

LECTURA ADICIONAL 1
INGENIERÍA SÍSMICA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE MÉXICO

Profesor:

Dr. Bernardo Gómez González

México, D.F.

Enero 2006

24

Capítulo 1

Lectura

La lectura versa sobre la experiencia que tuvo el Profesor Richard P. Feynman durante una estancia que realizó en Brasil en 1951:

En lo que respecta a la educación en Brasil, tuve una experiencia muy interesante. Enseñaba a un grupo de estudiantes que eventualmente se dedicarían a la docencia, ya que en esa época los egresados con posgrado tenían pocas oportunidades de dedicarse a la investigación en Brasil; estos estudiantes ya habían llevado muchos cursos, y éste sería su curso más avanzado en electricidad y magnetismo.

La universidad estaba localizada en varios edificios dentro de la ciudad. Yo impartía mi curso en uno con vista a la bahía.

Descubrí entonces un fenómeno extraño. Podía hacer una pregunta y obtener inmediatamente una respuesta. ¡Pero, la siguiente vez que la planteaba (mismo tema, esencialmente la misma pregunta), no podían responderla! Por ejemplo, una vez les hablé de la polarización de la luz y les dí algunas tiras polarizadas (polaroides).

El polaroide sólo permite el paso de la luz cuyo vector eléctrico tiene una cierta dirección. Les expliqué cómo podía predecirse el sentido de polarización de la luz, en caso que el polaroide fuera claro u oscuro.

Primero tomamos las dos tiras y las rotamos hasta que permitieron dejar pasar la máxima cantidad de luz. Era posible decir entonces que las tiras estaban admitiendo luz polarizada en la

misma dirección, aquélla que pasaba a través de una pieza de polaroide podía pasar también a través de la otra. Pero cuando les pregunté cuál era la dirección de polarización absoluta, para una única pieza de polaroide, nadie tenía idea.

Entonces les sugerí: “Observen la luz reflejada en la bahía”. Silencio total. Añadí: “¿Han oído hablar del ángulo de Brewster?” “Sí señor, el ángulo de Brewster es el ángulo para el cual la luz reflejada por un medio con un cierto índice de refracción está completamente polarizada”.

“¿Y en qué dirección se polariza la luz al ser reflejada?”

“La luz es polarizada perpendicular al plano de reflexión, señor”.

Aún hoy trato de analizarlo. ¡Ellos lo sabían! ¡Incluso conocían que la tangente del ángulo era igual al índice!

“¿Y bien?” Nada. Acababan de decirme que la luz reflejada por un medio con un índice, tal como la bahía, estaba polarizada, me habían dicho además en qué dirección estaba polarizada.

“Miren hacia la bahía a través del polaroide, ahora, gírenlo”.

“¡Oh, está polarizada!, exclamaron”.

Después de muchas investigaciones, me dí cuenta que los estudiantes memorizaban todo pero no conocían su significado. Cuando oían “la luz es reflejada por un medio con un índice” no sabían que se refería a un material como el agua. No sabían que la “dirección de la luz” es la dirección en la cual uno “ve” algo cuando lo mira. Todo era totalmente memorizado. De manera que si preguntaba “¿Cuál es el ángulo de Brewster?”, oprimía las teclas correctas de la computadora. Pero si decía “miren el agua”, nada pasaba.

Poco después asistí a una clase en la escuela de ingeniería. La clase iba así: “Dos cuerpos... se consideran equivalentes... si torcas iguales... producen... aceleraciones iguales. Dos cuerpos se consideran equivalentes si torcas iguales producen aceleraciones iguales.

Los estudiantes estaban sentados tomando el dictado, y cuando el profesor repetía la sentencia, verificaban a fin de asegurarse de que habían escrito lo correcto. Y así seguían. Yo era el único que sabía que el profesor se estaba refiriendo a objetos con el mismo momento de inercia, y no era fácil darse cuenta. No se me

ocurría cómo era posible aprender así. El hablaba de momentos de inercia, pero no se discutía qué tan difícil es abrir una puerta cuando se colocan objetos pesados por detrás de la misma y cuando estos objetos se colocan junto a los goznes. ¡Nada!

Terminada la clase, me acerqué a un estudiante: “¿Qué haces con todas las notas que tomas?”.

“Las estudio. Vamos a tener un examen”.

“¿Cómo va a ser ese examen?”.

“Fácil, ahora mismo puedo decirle una de las preguntas”. Miró en su cuaderno y dijo: “¿Cuándo dos cuerpos son equivalentes?”. Y la respuesta es: “Dos cuerpos se consideran equivalentes si torcas iguales producen aceleraciones iguales”. De esa manera, ellos pasaban los exámenes y aprendían todo sin saber nada más que lo que habían memorizado.

En otra oportunidad fui a un examen de admisión para el ingreso a la escuela de ingeniería. Era un examen oral y se me permitió estar presente. ¡Uno de los estudiantes estuvo realmente sensacional! Contestó todo a la perfección. Los examinadores le preguntaron qué era diamagnetismo y respondió correctamente. Luego le preguntaron “Cuando la luz atraviesa con un cierto ángulo, una lámina de material con un cierto espesor y un cierto índice N , ¿qué le sucede a la luz?”.

“Sale paralela a sí misma, señor, desplazada”.

“¿Qué tanto se desplaza?”.

“No lo sé, pero puedo imaginármelo”. De modo que lo imaginó. Lo hizo muy bien. Pero para entonces, yo tenía mis sospechas.

Terminado el examen, me acerqué a este brillante joven, y le expliqué que era de los Estados Unidos y que deseaba hacerle algunas preguntas, que los resultados de su examen no se verían afectados. La primera pregunta que le hice fue: “¿Podrías darme un ejemplo de sustancia diamagnética?”.

“No”.

A continuación le pregunté: “Si este libro estuviera hecho de vidrio, y yo estuviera mirando un objeto sobre la mesa a través de él, ¿qué le sucedería a la imagen si inclino el libro?”.

“Sería desviada, señor, un ángulo igual al doble del de inclinación del libro”.

“¿No estarás confundiéndolo con un espejo?”.

“No, señor”.

El acababa de decir durante el examen que la luz se desplazaría paralela a sí misma, y por tanto la imagen se movería hacia un lado, pero no que giraría un cierto ángulo. Incluso se había figurado qué tan grande sería ese desplazamiento, pero no se deba cuenta que una pieza de vidrio es un material con un índice, y que su razonamiento se aplicaba a mi pregunta.

En la escuela de ingeniería impartí un curso sobre métodos matemáticos en física, en el cual traté de demostrar cómo resolver problemas por prueba y error. es algo que la gente no aprende usualmente, de manera que comencé con ejemplos sencillos de aritmética para ilustrar el método. Me sorprendió que solamente ocho de los ochenta alumnos entregaran la primera tarea. Entonces les hablé enérgicamente acerca de “tratar” de hacer las cosas en lugar de sentarse y “mirar” cómo lo hacía yo.

Terminada la clase, se me acercó una pequeña delegación de alumnos. Me dijeron que ellos podrían estudiar sin resolver problemas.

Continué con mi clase, y sin importar qué tan complicado u obviamente avanzado se volvía el trabajo, nadie entregaba nada.

Entonces me dí cuenta de lo que sucedía. ¡No “podían” hacerlo!

Otra cosa que jamás pude lograr fue que me formularan preguntas. Finalmente, un estudiante me explicó: “Si yo le hago una pregunta durante la clase, luego todo el mundo me diría: ‘¿Por qué mal gastas el tiempo de clase?, estamos tratando de *aprender* algo y tu interrumpes al maestro con preguntas’.” Nadie sabía lo que pasaba y rebajaban a otros como sie ellos sí supieran. Todos fingían saber, y si un estudiante admitía por un momento que algo era confuso y preguntaba, los demás adoptaban una actitud de superioridad negándolo y diciéndoles que desperdiciaba el tiempo.

Les expliqué lo útil que era trabajar en grupo, discutir las preguntas, comentarlas, pero no lo hacían porque les apenaba preguntar. ¡Una verdadera lástima! Gente inteligente, muy trabajadora, con esa mentalidad.

Al final del año académico me pidieron que diera una plática

acerca de mi experiencia docente en Brasil. No sólo asistirían estudiantes, sino también profesores y representantes del gobierno, de modo que les hice prometer que me permitirían decir todo lo que quisiese. Ellos respondieron: “Por su puesto, ésto es un país libre”.

Me presenté con un libro de texto de física que se usaba en el primer año de la universidad. Ellos pensaban que este libro era especialmente bueno porque estaba escrito con diferentes tipos de letras. Lo más importante para recordar en *negritas*, lo menos importante en letras normales.

Inmediatamente alguien comentó: “¿Va a decir algo sobre el libro? El hombre que lo escribió está aquí y todos piensan que es un buen libro”.

“Me prometieron que podía decir todo lo que quisiese”.

El salón de clases estaba lleno. Empecé por definir la ciencia como la comprensión del conocimiento de la naturaleza. A continuación pregunté: “¿Cuál es una buena razón para enseñar ciencia? Naturalmente, ningún país puede considerarse civilizado a menos que... bla... bla... bla...”. Todos asentían con la cabeza, yo sabía que ese era el modo de pensar de ellos.

Luego agregué: “Eso, por supuesto, es absurdo ¿por qué sentimos que debemos estar a la altura de otros países? Debemos hacerlo por una *buena* razón, no sólo porque otros países lo hacen”. Luego me referí a la utilidad de la ciencia, y a su contribución a la mejora de la condición humana, y todo aquello. Realmente los mortifiqué un poco. Y añadí: “¡El principal motivo de mi plática es demostrar que en Brasil no se enseña ciencia!” Pude ver cómo se estremecían pensando “¿Qué? ¿No se enseña ciencia? ¡Esto es totalmente insano! Llevamos muchos cursos de ciencias”.

Refiriéndome al texto de física elemental que ellos usaban, agregué: “No se mencionan resultados experimentales en este libro, excepto donde se habla de una bola que se desliza por un plano inclinado, y se especifican las distancias recorridas después de un segundo, de dos segundos, de tres segundos y así. Estos números tienen *errores*, o sea, si observamos esos resultados vemos que están ligeramente por arriba o por debajo de los resultados teóricos. El libro incluso se refiere a la necesidad de corregir los errores experimentales, muy bien. El problema es, cuando se

calcula la constante de aceleración a partir de estos valores, se obtiene la respuesta correcta. Pero una bola cayendo por un plano inclinado, si se hace realmente el experimento, tiene asociada una inercia al rodar, y producirá cinco séptimos de la respuesta correcta, debido a la energía extra necesaria para rodar. Por lo tanto, este único ejemplo de resultados experimentales se obtiene a partir de un experimento falso. Nadie hizo rodar la bola, o jamás habrían obtenido tales resultados”.

“Y descubrí algo más, hojando el libro, deteniéndome en cualquier página, y apuntando y leyendo cualquier párrafo en esa página, puedo demostrar que no se trata de ciencia sino de memorización en cada circunstancia. En este momento, delante de esta audiencia, tendré el suficiente valor de hojear el libro, apuntar con mi dedo en cualquier párrafo, leerlo y demostrárselos”.

Y lo hice. Brrrrrrrup, me detuve en una hoja con mi dedo y empecé a leer: “Triboluminiscencia. Triboluminiscencia es la luz emitida al romper cristales por compresión...”. Entonces dije: “¿Es esto ciencia? ¡No! Solamente se dice cuál es el significado de una palabra en términos de otras palabras. Nada se menciona acerca de la naturaleza, qué cristales producen luz y porque producen luz. ¿Acaso algún estudiante trató de hacerlo en su casa? No puede”.

Pero, si se hubiera escrito: Cuando uno toma un terrón de azúcar y lo comprime con unas pinzas en la oscuridad, se puede observar un destello azulado. Con otros cristales sucede lo mismo. No se sabe por qué. Este fenómeno se conoce como *triboluminiscencia*. Entonces alguien trata de hacerlo en casa.

Finalmente, les dije que no podía concebir un sistema educativo en el cual la gente aprobaba exámenes y les enseñaba a otros a aprobarlos, pero que nadie sabía nada. “Sin embargo, añadí, debo estar equivocado, hubo dos estudiantes en mi clase que lo hicieron muy bien, y uno de los físicos que conozco fue enteramente educado en Brasil. O sea que es posible que aún cuando el sistema es malo, algunas persona logren una buena formación”.

Una vez concluida mi exposición, el jefe del departamento de Educación en Ciencias, se levantó y dijo: “El señor Feynman dijo algunas cosas muy duras, pero él ama realmente la ciencia y es severo en su crítica. Por tanto sugiero que lo escuchemos.

Llegué aquí pensando que nuestro sistema educativo estaba algo enfermo, ¡pero nunca pensé que tenía cáncer!”, y se sentó. Esto propició que otras personas se sintieran libres de hablar, y se produjo una gran conmoción. Todos empezaron a levantarse y hacer sugerencias. Los estudiantes formaron comisiones para mimeografiar las clases por adelantado, así como otros tipos de comisiones. Entonces sucedió algo totalmente inesperado. Uno de los estudiantes se puso de pie y dijo: “Yo soy uno de los estudiantes a los que el señor Feynman se refirió en su plática. Yo no me eduqué en Brasil. Recibí mi educación en Alemania y acabo de llegar al país”.

El otro estudiante que también había tenido un buen desempeño en clases tuvo algo parecido que decir. El profesor a quien me había referido, se levantó y dijo: “Me eduqué aquí en Brasil durante la segunda guerra cuando, afortunadamente, todos los profesores habían dejado la universidad, de manera que todo lo aprendí estudiando solo. Por lo tanto, no fui realmente educado según el sistema brasileño de enseñanza”.

Yo no esperaba esto. Sabía que el sistema era malo, pero ¡100%! Era terrible.

Como yo había ido a Brasil en un programa patrocinado por el gobierno de los Estados Unidos, el Departamento de Estado me pidió que escribiera un reporte acerca de mis experiencias en Brasil. De manera que escribí las partes esenciales del discurso que había pronunciado. Posteriormente me enteré de las reacciones de cierta persona en el Departamento de Estado. “Esto demuestra lo peligroso que resulta enviar a Brasil a alguien tan ingenuo. Este tonto sólo podía causar problemas. No entendió la problemática”. Todo lo contrario! Pienso que el ingenuo era este individuo del Departamento de estado ya que pensó que una universidad que ofrecía tantos cursos y descripciones tenía que ser de hecho una buena universidad.

*Quien desee ver lo que la naturaleza y los cielos
pueden obrar entre nosotros, que venga y vea.*
Francesco Petrarca