 25 representan un nivel muy alto y constituyen las principales instituciones de educación superior en el mundo. La Universidad Estatal de Pensilvania es la no. 15 en dicha lista, en la categoría de las universidades públicas.

En cuanto a la educación minera, Estados Unidos está experimentando una escasez de ingenieros en la industria del carbón. En 2009, había 84.160 empleados, de los cuales 940 eran ingenieros de minas, y produjeron 1,2 millones de toneladas de carbón. En nuestras 11 universidades de minas se graduaron sólo 123 licenciados en ingeniería tras 4 años de estudio. Actualmente hay un total de 821 matrículas de estudiantes. Observo que AGH por sí sola produce más ingenieros de minas (237) que la totalidad de los EE.UU!

Reflexiones desde EE.UU.: una lección para los profesores

He aprendido una lección dolorosa como profesor en Estados Unidos. Al llegar a ese país con grandes expectativas de ser un profesor entusiasta disfrutando de la atención indivisible de mis alumnos, como lo recordaba de mis años en Polonia admirando mis queridos profesores, me di cuenta de que la **enseñanza** -como una actividad académica- se considera absolutamente secundario en el sistema americano. Fue la **investigación** lo que más les importaba, ya que era la manera de traer fondos a la universidad para pagar los gastos generales. De hecho, a los profesores se les paga sobre una base de 9 meses y el resto debe ser obtenido de la investigación o de la consultoría. Imagina que tienes un sueldo mensual que crees que es bastante adecuado y luego descubres que se paga sólo en nueve meses. En consecuencia, los profesores deben dedicarse a la investigación y el dictamen final para avanzar en la carrera es: "*Publicar o Fallecer!*"

A mi llegada a EE.UU., tras haber pasado 15 años en la investigación científica e industrial, publiqué más artículos que cualquier otro profesor que conocí en la Universidad Estatal de Pensilvania, quería concentrarme en la enseñanza. Me convertí en una fuente de consternación para mis colegas. ¿Por qué, con mi reputación, no quería adquirir grandes subvenciones de investigación en lugar de depender en mi escaso sueldo de profesor? Bueno, esto era una situación en la que se me partía el corazón y al principio mi esposa y yo tuvimos problemas financieros en Estados Unidos. Evidentemente, tuve que adaptarme al sistema americano, porque la universidad no me proporcionaría fondos para viajes, o gastos en libros y revistas, y mucho menos la compra de equipamiento o contratar a técnicos y profesores auxiliares para la investigación.

“Para vencer al sistema”, pasé largas horas redactando propuestas de proyectos y gané grandes contratos de investigación llegando a ser independiente tanto económicamente como prudente en la actividad (enseñando las asignaturas que prefería). El reconocimiento y la promoción me vinieron de escribir libros y de publicar artículos. Los fondos para la investigación también me permitieron contratar a mis propios estudiantes, comprar equipos y viajar a conferencias importantes y a lugares relacionados con la industria. Por otra parte, al no ser pudientes en los Estados Unidos durante algunos años aprendimos mi esposa y yo a mejorar el presupuesto familiar y planificar las vacaciones. EE.UU. es una tierra maravillosa de oportunidades, pero uno tiene que trabajar duro, aprender el sistema ("si no puedes vencerlos, únete a ellos") y en el momento de dificultades vale la pena tener una buena esposa que pueda cultivar hortalizas en un terreno alquilado... En verdad, ninguno de nuestros primeros problemas al establecernos ahí resultaría insuperable para cualquier *krakowiak* con la determinación y la buena educación como la que recibí en Polonia. Tras dos años, avancé hasta una posición de supervisión de diez profesores y docentes americanos, y nadie pensó que aquello era extraño en absoluto.

La principal lección que aprendí es que para ser un profesor con éxito en los Estados Unidos, uno tiene que "conocer las reglas del juego", mantener un estrecho contacto con la industria, evitar a los burócratas, y mantener a sus propios estudiantes interesados e inspirados.

ESTUDIANTES - LA ESSENCIA DE LA UNIVERSIDAD

Tras haber tratado la interacción y la interdependencia de las Universidades, Industria y Sociedad, queda centrarse en la esencia misma del esfuerzo académico: los estudiantes que servimos con la educación y la formación. Desde la antigua *Academia* de Platón y el *Liceo* de Aristóteles en los años antes de Cristo hasta los tiempos medievales de las primeras universidades de Bolonia (1119), Oxford (1168) y París (1200), eran los estudiantes que se organizaban para contratar a profesores (y no al revés) que condujo al término *universitas*, es decir, un gremio o corporación, en esencia, una *universidad los estudiantes*.

Por lo tanto -como profesores- debemos definir y formular las normas y los temas que cumplan con la "inversión" que hagan los estudiantes en nosotros y en nuestras instituciones de educación superior.

Así pues, ¿con qué cualidades deberíamos estar formando a la futura generación de ingenieros? Me gustaría presentar tres puntos de vista: uno de la academia, uno de la industria, y uno de la sociedad – todo por alumnos de ingeniería de minas.

➤ El punto de vista académico proviene de una reciente propuesta de la definición de un ingeniero de clase mundial que ha sido presentada por el Centro Estatal de Pensilvania para la Mejora de la Educación en Ingeniería. Las cualidades siguientes se han propuesto para este propósito:

1. *Consciente del Mundo*: sensible a las diferencias culturales, las preocupaciones ambientales;
2. *Con fundamento sólido*: totalmente formados en los fundamentos de la ingeniería;
3. *Técnicamente amplio*: entender que los problemas en la vida real son de carácter interdisciplinario;
4. *Eficaz en las operaciones de grupo*: es constructor de equipo y líder potencial;
5. *Versatil*: solucionar problemas, toma de decisiones e innovador desarrollando;
6. *Orientado al Cliente*: efectivo en el mercado mundial.

➤ El punto de vista industrial, proviene de la autoridad líder a nivel internacional y consultor en minería y construcción de túneles a quien le pregunté qué espera de un ingeniero joven recién graduado que podía contratar. Él respondió:

Contrataría inmediatamente a un joven licenciado que esté seguro de los conocimientos que ha aprendido, pero no arrogante, capaz de pensar con sus pies en el suelo, que pueda mirarte fijamente a los ojos y hablar con pasión acerca de lo que les gustaría hacer con su vida. La Formación académica pura es sólo una parte de lo que hace a una persona, el resto son las oportunidades que han visto y tomado, el trabajo duro, la honestidad y, en algunos casos, la suerte simplemente.

➤ La opinión de la sociedad, proviene de un antiguo alumno de doctorado de minas que hoy es el director de una oficina de gobierno de seguridad y salud en minería. Aquí están sus cinco principales características de un “geo-ingeniero de gran éxito que responda a las necesidades de la sociedad y de su confianza”:

Enthusiasta: Se interesa, no se desanima fácilmente, y capaz de contagiar a otros su entusiasmo.

Auto-motivado e innovador: Capaz de establecer sus propias metas, no espera a que otros las pongan; pueden desarrollar nuevas formas de enfocar los problemas.

Practico: Interesado en encontrar soluciones reales a los problemas del mundo real. Íntimamente familiarizado con la industria y su gente.

Conocimiento científico y técnico: una sólida formación académica en un amplio espectro de disciplinas, permite mantenerse actualizado con las últimas novedades.

Habilidades de comunicación: Capaz de transferir resultados de investigación a través del habla, la escritura y otros medios

Las opiniones anteriores representan una amplia gama de consejos a los que me gustaría añadir sólo tres palabras que resultaron ser más beneficioso para mí como estudiante: *Perseverantia Omnia Vincit* (la perseverancia todo lo vence). Este lema ha motivado toda mi vida profesional: desde estudiante a doctor en ciencia, hasta profesor, empresario de consultoría. Simplemente significa que todos nosotros, gente común son capaces de hacer cosas extraordinarias. Por lo tanto, les digo a mis estudiantes: entrad en el mundo y no tengais miedo, ustedes pueden hacer una diferencia. Es por eso que estáis aquí!

CLAUSURA

Construyendo puentes entre la academia, la industria y la sociedad es necesaria para beneficiarse de nuestra interdependencia y aprender el uno del otro. Espero que haya demostrado esto al compartir mi experiencia como ingeniero, científico y profesor en tres continentes y visitando muchos países en el proceso.

Para mí, personalmente, dirigirme a ustedes hoy en esta memorable ocasión, ha sido un honor y un placer. Volver al lugar de mi nacimiento, esta hermosa ciudad de Cracovia, el destino ha realizado un círculo completo, gracias a esta alta distinción que me ha sido otorgada por Akademia Górniczo-Hutnicza

Por lo tanto, para terminar, gracias a todos, deseo dejaros una cita de un gran científico y profesor: **ALBERT EINSTEIN** que dijo estas palabras en la Universidad de Princeton en 1941

*El entusiasmo es la mayor ventaja en el mundo;
supera al dinero, al poder y la influencia.*

Agradecimientos

En la preparación de este discurso de Dr Honoris Causa solicité y recibí valiosos comentarios de un número de compañeros y amigos que mejoraron las ideas expresadas en esta presentación y me informaron de las últimas novedades. Deseo dar particularmente las gracias (en orden alfabético) a las siguientes personas:

Dr. N. **Barton**, Brasil
Prof. Christopher **Bise**, West Virginia
Prof. Marek **Cała**, Poland
Prof. Dr. Benjamín **Celada**, Spain
Prof. Dr. José Miguel **Galera**, Spain
Profesor Hasan **Gercek**, Turkey
Dott. Ing Remo **Grandori**, Italy
Dr.-Inż. Wojciech **Grodecki**, Warszawa
Dr. Evert **Hoek**, Canada
Prof. John **Hudson**, UK
Dr. Alex **Johannsen**, South Africa
Prof. Paul **Marinos**, Greece
Dr. Christopher **Mark**, Pennsylvania
Prof. Jack **Matson**, Pennsylvania
Eng. Anthony **Mihulka**, Missouri
Dr. Marek **Mrugala**, Nevada
Dr. David **Newman**, Kentucky
Dr. Harvey **Parker**, Washington
Ing. Farzan **Rafia**, Irán
Prof. Dr. Pedro **Ramirez**, Spain
Prof. Tibor **Rozgonyi**, Colorado
Prof. T. R. **Stacey**, South Africa
Prof. Kot von **Unrug**, Kentucky
Dr. Aleksandra **Waszczuk-Ziń**, Poland
Mgr Zofia **Jędrzejowska**, Poland

