

Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

INCORPORACIÓN DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO A LOS CICLOS DE FORMACIÓN DE INGENIEROS

**Jonh Bayro Ocampo García, Joam Manuel Rincón Zuluaga, Héctor Fabio Bermúdez
Orozco, Alejandro Herrera Uribe**

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

Los cambios en la historia de la tecnología dependen de cómo se ha concebido la ingeniería a través del tiempo, con sus múltiples transformaciones, así como de la forma en que se construyen sus conceptos, métodos y prácticas en el marco del ejercicio de su enseñanza-aprendizaje. Efectuar un análisis sobre estos temas alimenta importantes discusiones que deben articular intereses de la comunidad académica y el sector productivo, actores que a su vez deben participar de la enseñanza de la ingeniería como un proceso autónomo, colectivo, multidisciplinario e innovador.

Es claro que al momento de confrontar al ingeniero en formación con el ejercicio profesional, se evidencian dificultades para alcanzar los objetivos que demanda la acción, dado que el sentido práctico de la ingeniería no se desarrolla cabalmente durante el proceso de formación, que muy frecuentemente se basa en el método de la ciencia, según el argumento que dice que la ingeniería es ciencia aplicada. En esta propuesta se sugiere incorporar en los ciclos de formación de ingenieros procesos reales (sociotécnicos) conectados con productos y sistemas diseñados y por diseñarse, superando la brecha entre el conocimiento científico dirigido a la búsqueda de la verdad, mediante principios físico-naturales y formales, y el conocimiento tecnológico disciplinar de la ingeniería orientado a fines prácticos y funcionales.

En este trabajo se desarrollará un análisis académico respecto a la actualidad de la enseñanza en la ingeniería y su vínculo con el conocimiento tecnológico así como la relación que tiene con la iniciativa CDIO implementada en el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, utilizando un estudio implementado por estudiantes de la Facultad de Ingeniería en el campo de la radiopropagación terrestre, trabajo que fue presentado como ponencia en el evento 2015 IEEE

Colombian Conference on Communications and Computing, titulado "Research about Coefficient of Variation for the Measurement Methodology of the Electric Field Strength Proposed by the UIT-R P.1406-1 Recommendation". El desarrollo de la investigación realizada en la Universidad del Quindío además de brindar resultados técnicos importantes, también sugirió elementos de juicio para reflexionar sobre la concepción de la Ingeniería y sus enfoques de enseñanza desde el ejercicio profesional.

Palabras clave: CDIO; conocimiento tecnológico; sociedad; ciencias básicas

Abstract

The Changes in the history of technology depend on how the engineering has been conceived through time, with its multiple transformations, as well as on how its concepts, methods, and practices are built in the exercise of their teaching learning.

Performing an analysis on these important issues feeds discussions that should articulate the interests of the academic community and the productive sector, actors who, in turn, must participate in the teaching of the engineering, as an autonomous and innovative process.

It is clear that when confronting the engineering trainee with his/her professional practice, some difficulties are evidenced to achieve the objectives that the action demands. The practicality of engineering was not fully developed during training process based upon the scientific method, according to the argument that says that engineering is an applied science.

In this proposal, it is suggested that real processes, (socio-technical) connected with products and systems designed and for being designed, be incorporated in the training cycles of engineers, bridging the gap between the scientific knowledge aimed at searching the truth through physical principles and the discipline and technological knowledge of engineering oriented toward practical and functional purposes.

In this paper, an academic analysis about the current state of education in engineering and its link with the technological knowledge and the relationship with the CDIO initiative implemented in the Electronic Engineering Program of the University of Quindío will be developed. The prior, using a study entitled "Research about Coefficient of Variation for the Measurement Methodology of the Electric Field Strength Proposed by the ITU-R P.1406-1 Recommendation" performed by students of the Faculty of Engineering in the field of terrestrial radio propagation and presented as a lecture at the 2015 event "Colombian IEEE Conference on Communications and Computing." The development of the research conducted at the University of Quindío, in addition to providing significant technical results, also suggested evidence to reflect on the design of engineering and its teaching approaches from the professional practice.

Keywords: CDIO; technological knowledge; society; basic science

1. Introducción

En la formación de ingenieros ha existido tradicionalmente un malentendido, evidente por lo menos en el ámbito inmediato de nuestras universidades, que ha hecho carrera hasta convertirse en una cultura basada en el argumento que sirve de base a los currículos tradicionales de estas escuelas, a saber, que la ingeniería es ciencia aplicada.

Ciertamente el malentendido se encuentra a la base de un buen número de definiciones consultadas, en las cuales pareciese que formar ingenieros es algo muy semejante a educar profesionales de las ciencias básicas, naturales y formales. No se trata de ocultar, ni mucho menos negar la pertinencia y la necesidad de incluir contenidos y prácticas científicas en la formación de ingenieros, el asunto consiste, por el contrario en determinar cuál es el papel que juegan estos contenidos en el ejercicio eficaz, metódico y creativo de la ingeniería.

Este trabajo propone en la sección No. 2 una discusión en torno a diferentes definiciones de la ingeniería y la necesidad de estructurar la formación de ingenieros con un modelo de enseñanza propio, a renglón seguido se proponen diferentes escenarios de interacción entre la ciencia básica y la ingeniería, en la sección No.3. En la sección No. 4 se expone el estudio de un caso práctico en el que se encuentran las diferencias entre el conocimiento tecnológico y el conocimiento científico y en función de estas se intenta presentar la ingeniería como un saber localizado (sección No. 5). Finalmente, en las secciones No. 6 y No. 7 se resalta la importancia de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la formación de ingenieros seguida de una serie de conclusiones.

2. Ingeniería: una práctica con identidad propia

Existen diferentes definiciones de ingeniería provenientes de diversas escuelas de pensamiento que proponen su ejercicio como la aplicación de la ciencia, tales como *“la ingeniería es el arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención, perfeccionamiento y utilización de la técnica industrial en todas sus determinaciones”* (Escuela de Ingeniería de Antioquía, 2010) o *“Se entiende por ingeniería toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas; de la técnica industrial y en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia”* propuesta en (Escuela de Ingeniería de Antioquía, 2010). Otra definición formal de la ingeniería se encuentra en (Escuela de Ingeniería de Antioquía, 2010) como *“la ingeniería es la profesión en la cual los conocimientos de las ciencias físicas y matemáticas adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica se aplican con buen juicio a desarrollar los sistemas para aprovechar económica y ambientalmente los materiales y las fuerzas de la naturaleza para la creciente prosperidad de la humanidad”*. Distintas definiciones como la del Consejo Profesional de Ingeniería de Estados Unidos, dicen que esta *“es la profesión que usa los conocimientos en ciencias naturales y matemáticas adquiridos mediante el estudio, la experiencia o la práctica para modificar procesos, oficios y materiales de la naturaleza en beneficio del hombre”*

(Escuela de Ingeniería de Antioquía, 2010) a la que se suma una bastante poderosa de Theodor von Kármán (cita) proponiendo que *“el científico estudia lo que es y el ingeniero crea lo que nunca ha sido”* (Escuela de Ingeniería de Antioquía, 2010).

El ingeniero sabe bien que sus recursos metodológicos y sus dimensiones epistémicas son diferentes de las que utiliza el científico a la hora de avanzar en la frontera del conocimiento, pero preguntar ¿cómo y cuándo se realiza tal reconocimiento de su condición particular como ingeniero? constituye todo un debate de interés. ¿Es éste un descubrimiento consciente o una construcción que se realiza al contacto, no poco traumático, con el ejercicio profesional?

Muchas veces el estudiante y no pocas el egresado se pregunta para qué sirvió tanta matemática en su formación. La respuesta no se hace esperar: la formación matemática desarrolla la capacidad para resolver problemas y plantear soluciones, además fortalece el pensamiento analítico y permite estructurar los algoritmos necesarios para diseñar soluciones de ingeniería. Lo anterior es un hecho incontrovertible y de ningún modo se promovería el absurdo de una ingeniería a-científica. Lo que inquieta es que cuando el mundo de las decisiones que demanda la ingeniería se piensa desde el paradigma de la ciencia básica surgen significativas inadecuaciones, incongruencias y dificultades desde su concepción, diseño, implementación y operación, sustrato del modelo CDIO que se ha decidido implementar en algunas universidades colombianas como la Universidad del Quindío. Ahora bien, ¿De qué orden son las desavenencias entre lo enseñado en las facultades y escuelas de ingeniería y lo que se practica en el mundo de la ingeniería aplicada, cuando se trata de problemas reales propuestos desde el seno de las empresas, el Estado o las comunidades?

Seguramente la dificultad radica en formar ingenieros bajo el precepto que la ingeniería es ciencia aplicada, omitiendo la complejidad y multidisciplinariedad que deben caracterizar el ejercicio profesional de los ingenieros. Cada solución de ingeniería tiene las dimensiones locales de las problemáticas enfrentadas. En este sentido las mediciones, los cálculos, las observaciones, las interacciones sociales, se dan siempre en términos de un contexto concreto. Por esta razón el uso de estándares internacionales aceptados para tomar estas decisiones son útiles pero no como una metodología única sino como una herramienta flexible. Dada esta situación, vista en la perspectiva de formación de ingenieros, es conveniente hacer un análisis frente al currículo y aportar a la resolución del malentendido que asume a la ingeniería como ciencia aplicada y a la inadecuación planteada entre la teoría y la praxis.

El currículo debe concebir al ingeniero como un actor social, uno que reconozca su actividad como social y que comprenda cabalmente en cada uno de los momentos de su formación que se debe a las comunidades a las que impacta con sus decisiones. El ingeniero no puede seguir pensando que hay una externalidad social a su trabajo, es decir, que la ingeniería sirva a un ente externo a ella misma que llamamos un tanto metafísicamente, Sociedad. El ingeniero debe reconocer en su ejercicio y en su preparación profesional que la ciencia es igualmente un constructo social y que incluso los estándares que utiliza para sus mediciones en las campañas de campo, en

tanto son producto de un saber localizado y un sistema de poder en la producción de conocimiento, también son adaptables, cuestionables e innovables.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío se viene desarrollando, en el seno de la propuesta CDIO, que se ha adaptado para la formación de nuestros ingenieros, un proyecto integrador que busca la formación de un profesional transdisciplinar. Pero este propósito pedagógico, que involucra logros y contenidos de aprendizaje significativo, no se despliega solamente en semestres avanzados. Por el contrario, desde los primeros momentos de la carrera, particularmente en el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, a través de los créditos de Técnicas de Comunicación, Ingeniería y Sociedad e Introducción a la Ingeniería, se busca que el estudiante comprenda y asuma la complejidad de su profesión y lo importante que es desarrollar la capacidad adaptativa que le permita ser flexible y creativo metodológicamente, a la hora de acercarse con eficiencia a lo se le demanda como profesional de múltiples talentos. El proyecto integrador CDIO del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío cuenta precisamente con un eje articulador en la asignatura de Ingeniería y Sociedad que busca desarrollar en los estudiantes de segundo semestre diversas habilidades de la ingeniería social que deberían permear todo el currículo semestre tras semestre en todas las asignaturas. Con este proceso se busca fortalecer las competencias de análisis y capacidad crítica y argumentativa que incluyen como un aspecto nodal la formación humanística y social, una formación que se ensambla con los contenidos disciplinares de forma sistémica y sistemática.

3. Ciencias básicas para ingeniería

Asumiendo que la formación de ingenieros no es homologable ni metodológica ni pedagógicamente, con la formación de científicos, haciendo la salvedad necesaria que existen numerosos ingenieros que actúan en modo científico e ingenieros que pueden actuar en modo ingenieril, y que la formación en contenidos científicos es esencial a la formación integral del ingeniero, es claro que la formación de base de los ingenieros no tiene las mismas perspectivas y objetivos de la formación de científicos. Por lo anterior es necesario introducir un tercer término, al cual se hace referencia pero que merece una discusión extensa de carácter académico en los campos de la epistemología e incluso en las teorías del diseño: la Tecnociencia. Esta es una práctica en la que las fronteras se diluyen cada vez con mayor interés. Tal vez sea esta una controversia que debemos elevar al contexto de la formación de posgrado mientras que la formación de ingenieros corresponde a la estructura de la formación de pregrado.

En cuanto a la discusión sobre educar ingenieros idóneos que sepan responder eficientemente a las demandas que le imponen los problemas particulares, y de la brecha epistémica que parece revelarse entre lo que se enseña en materia de la habilidad para identificar, reproducir o adaptar estándares internacionales a los procedimientos de medida para el diseño de soluciones localizadas, frente a la efectividad de dichas medidas y sus respectivas soluciones traducidas en dispositivos o

sistemas tecnológicos, en términos de Thomas Hughes, cabe decir que se requiere una nueva mirada sobre cómo se deben orientar las asignaturas en los programas de formación de ingenieros.

Una primera iniciativa tiene que ver con la adaptación de los contenidos de ciencia básica a la formación de pensamiento ingenieril. Si bien, según lo expuesto recientemente en Armenia por el decano de la Escuela de Ingeniería de Diseño de EAFIT Medellín, Alberto Rodríguez García, la matemática es un lenguaje en el que se expresan diversos conceptos sobre la realidad y que en tanto sintaxis, sus elementos relacionales son independientes de los contenidos, palabras más palabras menos, es claro que sí debe existir un acento, un tono específico y una clave interpretativa en la enseñanza de la ciencia formal para ingenieros, una intencionalidad pedagógica que no solo se reduce a ejemplos ilustrativos, también importantes, para vincular los contenidos de la ingeniería con la formación matemática, sino de un plan integral e integrador en el que no existen junturas o costuras sino una continuidad fluida hacia la consolidación de un profesional que pueda responder a la mayor complejidad de un mundo que depende de equilibrios sociales, ambientales, políticos y económicos que nos e pueden escapar a los criterios de diseño de los ingenieros (Estructura programas de ingeniería, 2015). Para lograr armonizar esta síntesis de forma y contenido, entre la educación matemática y los contenidos de la ingeniería, se requiere, o bien de profesionales de la ingeniería que se formen pedagógicamente para la enseñanza de la ciencia básica, orientada a ingenieros e ingenieras, o de matemáticos y físicos que tomen talleres complementarios de ciencias básicas para ingenieros.

Los profesores de una escuela de ingeniería deben ser “profesores de programa”, no islas independientes. Según Eduardo Silva (Estructura programas de ingeniería, 2015), *“No es viable que los profesores sean orientadores de asignaturas separadas. Cuando se contratan profesores de matemáticas, Física o Biología y no saben qué es ingeniería, ellos no pueden responder adecuadamente por el programa”*. En palabras del presidente de la Escuela Nacional de Ingeniería, *“ellos deberían tener una inducción básica para que su trabajo sea consistente con ser profesores del programa de ingeniería, cantando al unísono el objetivo que se persigue”*

En ambos caminos, el de la capacitación pedagógica y de contenidos para ingenieros que pretendan orientar las ciencias básicas con pertinencia y coherencia curricular, y el de la formación de licenciados en ciencias básicas, con referencia al conocimiento de la ingeniería, se requiere de una nueva relación de fondo entre ciencia, ingeniería, tecnología y sociedad, en un nuevo marco de relaciones de aprendizaje que vincule de manera real la teoría y la praxis, los modelos y los estándares de medida y el mundo de las soluciones localizadas, y en este propósito el proyecto integrador del programa de ingeniería electrónica es una estrategia pertinente.

En el siguiente estudio de caso se expondrán algunas de las dificultades que se enfrentan cuando la formación básica y los modelos internacionales no se compadecen con las necesidades concretas en el terreno a la hora de tomar medidas que permitan alimentar el proceso de diseño.

4. Ejemplo de inadecuación entre la enseñanza y la práctica de la ingeniería

Un ejemplo claro, en el que se pueden identificar las tesis hasta aquí desarrolladas, es el trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico de la Universidad del Quindío desarrollado por integrantes del Grupo de Investigación en Telecomunicaciones de la Universidad del Quindío (GITUQ), titulado “*Análisis De Modelos de Propagación a Partir de las Propuestas de Okumura, Hata y COST231 para el Campus de la Universidad del Quindío*”. La idea de este proyecto de investigación surge desde el GITUQ con un enfoque académico orientado hacia la caracterización del canal de radiocomunicaciones. El principal objetivo de este estudio es evaluar la exactitud de los modelos de propagación propuestos por Okumura (Okumura, 1968), Hata (Hata, 1980) y COST 231 (Dieter J & Kürner, 2011), comparándolos con medidas experimentales realizadas en el campus de la Universidad del Quindío. Identificado el comportamiento del canal de comunicaciones se propone ajustar los modelos matemáticos presentados en (Okumura, 1968), (Hata, 1980) y (Dieter J & Kürner, 2011) para representar las condiciones de pérdida de propagación en el ambiente de interés.

Actualmente la formación de ingenieros está orientada hacia la transmisión de conocimiento científico para explicar fenómenos físicos, químicos, hidráulicos y de diferente naturaleza y como consecuencia de ello los problemas que requieren de un proceso para solucionarlos son abordados desde la formación científica, la cual no considera las variables reales de una situación dada. El GITUQ propuso los objetivos de la investigación con una perspectiva académica, sin planear la metodología técnica para realizar las campañas de medición necesarias para la caracterización del ambiente de propagación y lo distante que este aspecto se encuentra del conocimiento científico. Bajo la concepción académica inicial de este proyecto de grado, el diseño del experimento para obtener las mediciones de intensidad del campo eléctrico parecía una tarea trivial. Las diferentes mediciones reportadas en artículos de bases de datos científicas reconocidas como Science Direct y Scopus proponen metodologías de medición sencillas, como la propuesta por (Nisirat, Ismail, Nisirat, & Al-Khawaldeh, 2011) y (Mahdi A, AlKhwaldeh, Ismail, & Nisirat, 2012) para la toma de mediciones empleando vehículos. Por otra parte en (Abhayawardhana, Wassell, Crosby, Sellars, & Brown, 2005) y (Pérez García, Herrera, Uzcátegui, & Bernardo Peña, 2012) también proponen metodologías para la medición de intensidad de campo eléctrico mediante desplazamiento peatonal.

Dado que el actual enfoque académico está sesgado a transmitir un concepto científico sin articularlo con el conocimiento tecnológico, no existe una apropiación en el ingeniero de abordar problemas reales, los cuales distan mucho de un concepto científico pero que si guardan estrecha relación con el conocimiento tecnológico tal y como se explica en el siguiente análisis.

Las diferentes metodologías de medición encontradas en la revisión del estado del arte se resumen en el diagrama de flujo mostrado en la figura 1 (a), para el cual se toma como ejemplo los valores propuestos en la campaña de medición realizada en la investigación (Abhayawardhana, Wassell, Crosby, Sellars, & Brown, 2005). Las

mediciones se realizaron en regiones circulares separadas entre sí por distancias desde 250 m hasta 2 Km alrededor de la antena transmisora, realizando cerca de 550 mediciones en más de 300 localidades diferentes. Para cada uno de los 250 m se hicieron 100 lecturas de campo eléctrico tomadas en intervalos de 0,3 s.

Por otro lado, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) como organismo especializado de las Naciones Unidas a través del Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (UIT-R) se encarga de elaborar conocimientos propios de la ingeniería mediante recomendaciones técnicas en las que se establece, entre otras cosas, una metodología alternativa para la medición de la intensidad de campo eléctrico que difiere mucho de las investigaciones académicas revisadas. La recomendación ITU-R P.1406-1 establece que cada 20-40 longitudes de onda deben obtenerse entre 36 y 50 muestras para obtener una lectura *mediana* de intensidad de campo eléctrico con un 90% de probabilidad y una precisión de 1 dB en el dato obtenido (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2007). Conforme a la citada recomendación se espera un aumento en la confiabilidad de los datos y por lo tanto un aumento significativo de tiempo y recursos en las campañas de medición.

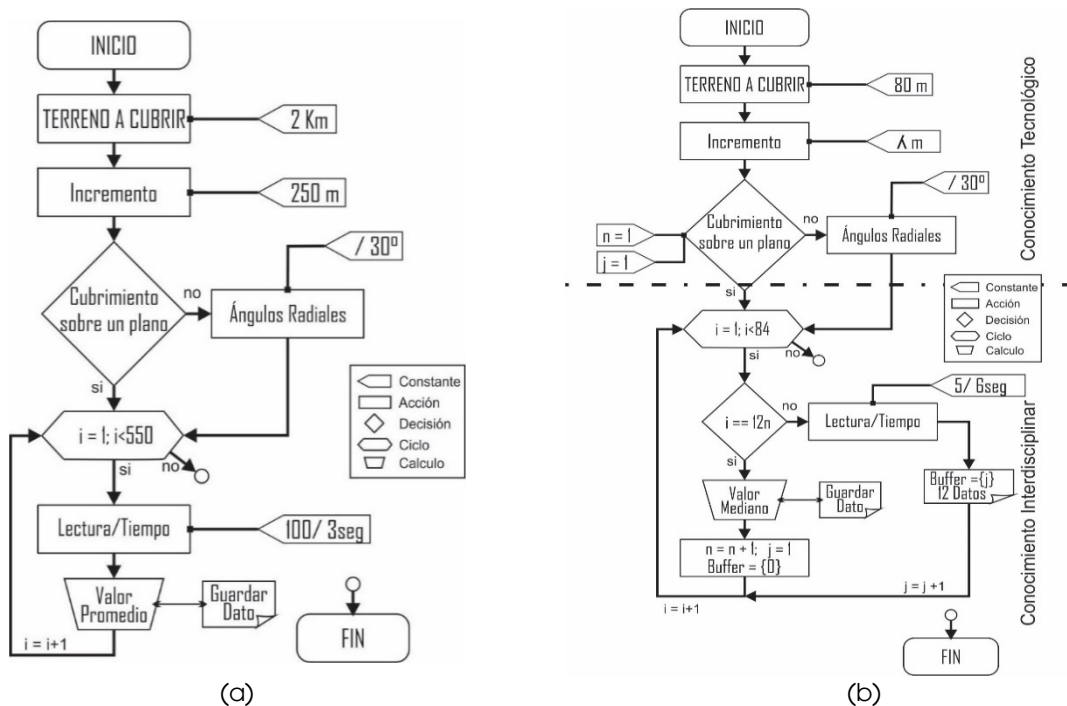


Fig. 1. (a) Diagrama de flujo para la metodología de medición reportada en (Abhayawardhana, Wassell, Crosby, Sellars, & Brown, 2005), (Nisirat, Ismail, Nissirat, & Al-Khawaldeh, 2011) y (Mahdi A, AlKhawaldeh, Ismail, & Nissirat, 2012). (b) Diagrama de flujo para la metodología de medición con base a la recomendación ITU-R P.1406-1.

La metodología de medición conforme a la recomendación ITU-R P.1406-1 se resume en el diagrama de flujo mostrado en la figura 1 (b), el cual presenta diferencias significativas con el diagrama de flujo de la figura 1 (a). Las diferencias radican en la construcción de una metodología de medición a partir del conocimiento generado por la práctica como lo propone la recomendación internacional y las convenciones

académicas que obedecen postulados científicos y que son adaptadas para las investigaciones revisadas.

Del diagrama de flujo presentado en la figura 2 se generan varias preguntas que guardan relación con la fidelidad de los datos registrados en las campañas de medición. La primera de ellas está relacionada con el promedio de las lecturas de campo que el sector académico emplea para determinar un valor representativo, haciendo una media aritmética que puede incluir valores atípicos que perturben el real comportamiento del canal de radiofrecuencia que se está caracterizando. Esta decisión es poco técnica y puede afectar la fiabilidad de los datos registrados, por lo que la solución a esta inconsistencia académica indudablemente debe provenir de la experticia práctica de la profesión (ITU-R P.1406-1) en conjunto con estudios estadísticos que demuestran que determinar el valor representativo de la intensidad de campo debe realizarse con un estadístico de localización como la Mediana y por lo tanto de la dispersión de las mediciones con un estadístico de escala correspondiente a la Meda. Estas diferencias de procedimiento se suman a otra pregunta formulada como ¿Cuántas medidas deben tomarse y a que distancia entre sí deben realizarse? Indudablemente la solución de esta problemática es una de las más críticas en el diseño del experimento, dado que en función de estos factores dependerá la correcta caracterización del canal de radiocomunicaciones. Solamente la recomendación internacional ITU-R P.1406-1, proveniente del conocimiento tecnológico, brinda un claro camino hacia cómo realizar la campaña de medición definiendo cuantas medidas son suficientes y a que distancias deben tomarse cada una de ellas, tal como se expone el diagrama de flujo de la figura 1 (b).

5. Ingeniería Localizada

Aplicar la recomendación internacional en mención sin considerar las restricciones del problema en particular y las condiciones del entorno de propagación de la Universidad del Quindío así como los recursos económicos y logísticos disponibles, atentaría en contra del mismo propósito de la investigación y contra el principio de la ingeniería vista como un saber localizado que involucra todas las variables en el ejercicio práctico. Los recursos económicos y logísticos pueden representarse en términos del tiempo que se requiere para tomar un solo punto de lectura de campo eléctrico como se propone en la figura 2.

La recomendación internacional ITU-R P.1406-1 propone que para obtener un punto representativo de intensidad de campo eléctrico se requieren como mínimo 36 medidas experimentales en una distancia de 40 longitudes de onda para las cuales se estima un tiempo promedio de 40 minutos. Esto es un factor crítico puesto que para tomar 30 o 50 puntos y obtener la suficiente información deberían desplegarse campañas de medición muy extensas que desbordan los recursos de un trabajo de campo. En la figura 2 también se muestran los experimentos realizados disminuyendo progresivamente la cantidad de muestras requeridas para representar un punto de lectura representativo hasta llegar a una tercera parte de la propuesta inicial (36 muestras) y simultáneamente reduciendo el tiempo estimado para las medidas

realizadas de 40 minutos a 15 minutos aproximadamente sin exceder un coeficiente de variación entre los datos del experimento del 10%. En otras palabras, pudo ajustarse la recomendación internacional ITU-R P.1406-1 a las condiciones de la investigación realizada en la Universidad del Quindío y a los recursos de la misma sin perder confiabilidad de los datos recopilados en el experimento.

Statistical Location And Scale For Coefficient of Variation Of ITU-R P.1406-1 recommendation						
Measurements	Median field strength (dBm)	Meda (dBm)	Coefficient of Variation	Time Measurement (min)	Days to 10 measuring points*	Type of environment
36	-40,383	3,2715	8,10%	40	3	Suburban 1500 MHz
18	-40,582	3,0945	7,66%	22	2	
12	-40,582	3,7755	9,35%	16	1	
36	-34,462	1,6202	4,70%	38	3	Rural 800MHz
18	-33,801	1,5407	4,47%	20	2	
12	-35,572	2,6632	7,73%	15	1	

* Receiver battery with the computer is not exceeding 2 hours

Fig. 2. Experimentos de campañas de medición para dos (2) entornos de propagación diferentes reduciendo en dos terceras partes las muestras de intensidad de campo eléctrico para la representación de un (1) punto de lectura manteniendo un coeficiente de variación de los experimentos cercano al 10%.

6. Discusión y conclusión

Esta investigación, dirigida a la producción de conocimiento tecnológico útil, evidencia que la ingeniería dialoga con la ciencia y la tecnología en un discurso simétrico pero que no está subyugada a ninguno de los dos polos dado que puede generar su propio conocimiento en función de su ejercicio práctico y considerando, simultáneamente, las variables tecnológicas y sociales que están inmersas en un problema específico.

Aplicar la recomendación internacional ITU-R P.1406-1 al experimento realizado compone una decisión acertada previa revisión del estado del arte y su comparación con las convenciones prácticas de la Ingeniería en estos temas de investigación.

Desarrollar una reflexión crítica e interdisciplinaria en torno a aspectos socio-antropológicos implicados en la construcción social de la ingeniería, la ciencia y la tecnología y comprender críticamente la ciencia como actividad social y cultural, desmontando el mito del "método de la verdad" son propósitos que se unen al desarrollo de habilidades relacionadas con la formación técnica y científica de los ingenieros, encontrando diferencias entre la actividad científica, la práctica tecnológica y el ejercicio de la ingeniería, desde su co-producción social.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Abhayawardhana, V., Wassell, I., Crosby, D., Sellars, M., & Brown, M. (30 de Mayo de 2005). Comparison of Empirical Propagation Path Loss Models for Fixed Wireless Access Systems. (IEEE, Ed.) *Vehicular Technology Conference, 2005. VTC 2005-Spring. 2005 IEEE 61st, 1(1)*, 73 - 77.
- Dieter J, C., & Kürner, T. (2011). DIGITAL MOBILE RADIO TOWARDS FUTURE GENERATION SYSTEMS. European Cooperation in Science and Technology, Action 231. COST 231 Final Report.
- Hata, M. (3 de agosto de 1980). Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services. *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VT-29(3)*, 317-325.
- Mahdi A, N., AlKhawaldeh, S., Ismail, M., & Nissirat, L. (28 de Octubre de 2012). Hata based propagation loss formula using terrain criterion for 1800 MHz. *International Journal of Electronics and Communications (AEÜ)*, 66(10), 855-859.
- Nisirat, M. A., Ismail, M., Nissirat, L., & Al-Khawaldeh, S. (23 de Agosto de 2011). A terrain roughness correction factor for hata path loss model at 900 MHz. *Progress In Electromagnetics Research*, 66(10), 11-22.
- Okumura, Y. (1968). Field Strength and its Variability in UHF and Land-Mobile Radio Service. *Electrical Communication Laboratory*, 16, 825-873.
- Pérez García, N., Herrera, J., Uzcátegui, J. R., & Bernardo Peña, J. (Marzo de 2012). Modelo de Propagación en las Ciudades de Mérida (Venezuela) y Cúcuta (Colombia) para Redes WLAN, Operando en 2.4 GHz, en Ambientes Exteriores. *UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA*, 16(62), 54-64.

Recomendaciones

- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2007). RECOMENDACIÓN UIT-R P.1406-7 Aspectos de la propagación relativos a los servicios móvil terrestre terrenal y de radiodifusión en las bandas de ondas métricas y decimétricas. Cuestión UIT-R 203/3 (págs. 1-13). La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT.

Fuentes Electrónicas

- Escuela de Ingeniería de Antioquía. (2010). Definiciones de ingeniería. Medellín. Obtenido de <http://fluidos.eia.edu.co/lecturas/ingenieria.html>

Conversatorios

- Uribe, A. H. (10 de abril de 2015). Enseñanza en las facultades de ingeniería.

Sobre los autores

- **John Bayro Ocampo García:** Estudiante de Ingeniería Electrónica, Auxiliar Grupo de Investigación en Telecomunicaciones de la Universidad del Quindío GITUQ. jbocampog@ugvirtual.edu.co
- **Joam Manuel Rincón Zuluaga:** Estudiante de Ingeniería Electrónica, Auxiliar Grupo de Investigación en Telecomunicaciones de la Universidad del Quindío GITUQ. jmrinconz@ugvirtual.edu.co
- **Alejandro Herrera Uribe:** Magister en Estudios Sociales de la Ciencia, la Tecnología y la Medicina, Administrador de contenidos científicos de la OFAC. alejandroherrera@uniquindio.edu.co
- **Héctor Fabio Bermúdez Orozco:** Magister en Electrónica y Telecomunicaciones, PhD(c) en Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca. hfbermudez@uniquindio.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)