LA ENSEÑANZA DE LA GEOTECNIA EN EL SIGLO XXI

Por
Dr Alberto Jaime P
Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La forma de hacer la ingeniería civil en México y el mundo ha cambiado radicalmente, en los últimos treinta años. Este cambio se debe a por lo menos cinco factores: La globalización de la actividad económica mundial; la computadora personal; el desarrollo tecnológico de materiales, equipos de construcción, medición y posicionamiento; las técnicas de percepción remota y las telecomunicaciones. Esto ha impactado también, sin duda, a todas las actividades del ser humano.

Sin embargo, los cambios en las universidades e institutos de educación superior van rezagados. Estas instituciones son muy liberales hacia el exterior y muy conservadoras al interior. Hay que acelerar el ritmo para responder a las necesidades actuales de la ingeniería geotécnica.

En una encuesta realizada a firmas de ingeniería civil se les preguntó que requisitos exigían para contratar nuevos ingenieros. Entre ellos aparecieron dos en común: conocimientos de cómputo (manejo de software especializado y paquetes) y manejo de equipos como la estación total y GeoPosicionadoresSatelitales de última generación. Un requisito que empieza a ganar fuerza es el conocimiento de sistemas de información geográfica y de percepción remota satelital. En la revisión de la curricula actual de los cursos de geotecnia de muchas universidades, se encontró que estos temas se soslayan o se mencionan superficialmente.

Por otra parte, los tres o cuatro libros de texto más populares, recomendados a los estudiantes fueron escritos hace más de 35 años, algunos con antecedentes de

notas de clase de profesores de los autores de antes de 1950. Estos y los más recientes (de hace 20 años) no incorporan el uso de la computadora personal, del Internet, ni las nuevas técnicas de exploración y muestreo de suelos ni de laboratorio.

Por otro lado, los estudiantes han cambiado. Casi todos provienen de ambientes urbanos por lo que su contacto con la naturaleza ha sido más bien casual. Se les dificulta la observación en campo. Fueron educados a través de imágenes para llegar al concepto, mientras que sus profesores llegan al concepto a través de la palabra, hay que cerrar esta brecha.

1.2 Objetivos

En vista de lo anterior, en este escrito se propone la revisión de las actividades académicas y programas de estudio de geotecnia tanto a nivel licenciatura como de posgrado, tomando en cuenta las condiciones actuales en las que se desenvuelve la Geotecnia en México y el mundo.

1.3 Alcances

En la primera parte de este trabajo se hace un breve bosquejo de lo que es la Ingeniería en el mundo y en México y de los nuevos retos que plantea la globalización. A continuación, en el contexto de la Ingeniería se hace una discusión del qué debe ser enseñado en Geotecnia y del cómo. En tercer lugar, se analiza el perfil de quién debe enseñar (el profesor). En cuarto lugar, se discute el perfil de quién debe aprender (el alumno). Finalmente, se ofrecen una serie de sugerencias y conclusiones.

2. LA INGENIERÍA

Han sido diversos los especialistas que han hecho estudios de la evolución de la Ingeniería en el mundo y en México (Dettmer, 2003; Rosenblueth, 2004; Jaime, 2004; Jaime y Tinoco, 2005). De estos, se puede destacar que la Ingeniería y los ingenieros (en todas las ramas) han sido el motor fundamental de avance de la sociedad desde el siglo XIX, pero fundamentalmente en el siglo XX y lo que va del XXI. Algunos pensadores señalan que al siglo XX se le podría llamar el siglo de la

Ingeniería, la Tecnología y de la información. Los automóviles, aviones, carreteras, puentes, edificios, presas, sistemas de riego, sistemas de generación y distribución de electricidad, teléfonos, televisión, las computadoras, el Internet y la WEB, son solo algunos de los grandes logros que han cambiado totalmente la vida de los seres humanos, el arreglo de los países y del mundo.

Por otra parte, la población en México cambió de casi 100 % rural en 1900 a casi 80 % urbana en un siglo. Lo mismo está ocurriendo a nivel mundial. Esto ha modificado y alterado las costumbres, las creencias y ha acercado más a la humanidad. Las comunicaciones por teléfono celular, por satélite, por televisión, el Internet y la WEB permiten que el conocimiento se difunda de una manera nunca vista; así como que los sucesos que ocurren en cualquier país sean conocidos de manera inmediata en todo el mundo. A grado tal que, por ejemplo, los modismos lingüísticos y la vestimenta de los jóvenes son casi los mismos en todo el mundo, aunque hablen otras lenguas (Gates, 1995). Es decir, la globalización es un hecho irreversible. Esto también ha impactado a la Ingeniería, ha sido a un tiempo motor de este cambio y espectador.

2.1 Ciencia y Tecnología

Muchas veces se ha señalado que la Tecnología surgió antes que la Ciencia. Por centurias la tecnología se ha desarrollado independiente de la Ciencia. Hasta el siglo XIX muchos de los artefactos fueron realizados por artesanos experimentados (inventores) con poco o nulo conocimiento científico. Sin embargo, en los últimos dos siglos la Tecnología se ha nutrido importantemente de la Ciencia, gracias a los ingenieros, a tal punto que es difícil en algunos casos distinguir entre Ciencia pura y Ciencia aplicada.

Según W Faulkner, 1998 (citada por Dettmer, 2003) la Tecnología se distingue de la Ciencia por: 1) su propósito y orientación; 2) por su organización socio técnica; y 3) por sus características cognoscitivas y epistemológicas.

Respecto a la primera, la Ciencia comprende a la Naturaleza a través de la producción de conocimiento; la Tecnología pretende controlarla por medio de artefactos, dispositivos, obras civiles, etc. En relación con la segunda, la orientación

práctica de la Tecnología implica que su forma de organización asuma una estructura más jerarquizada y heterogénea que la de la Ciencia, porque se basa en la descomposición del diseño tecnológico en varios problemas y subproblemas de distinto nivel, cuya solución requiere del conocimiento, la interacción y la coordinación entre diversos grupos interdisciplinarios. La tercera diferencia se refiere a la forma que tienen de relacionarse con la naturaleza y el contenido específico de sus actividades.

2.2 Evolución de la Ingeniería

Históricamente, la profesión de ingeniero se configuró fuera de las universidades y a partir de diversas ocupaciones. En un inicio, los preingenieros fueron artesanos experimentados que se desempeñaron como constructores de molinos, albañiles, herreros, relojeros, etc. Principalmente, por razones de índole militar, la posición social del preingeniero se elevó de status al integrarlo en los cuerpos del ejército. Fueron los encargados de la fabricación de artefactos de guerra y la construcción de fortificaciones, barcos, puentes, puertos, caminos y la logística para el transporte y aprovisionamiento de los soldados.

Hasta finales del siglo XVIII, la ingeniería fue más un oficio que una profesión. Consistía en un conjunto de inventiva, destrezas manuales y habilidades mecánicas transmitidas de padres a hijos y de maestros a aprendices. Es a fines del siglo XVIII que empiezan a surgir las primeras escuelas de ingeniería. Por cierto, no vinculadas a las universidades. En Estados Unidos el US Army Corps of Engineers en la Academia militar de West Point. En México, El Real Seminario de Minas, posteriormente Escuela de Minería. Lentamente se fueron introduciendo estudios de Ingeniería en las universidades, o se fusionaron las escuelas a estas, como ocurrió en México.

Mediante su incorporación a las universidades y la adopción de los principios básicos de la Física, las Matemáticas y la Química, los ingenieros han sido capaces de elevar el nivel técnico y científico de su disciplina.

Desde el punto de vista social y ocupacional los modernos ingenieros exhiben una fuerte dicotomía. Por un lado, poseen las técnicas versátiles del empresario y del

administrador; por el otro, disponen de los conocimientos y destrezas de un trabajador hábil (Collins, 1989). Este dualismo empresario-trabajador calificado les confiere una suerte de identidad doble que les causa muchas dificultades para definir su propio proyecto profesional. En países como Francia tiene un muy alto status social, en EUA y Gran Bretaña no al nivel de las profesiones como la medicina, abogacía, etc. En México es ambivalente el status. Dependiendo del país y de su tradición cultural se tienen diferentes concepciones de lo que es un ingeniero y del papel que desempeña en la sociedad (Dettmer, 2003).

2.3 Ingeniería y Ciencia

En el presente, la Ingeniería se encuentra estrechamente interconectada con la Ciencia, a pesar de ello subsisten marcadas diferencias.

Una primera diferencia entre Ciencia e Ingeniería es que en esta el diseño es uno de sus objetivos centrales, aparejado con la realización de lo que se diseña. En general, los expertos concuerdan en que el diseño constituye la actividad fundamental de la Ingeniería. Se entiende que diseño comprende también, análisis y construcción (o fabricación, implementación o elaboración).

Layton, 1988, indica que una de las cosas que distingue a las ciencias de la Ingeniería de las ciencias básicas es precisamente su propósito de ayudar en el diseño de dispositivos o sistemas artificiales. Las ciencias de la Ingeniería son instrumentos para implementar metas a través del proceso de diseño. Otro autor, Simon, 1994, señala que la Ingeniería se ocupa primordialmente, de la síntesis (diseño) mientras que la Ciencia se ocupa del análisis. Objetos sintéticos o artificiales (futuros con las características deseadas) son el objetivo central de la Ingeniería. El ingeniero está interesado en cómo deben ser ciertas cosas a fin de alcanzar los objetivos deseados y funcionar adecuadamente.

Otra importante diferencia entre Ciencia y Tecnología se refiere a las consecuencias económicas y sociales derivadas de un diseño fallido. Es decir, en Ingeniería el fracaso no se reduce sólo a un debate sobre el conocimiento o las condiciones de su verificación, sino que puede incidir directamente en el deterioro de la calidad de vida de los seres humanos (más grave aún, a pérdida de vidas) producido por el mal

funcionamiento de un dispositivo, obra civil o diseño tecnológico cuyos impactos o comportamiento bajo ciertas acciones son, en ocasiones, difíciles de predecir. También, con frecuencia se argumenta que la Ciencia es teórica y que la Ingeniería es empírica.

Por otra parte, la Ciencia y la Ingeniería tienen similitudes profundas, entre las cuales están: 1) Ambas están sometidas a las mismas leyes de la Naturaleza, 2) son acumulativas y se difunden extensamente a través de los mismos mecanismos (educación, publicaciones y comunicaciones informales), y 3) se organizan en comunidades profesionales con autonomía disciplinaria muy acusada.

Hay quienes definen a la Ingeniería como un arte, otros como una profesión que se basa en la aplicación de las ciencias físicas y matemáticas a los recursos naturales, económicos materiales y humanos, para beneficio del hombre y su comunidad. En tanto arte es creativa por su manera flexible de combinar teorías y métodos y plantear soluciones ingeniosas, con datos incompletos y las más de las veces en condiciones de incertidumbre; también, por su orientación a la belleza o la producción de bienes y servicios útiles para el hombre. Como profesión posee: 1) un cuerpo de conocimientos especializados, 2) una orientación de servicio hacia la comunidad, 3) autonomía en la prestación de servicios profesionales, y 4) la sanción social del ejercicio profesional.

Adicionalmente, las ciencias de la Ingeniería se entienden como un modo intermedio entre los conocimientos científico y práctico. Las ciencias de la Ingeniería se distinguen de las básicas por su propósito de ayudar en el diseño de dispositivos o sistemas artificiales. Son instrumentos para implementar metas a través de procesos de diseño. Es decir, poseen un carácter prescriptivo y suministran las reglas o métodos que explican cómo proceder para lograr ciertas metas. En suma, la Ingeniería es planear, diseñar, construir y operar cualquier ingenio que transforme el mundo físico para satisfacer alguna necesidad del hombre y su comunidad. La Ingeniería pretende alcanzar objetivos específicos. Su tarea principal es el diseño.

De acuerdo con Vincenti, 1993, el diseño implica disposición tentativa de los arreglos y dimensiones de un artificio, verificándolo por medio de análisis matemático o

prueba experimental para confirmar que hará el trabajo requerido y modificarlo cuando no.

Según Dettmer, 2003, las semejanzas y diferencias entre Ciencia e Ingeniería ponen de manifiesto que lo que caracteriza a la Ingeniería es la actividad del diseño. Se puede afirmar que diseño es el proceso por medio del cual el ingeniero desarrolla nuevos dispositivos, estructuras y sistemas que funcionan para beneficio de la sociedad; todo ello con base en las ciencias de la Ingeniería, una metodología iterativa y su intuición y creatividad. Por tanto, se insiste, el diseño es la actividad fundamental del ingeniero.

Finalmente, la definición de Ingeniería que proporciona el Consejo de Acreditación para Ingeniería y Tecnología de los Estados Unidos (ABET, por sus siglas en inglés), es, palabras más o menos, la más aceptada y dice: "… es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales, obtenido por el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio al desarrollo de medios para utilizar en forma económica los materiales y las fuerzas de la naturaleza para beneficio del hombre".

La Ingeniería Civil es una de las ramas de la Ingeniería y que históricamente ha sido puntal de esta. Por tanto, lo que hemos reflexionado hasta este punto es aplicable del todo a la Ingeniería Civil. En lo que sigue nos referiremos principalmente a esta última.

3. LA GEOTECNIA

Prácticamente todas las obras de Ingeniería Civil tienen que ver con el suelo. Ya sea como material de construcción o como elemento de soporte o ambos. Cortes, bordos, terraplenes y presas de tierra y enrocamiento se hacen de materiales geológicos. El suelo soporta las cargas de las obras o puede ser también parte de las cargas que debe soportar la estructura. Así, cajones de cimentación, pilas o pilotes transfieren las cargas de edificios, puentes y estructuras fuera de la costa, para que sean soportadas por el suelo. Estructuras de contención con o sin anclaje, permiten hacer excavaciones con taludes verticales; este caso es ilustrativo de muchos en los cuales el suelo, además de ser la carga (o parte de ella) contra la estructura también

es el soporte de todas las fuerzas a través de mecanismos de transferencia. Esto permite ilustrar que la Geotecnia es, por tanto, una de las disciplinas que tienen un papel preponderante en el diseño de las obras de Ingeniería Civil y es indispensable en todas las otras disciplinas de la Ingeniería Civil.

3.1 ¿Qué enseñar en Geotecnia?

3.1.1 Diseño Geotécnico

El objetivo principal de la Ingeniería Civil es el diseño, por ello el de las disciplinas que la conforman también lo es. En Geotecnia, el ingeniero, debe determinar las fuerzas impuestas al suelo y a los miembros estructurales, así como los movimientos potenciales tanto de la estructura como del suelo a su alrededor. Ambas, en condiciones de cargas de trabajo y de resistencia a la falla o colapso.

Con respecto a las cargas, deben considerarse las fallas locales potenciales así como la general. Es decir, la estructura y el sistema de soporte deben ser estables como un todo. Primero, debe minimizarse la posibilidad de falla traslacional, rotacional o vertical. Segundo, la estabilidad general de la estructura y de las vecinas también debe revisarse. Tercero, las condiciones de cargas en cualquier elemento estructural durante la construcción, deben ser estimadas para ser tomadas en cuenta en el diseño.

En lo que se refiere a los desplazamientos, estos deben ser estimados tanto de la estructura en sí como el del suelo y de las obras vecinas. Por ejemplo, en el caso de una excavación en zona urbana, se deben investigar los efectos que tendrán en casas y edificios contiguos, en los servicios municipales (drenaje, tuberías de agua, gas, etc), calles y estructuras de transporte masivo. Incluso, en su caso, determinar las fuerzas provocadas por desplazamientos causados por la excavación en las construcciones mencionadas.

Como parte del diseño, se requieren hacer cálculos que permitan determinar las acciones y los desplazamientos descritos antes, así como la respuesta del suelo y de las estructuras ante ellos. Para esto se requiere el análisis, el cual proporciona el marco teórico para hacer tales determinaciones. Un buen análisis debe permitir simular tanto como sea posible, el comportamiento real de estructuras y suelo. Un

buen análisis permite al ingeniero entender mejor el problema, por tanto, le ayuda a proponer mejores alternativas de solución.

El análisis, sin embargo, es una herramienta que permite cuantificar y visualizar efectos, una vez que se tienen los otros elementos indispensables para el diseño, los cuales son: 1) características geológicas, 2) estratigrafía y propiedades índice y mecánicas del suelo, 3) condiciones de carga (sismo, viento, corrientes marinas, corto y largo plazos, etc), 4) propiedades del suelo como material de construcción, 5) otras (condiciones hidrogeológicas, clima, características de lixiviados, etc).

El proceso de diseño requiere de una considerable cantidad de información que debe ser colectada o generada. La geometría de la obra y las condiciones de carga y de servicio deben establecerse, así como los requerimientos exigidos por los reglamentos de construcción.

Debe hacerse una investigación geotécnica del sitio que debe incluir: un recorrido geológico, sondeos con y sin extracción de muestras de suelo, inspección de estructuras vecinas, ensayes de campo, entre otras cosas. Además, se debe establecer un programa de campo y de laboratorio para determinar el comportamiento de los suelos.

Una vez que toda esta información se tiene, se puede proceder a establecer las restricciones de diseño de la obra. Debe tomarse en cuenta, la etapa de construcción y la de operación de la misma. Las restricciones de diseño también permiten determinar el tipo de análisis a realizar.

3.2 Cuerpo del Conocimiento y Habilidades en la Geotecnia Actual

El subcapítulo anterior permite fundamentar el cuerpo del conocimiento y las habilidades que el ingeniero geotecnista del siglo XXI debe adquirir en su paso por la licenciatura, especialización y maestría para estar en condiciones de efectuar el proceso de diseño.

El conocimiento básico comprende: 1) Geología; 2) Investigación de campo, exploración y muestreo de suelos, determinación de la estratigrafía del suelo del sitio, ensayes de control de campo y de laboratorio; 3) Comportamiento del suelo como

formación natural y como material de construcción, modelos del comportamiento de suelos, parámetros de comportamientos mecánico y dinámico, deformabilidad, ensayes de laboratorio para determinar las propiedades del suelo; 4) Herramientas de análisis, soluciones cerradas, equilibrio límite, campo de esfuerzos, análisis límite, idealizaciones con resorte, masa y amortiguador, y análisis numérico general; 5) Diseño de: estructuras térreas, cimentaciones, excavaciones, pavimentos, cimentación de maquinaria; 6) Análisis de interacción suelo-estructura estáticos y dinámicos, métodos constructivos, etc.

Se puede decir que este cuerpo de conocimiento es lo que usualmente se enseña en las escuelas de Ingeniería Civil. Sin embargo, hay aspectos muy importantes que señalar. La mayoría de los grandes temas no están actualizados. Otros como exploración y muestreo, se tratan superficialmente o no se cubren. El laboratorio se ha vuelto más demostrativo que de interacción del estudiante con el suelo. Hay conocimiento obsoleto que no se aplica y no ha sido reemplazado por el nuevo generado en los últimos años. Los métodos de análisis que se enseñan son por lo general, solo los de equilibrio límite y de análisis límite.

Actualmente, la facilidad de acceso a las computadoras permite que los estudiantes puedan hacer desde cálculos sencillos para los ensayes de campo y de laboratorio, como análisis de estabilidad de taludes, asentamiento de cimentaciones, comportamiento de grupos de pilotes a cargas vertical y horizontal, interacción suelo-estructura, etc.

Sin embargo, esto no se ha visto suficientemente reflejado en la enseñanza de la geotecnia. Por ejemplo, para calcular los esfuerzos inducidos por cargas verticales se sigue empleando la carta de Newmark, que es sin duda una ingeniosísima herramienta de integración de la solución de Boussinesq, esto puede hacerse con la computadora y con ventaja. Lo mismo se puede decir de los gráficos de Fadum y otros. Es decir, hay que identificar aquello que es conocimiento básico de lo que son herramientas y modernizar estas últimas.

En lo que se refiere a los métodos de equilibrio límite y análisis límite, en ambos una superficie de falla se asume como real y las consideraciones de equilibrio se toman

en cuenta para la masa de suelo que falla como un cuerpo rígido. Se presupone que el suelo se comporta igual a todo lo largo de la superficie de falla. Solo se analiza el equilibrio global de los bloques de suelo entre la superficie de falla y las condiciones de frontera. La distribución interna de esfuerzos dentro de la masa deslizante y el suelo adyacente no se puede determinar. Además, el análisis se hace en dos dimensiones. Estos métodos son de mucha utilidad y deben seguir enseñándose, sin embargo, no permiten al ingeniero determinar los efectos en las estructuras vecinas, lo cual es lo más importante las más de las veces (Potts y Zdravkovic, 2005). Por ello, es indispensable que los métodos de idealización resorte-masa-amortiguador y métodos numéricos generales como el del elemento finito se enseñen desde la licenciatura.

Uno de los factores que más influyen en el comportamiento de una cimentación o de una obra térrea en general es el método constructivo. Prácticamente, estos aspectos no se cubren en los programas.

Finalmente, cada asignatura debe ser revisada teniendo en cuenta que todas ellas en conjunto contribuyen al objetivo principal, el diseño geotécnico. Cada uno de los temas debe estar configurado para que el estudiante, además de conocimiento adquiera la habilidad de integrarlo al resto y de emplearlo para el diseño.

En el proceso de enseñanza de la geotecnia el estudiante debe adquirir al menos, las habilidades siguientes: 1) diseño y ejecución de experimentos y análisis e interpretación de datos; 2) identificación, formulación y solución de problemas geotécnicos; y 3) aplicación de la física, matemáticas y análisis numéricos en la solución de problemas geotécnicos

3.3 ¿Cómo enseñar la Geotecnia?

La enseñanza de la Geotecnia a nivel de licenciatura debe proporcionar al estudiante bases sólidas y un conocimiento general de esta disciplina. A nivel de posgrado (especialización y maestría) debe profundizarse en los diferentes temas, considerando el objetivo principal que es el diseño y guiar al estudiante de acuerdo con sus aptitudes, para que por sí mismo profundice más en aquellos temas de su interés personal.

El método de enseñanza debe ser el que permita que el estudiante aprenda a aprender por su cuenta. La tradicional forma de conferencia debe transformarse por una clase participativa en la que el estudiante sea el actor principal. Debe señalarse que las nuevas generaciones han sido educadas en la imagen para llegar al concepto, mientras que las anteriores fueron educadas en la palabra para llegar a él. El método de enseñanza debe permitir al estudiante alcanzar la experiencia sensible, descubrir el concepto por sí mismo a través de numerosos ejemplos de la vida real.

Es frecuente que se recomiende a los estudiantes, en el papel, varios libros de texto y solo se siga uno de ellos. Los estudiantes deben aprender a consultar una bibliografía variada, tanto en inglés como en español. Además de libros de texto, debe consultar artículos de revistas y memorias de simposios y congresos, así como otras publicaciones especializadas. El Internet es una extraordinaria herramienta de búsqueda de información.

La solución de problemas y ejercicios debe ser para reforzar los principios y métodos de la geotecnia. En los primeros cursos debe estar presente el laboratorio interactivo y participativo así como visitas de campo, geológicas y de exploración y muestreo de sitios, y a obras en construcción. Esto los motiva y les muestra la dimensión de lo que pueden aprender.

En cursos más avanzados, el análisis del comportamiento de casos historia es de gran ayuda para ilustrar los conceptos y reafirmarlos. El diseño de un proyecto con datos reales les permite integrar sus conocimientos no solo de geotecnia sino también de las otras disciplinas de la Ingeniería Civil que estudian en paralelo.

Los medios audiovisuales son ayudas valiosas para que los estudiantes aprendan, desarrollen habilidades y adquieran información útil de todos tipos, en especial de métodos constructivos y maquinaria especializada de construcción geotécnica.

En licenciatura los alumnos están todavía en una etapa muy importante de formación personal. Por lo que el ejemplo del profesor y su cercanía es vital para un proceso de aprendizaje exitoso que desarrolle actitudes positivas en el educando.

Los métodos de aprendizaje a distancia, en especial por Internet, cada vez van a tener una mayor presencia en la educación por su poder para difundir el

conocimiento y de manera interactiva desarrollar habilidades y actitudes en especial en estudiantes de grado superior, o en ingenieros en la práctica que desean profundizar sus conocimientos y adquirir nuevas habilidades.

Paralelamente a la educación formal por medio de cursos, deben ofrecerse actividades extracurriculares, tales como: conferencias, dictadas por ingenieros que hayan participado en el diseño y construcción de obras diversas, recientes o en proceso de realización. También, conferencias de investigadores en los diferentes temas de la geotecnia son sin duda fuente de inspiración para los estudiantes (y profesores) y un gran apoyo en su formación. Visitas guiadas a obras en construcción o ya construidas son de extraordinario impacto en los estudiantes. Es decir, hay que fomentar un ambiente de aprendizaje por todos los medios disponibles.

4. EL PROFESOR DE GEOTECNIA

El perfil del profesor de Ingeniería Civil ha sido motivo de discusión amplia. Este perfil con ciertos matices es el mismo que se requiere para el profesor de geotecnia. La American Society of Civil Engineers, 2004, indica que un profesor de Ingeniería Civil debe reunir cuatro características fundamentales: 1) erudito o experto en su materia; 2) profesor efectivo; 3) tener experiencia en la práctica de la Ingeniería; y 4) ser, como ingenieros, ejemplos positivos para los estudiantes.

En cuanto a la primera característica, el profesor debe adquirir y mantener un alto nivel de competencia en la materia que enseña, preferentemente a través de estudios de posgrado (maestría o doctorado). Los profesores deben continuar aprendiendo toda su vida. Deben seguir creciendo profesionalmente en su conocimiento y entendimiento de la geotecnia. Deben también ser hábiles en el trabajo en equipo y en grupos interdisciplinarios. Un erudito en su campo debe tener metas claras, preparación adecuada, métodos apropiados, dar resultados significativos y ser capaz de una crítica reflexiva.

Ser un profesor efectivo significa comprometerse con sus alumnos en su proceso de aprendizaje. Guiarlos en su desarrollo como estudiantes de geotecnia. Brindar su conocimiento de manera generosa. Debe pensar primero en sus estudiantes y cómo

hacerlos crecer en sus conocimientos y habilidades. Estar dispuesto a explorar nuevos métodos y técnicas y modificar estos de acuerdo con las características generacionales de sus grupos. Por tanto, debe tener conocimientos de didáctica y métodos de enseñanza.

Es indispensable que los profesores tengan experiencia en la práctica de la Ingeniería (a través de la investigación o de la consultoría), para que puedan matizar y orientar el proceso de aprendizaje de sus alumnos, teniendo en cuenta que el objetivo de la geotecnia es el diseño. Se debe enfatizar que la enseñanza empieza con lo que el profesor sabe. La práctica de la Ingeniería le proporciona al profesor profundidad, perspectiva y sentido ingenieril. Lo enfrenta, además, a la sanción social de su práctica profesional. Es también una oportunidad de trabajar en grupos interdisciplinarios. Estas experiencias las refleja en su actitud frente a sus alumnos.

Los profesores se convierten en modelos y ejemplos a seguir para sus alumnos. En licenciatura, en la mayoría de los casos, son el primer ingeniero civil con que entran en contacto los estudiantes. Por tanto, la actitud del profesor ante el proceso de enseñanza aprendizaje debe ser de compromiso y conciente del papel que desempeñan como modelos a seguir. Los estudiantes desean a un profesor que los inspire, que sepa más que ellos, que los rete intelectualmente, que los oriente en su aprendizaje, que los escuche y que les exija.

En México es usual tener profesores de tiempo completo y de asignatura. Ambos juegan un papel crucial en el desarrollo de los estudiantes. Los profesores de tiempo completo deben atraer proyectos financiados de investigación y de consultoría especializada. Esto con objeto de mantenerse activos en la práctica e involucrar a sus estudiantes en ellos para darles la oportunidad de adquirir experiencia. Por otra parte, estos proyectos son fuente de recursos económico para aumentar los ingresos de los propios profesores, otorgar becas y mejorar la infraestructura de enseñanza. Además, permiten una vinculación efectiva con el sector productivo Los de asignatura, por su lado, deben mantenerse al día en sus conocimientos técnicos y colaborar en los proyectos mencionados. Ambos deben adquirir conocimientos didácticos y de métodos de enseñanza y mantenerlos actualizados.

5. EL ESTUDIANTE DE GEOTECNIA

El actor principal en el proceso de aprendizaje es el propio alumno. El profesor es responsable de enseñar y guiar al estudiante en su aprendizaje. Para ello es necesario desarrollar en el estudiante una actitud proactiva de que son responsables de su propia educación y desarrollo.

Para que el estudiante tenga éxito debe tener buenos hábitos de estudio, saber cooperar con sus profesores, tener un pensamiento lógico, atención durante el proceso y una mente abierta al cambio y al nuevo conocimiento. En la licenciatura el estudiante es una persona en crecimiento y expansión que requiere ser guiada y entrenada para que pueda crecer por sí misma.

Williams, 1946 (citado en ASCE, 2004) explica que: “Un estudiante debe reconocer que aprender, como comer, respirar y asimilar, es una función que cada quien debe realizar por sí mismo y por la cual debe aceptar la responsabilidad completa….. Es importante que el estudiante de Ingeniería Civil reconozca y acepte esta responsabilidad, porque como ingeniero, a través de toda su vida profesional, tendrá que cargar con muchas responsabilidades, entonces es vital adquirir el hábito de la responsabilidad empezando por el aprendizaje que formará parte esencial en toda su vida profesional”.

Los hábitos aprendidos como estudiante los conserva uno como profesional. Por supuesto, que el hecho de que la responsabilidad del aprendizaje sea del estudiante no libera al profesor de sus obligaciones de enseñar y guiar al alumno e imbuir actitudes positivas en ellos. El estudiante debe aprender, desarrollar habilidades y actitudes durante su estancia en la escuela.

Una de las actitudes que debe ser desarrollada en los alumnos es la búsqueda de la excelencia en todo lo que emprendan. Para ello es útil que hagan contacto con las artes y las manifestaciones culturales en general y con los deportes, con objeto de que aprendan a apreciar los logros intelectuales y las experiencias emocionales de personas que dan su mejor esfuerzo para triunfar, realizar o comunicarse. También,

la participación en competencias estudiantiles templa el carácter y los introduce en la participación y el trabajo en equipo.

Los estudiantes de Ingeniería deben entender que se están desarrollando como administradores y líderes. Durante su formación deben tomar en cuenta que su mejoramiento debe ser continuo e integral tanto en lo que se refiere a su desarrollo personal y profesional como en su relación con la comunidad.

Los estudiantes deben comprender que la Ingeniería, en general, y la Ingeniería Civil en particular, y con ella la Geotecnia, está haciendo y rehaciendo el mundo todos los días. La Ingeniería está involucrada en las acciones del mundo real. La Ingeniería Civil y la geotecnia proporcionan la espina dorsal para el desarrollo económico y social del país, al ayudar en la planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento de la infraestructura de la nación y otras obras, al mismo tiempo que protege y restaura el ambiente.

6. RECOMENDACIÓN

Se sugiere que el comité de enseñanza de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, haga uno o varios talleres participativos, con profesores e investigadores, de diversas universidades, consultores, e ingenieros de la práctica de geotecnia, en el que se desarrollen a mayor profundidad y alcance algunas de las ideas indicadas aquí y otras, con objeto de actualizar la enseñanza de la Geotecnia en el siglo XXI. Como resultado de estos talleres se debería tener el cuerpo de conocimiento, habilidades y actitudes de los estudiantes de geotecnia a nivel profesional y de posgrado. Este documento se convertiría en referencia obligada de escuelas, facultades y tecnológicos en la revisión de sus planes y programas de estudio. Permitiría orientar los esfuerzos de la comunidad geotécnica y elevar el nivel de la enseñanza y práctica de la Ingeniería geotécnica en México.

7. CONCLUSIONES

Debe replantearse el cuerpo del conocimiento, habilidades y actitudes que el geotecnista de la primera parte del siglo XXI debe tener. Para ello, es necesario hacer una revisión profunda de la enseñanza de la Geotecnia y de las asignaturas y de sus programas. La SMMS puede ayudar a ello, a través de su Comité de

Enseñanza. Las bases de ese replanteamiento se expusieron a lo largo de este documento.

Los profesores de geotecnia tienen como reto principal ser factores del cambio y promotores del mismo para que la enseñanza de su materia sea útil y responda a las necesidades del mundo actual. Sus principales responsabilidades son enseñar, ser guías del estudiante y ejemplos para ellos.

Por su parte, el estudiante es responsable de su propio aprendizaje y desarrollo. Por ello, debe aceptar el reto que significa adquirir conocimiento, habilidades y actitudes.

8. REFERENCIAS

American Society of Civil Engineers, 2004, “Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century, Preparing the Civil Engineer for the Future”, Published by ASCE, January.

Collins, R , 1989, “La Sociedad Credencialista”, Madrid, España, Ed Akal.

Dettmer, J, 2003, “Ciencia, Tecnología e Ingeniería”. Revista de la Educación Superior, Vol XXXII (4), No 128, Octubre- Diciembre.

Gates, W, 1995, “The Road Ahead”. Viking, the Penguin Group. EUA.

Jaime, A, 2004, “Evolución de la Carrera de Ingeniería Civil”, Revista Ingeniería Civil, CICM, No 425, sep.

Jaime, A y O Tinoco, 2005, “Evolución de las Carreras de Ingeniería en México”, Cuadernos FICA, No 56.

Laytton, E T, 1988, “Science as a Form of Action. The Role of Engineering Sciences”. Technology and Culture, Vol 29, No 1, January.

Potts, D M y L Zdravkovic, 2005, “Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering, Theory”, Ed

Rosenblueth, E, 2004, “Emilio Rosenblueth, Escritos Selectos”, editado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Simon, H A, 1994, “The Science of the Artificial”, MIT Press, Cambridge, Massachussets, EUA.

Vincenti, W G, 1993, “What Engineers Know and How they Know It”. Analytical Studies from Aeronautical History, Baltimore, The John Hopkins University Press.