



Rol del modelo MEST en la percepción de la realidad sobre el estado de los recursos hídricos en ingeniería civil

Artículo resultado de investigación científica y tecnológica

Paola Andrea Atehortúa-Sánchez

Universidad Militar Nueva Granada,
Grupo de Investigación Visión
Colombia Hídrica
u1101203@unimilitar.edu.co

Laura Camila Guevara-Guerrero

Universidad Militar Nueva Granada,
Grupo de Investigación Visión
Colombia Hídrica
u1101280@unimilitar.edu.co

Hébert Gonzalo Rivera

Universidad Militar Nueva Granada,
Grupo de Investigación Visión
Colombia Hídrica
hidropronostico@yahoo.com

Recibido: junio del 2014
Aprobado: julio del 2014

Resumen

Los estudios del presente artículo se realizaron con base en los diseños y datos ya calculados sobre el puente Guillermo Gaviria Correa, obra que atraviesa el río Magdalena. Se busca demostrar que toda obra se diseña para que perdure “ciertos años”, y no realmente para que resista ciertas fuerzas. El modelo MEST es un claro ejemplo de ello, ya que nos muestra el mundo como realmente debe ser y nos permite concluir cuál es el sentido más importante que le brinda la mayor cantidad de información al cerebro por medio de estímulos. El presente trabajo es producto del proyecto de investigación PIC 1382, desarrollado por el Grupo de Investigación Visión Colombia Hídrica de la Universidad Militar Nueva Granada.

Palabras clave: Modelo MEST, percepción de la realidad, hidrología.

Abstract

The studies of this article were made based on the designs and data calculated on the bridge “Guillermo Gaviria Correa” that crosses the Magdalena river. The goal is to show that all the civil works are designed to last “certain number of years” and not really to resist certain forces. The MEST model is a good example because it shows us the world as it really should be, testing all our senses in order to conclude which is the most important way that gives the largest amount of information to the brain by means of stimulations. The present work is a product of the research project PIC 1382, developed by the research group “Vision Colombia Hídrica” de la Universidad Militar Nueva Granada.

Keywords: Model MEST, perception of reality, hydrology.

1. Introducción

La ingeniería civil fue creada con el fin de dar solución a los diferentes problemas generados en obras y construcciones, con soporte en el método científico. Ya a principios del siglo XX el científico Max Planck afirmaba que las soluciones que puede aportar la ciencia dependen del grado de percepción de la realidad. La ingeniería civil es una profesión egocentrista, dado que todo lo estudia, diseña y construye a partir de la percepción que le brinda el intelecto humano (de allí la raíz *ego*) ubicado en el planeta Tierra (de allí la raíz *geo*).

En la actualidad, aunque existen diversas formas de desarrollar conocimiento nuevo, en ingeniería civil se le produce exclusivamente con soporte en el legado conceptual que nos brindó el científico Isaac Newton. Este legado data desde 1686 cuando publicó su obra científica *Principios matemáticos de la filosofía natural*, donde Newton planteó que son atributos de la realidad la materia, la fuerza, el espacio y el tiempo, y con ello dio nacimiento a sus famosas leyes, que son de amplia utilidad en ingeniería civil.

En este trabajo se presenta una reflexión sobre el alcance que tiene en la práctica el modelo conceptual MEST (Matter, Energy, Space and Time)

y se da respuesta a los siguientes interrogantes: a) ¿por qué es necesario el entendimiento del modelo MEST en ingeniería civil?, ¿cómo se podrían brindar nuevas interpretaciones en la metodología de diseño de obras civiles? y ¿cuál es el rol del modelo MEST en la percepción de la realidad sobre el estado de los recursos hídricos?

La respuesta a los interrogantes anteriores se da tomando como ejemplo el diseño del puente Guillermo Gaviria Correa, obra que atraviesa el río Magdalena y que une la ciudad de Barrancabermeja con Yondó y cuyos estudios de diseño tuvieron en su época amplias discusiones entre los más ilustres ingenieros del país.

2. Desarrollo del artículo

2.1 Descripción del puente Guillermo Gaviria Correa

El río Magdalena, cuya longitud total aproximada es de 1590 km, recorre el país de sur a norte. Tiene su origen en el macizo colombiano y desemboca en el mar Caribe, en el punto conocido como Bocas de Ceniza. El puente que une a Barrancabermeja con Yondó se encuentra localizado en el sector oriental del departamento de Antioquia, al occidente del departamento de Santander y al sur del departamento de Bolívar (figura 1).

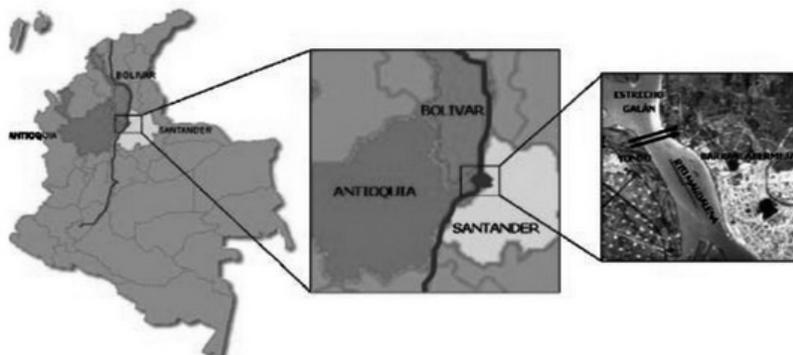


Figura 1. Ubicación del puente Guillermo Gaviria Correa

Fuente: García (2007).

Este puente tiene una longitud de 400 m y presenta una luz central de 200 m para permitir la navegación de embarcaciones. Los viaductos de acceso, tanto en la margen de Yondó como en la de Barrancabermeja, tienen luces de 40 m conformadas por tres vigas postensadas y una placa, soportadas en columnas apoyadas sobre fundaciones erigidas sobre pilotes preexcavados.

El análisis de socavación para los apoyos del puente se ejecutó considerando un caudal de $7620 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondiente a un periodo de retorno de cien años, y el nivel de aguas máximas es de 74,20 m. s. n. m para el sitio del puente. En el sitio del puente la pendiente hidráulica es de 30 cm/km para un caudal de $7620 \text{ m}^3/\text{s}$ (figura 2).



Figura 2. *Puente Guillermo Gaviria Correa*

Fuente: García (2007).

El río presenta las siguientes características hidrológicas: a) un caudal máximo de $6860 \text{ m}^3/\text{s}$; b) un caudal mínimo de $485 \text{ m}^3/\text{s}$; c) un caudal medio de $2626 \text{ m}^3/\text{s}$; d) la velocidad del agua en el río depende de la pendiente, la profundidad y la rugosidad del lecho; se conocen valores de velocidades media y máxima de 2 m/s y 3,06 m/s, respectivamente.

En términos auditivos, el río presenta en el sitio del puente un sonido promedio de emisión diaria de 70 dB. Este es un valor alto, ya que a más de 55 dB ya se comienzan a sentir molestias en el oído. Es importante recordar que el sonido interno que produce una discoteca es de 110 dB y que según los resultados de laboratorios auditivos a partir de 70 dB se producen efectos psicológicos negativos en tareas que requieren concentración y atención, mientras que entre 80

dB y 90 dB puede producir reacciones de estrés, cansancio y alteración del sueño. Los ruidos entre 100 dB y 110 dB, denominado “umbral tóxico”, pueden llegar a ocasionar lesiones del oído medio (Abril, 2012).

En aspectos de sabor, se conoce ampliamente que el agua del río Magdalena en el sitio del puente durante las épocas de inundaciones da la sensación de sabor a barro o tierra, debido a la alta concentración de sedimentos que transporta; mientras que durante el estiaje (aguas bajas a lo largo del año) da la sensación de sabor de amargo, debido principalmente a los residuos líquidos y sólidos de la ciudad de Barrancabermeja. Durante ciertos días del año no se suele percibir sabor alguno al agua del río.

La temperatura promedio en el sitio del puente es de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, y al tacto suele brindar la sensación de agua fría, dado que la temperatura del aire es muy superior y el contraste al tacto en la piel genera una sensación térmica de frío.

2.2 Aspectos conceptuales del modelo MEST

En ingeniería civil, las propiedades del agua, suelo, cemento y otros materiales se deben estudiar respecto a su materia (Matter) o su energía (Energy), siempre referenciadas a un espacio (Space) y a un tiempo (Time). Ello es de obligatorio cumplimiento, toda vez que esta ingeniería se soporta en el método científico de Isaac Newton. De acuerdo con este científico, la realidad tiene solo cuatro atributos: a) la materia; b) la energía o fuerza que genera al movimiento de las cosas; c) el espacio, en el cual se ubican las cosas, y d) el tiempo. Estos atributos conforman al modelo MEST y obligan al ingeniero civil a estudiar sus obras solo en este marco.

Cuando el ingeniero explica el comportamiento de los procesos o fenómenos, por ejemplo, de los recursos hídricos o de la dinámica del agua, lo hace necesariamente en un marco conceptual espacial o temporal, debido a que el modelo MEST, publicado y difundido por Isaac Newton a finales del siglo XVII, es el referente teórico del método científico actual.

La unidad de medida del referente espacial en ingeniería civil es el metro. Esta unidad se definió

hace varios siglos, y para ello los astrónomos tomaron la distancia de dos sitios del bloque terráqueo, ubicados ambos en el occidente de Europa. Al referenciar las magnitudes espaciales con respecto al bloque terráqueo, la ingeniería civil se convierte en una profesión geocentrista.

La unidad de medida del referente temporal en ingeniería civil es el segundo. Esta unidad se definió de manera universal hace varias décadas, y para ello los físicos junto con los astrónomos tomaron al diámetro de la Tierra en el Ecuador y le dividieron en 864.000 partes iguales; al giro de rotación hace siglos le llamaron *día*, mientras que a su veinticuatroava parte, por imposición egipcia, le llamaron *hora*. En adelante se dividió la hora en 60 partes y a ese resultado le volvieron a dividir en 60 partes más, naciendo así el patrón de 86.400 veces. Desde los tiempos del Antiguo Egipto existió la obligatoriedad de que la ingeniería civil fuese egocentrista: las 24 horas del día se establecieron a partir de las 24 falanges que tienen las dos manos humanas (en cada una hay un dedo pulgar a y cuatro dedos con tres falanges que son contadas).

En ingeniería civil, las obras se diseñan para un “tiempo de vida” durante el cual no deben fallar. Para el caso de los puentes se establece el “diseño de la obra con un periodo de retorno”, para lo cual se estiman los valores de caudales máximos o mínimos. Sin embargo, dado que el tiempo (en todas sus expresiones) es un referente que proviene de una cualidad del espacio, surge el interrogante: ¿en realidad un puente debe vivir algunos años, o debe ser diseñado para soportar ciertas fuerzas que actúan sobre él? Los humanos no podemos tocar o percibir una hora o un segundo, pero sí observamos un cambio de luz que nos termina llevando a la oscuridad en la noche, a medida que se produce el giro de rotación de la Tierra y vamos recibiendo diferentes magnitudes de radiación solar.

En el modelo MEST, el tiempo es una distancia: una hora en el Ecuador de la Tierra equivale a aproximadamente 1666 metros de distancia que recorre un punto imaginario en la Tierra alrededor de un eje sobre sí misma; mientras que un año es la distancia que recorre la Tierra en su trayectoria elíptica alrededor del Sol.

2.3 Percepción de la realidad del estado de los recursos hídricos

Debemos partir del hecho que “*no todo es lo que parece ser, y cada uno de los ingenieros civiles percibe su propia realidad*”. La ciencia, que es el pilar conceptual de la ingeniería civil, produce nuevo conocimiento según el grado de percepción que le reporte los sentidos al ser humano, pero *¿cuál es el sentido que le da la información al cerebro?*

El placer que nos causan las percepciones de nuestros sentidos es una prueba de esta verdad. De acuerdo con la obra *De sensu et sensibili*, del famoso filósofo Aristóteles, las percepciones nos agradan por sí mismas, independientemente de su utilidad, sobre todo las de la vista. En efecto, no solo cuando tenemos intención de obrar, sino hasta cuando ningún objeto práctico nos proponemos, preferimos, por decirlo así, el conocimiento visible a todos los demás conocimientos que nos dan los demás sentidos. Y la razón es que la vista, mejor que los otros sentidos, nos da a conocer los objetos y nos descubre entre ellos gran número de diferencias.

En el caso del sentido del oído, conocemos que la forma de la oreja en el ser humano (y en los demás seres mamíferos también) facilita la captura y transmisión de las ondas que llegan en el aire hacia la parte interna del oído. La onda recibida desde la oreja es transformada a señales eléctricas y empieza un largo recorrido por los transmisores del cerebro hasta llegar al Tálamo, donde se le asignan sonos. El sonido que oye el ingeniero civil de las aguas del río no llega, sino que se genera en el cerebro a partir de las ondas de aire que llegan a su oreja. De acuerdo con Braidot (2008), los sonidos que oímos realmente suceden y se producen en nuestro cerebro. El agua en los ríos produce ondas que se transportan por el aire, y es el cerebro humano el que le asigna sonos.

El olor aparentemente se percibe desde la nariz. En realidad, al respirar las partículas volátiles entran en las fosas nasales y llegan hasta las células de la membrana pituitaria provocando una estimulación especial, que es transmitida por las células olfatorias hasta llegar al cerebro. Es allí donde es asignado cada uno de los olores y la sensación olorosa se hace consciente. El olor

determina al sabor en aproximadamente un 80%; por ello, lo que no se huele suele carecer de sabor. De acuerdo con Braidot (2008), los olores que sentimos realmente están en el cerebro y no por fuera de nuestra cabeza, ni en las sustancias que llevamos a nuestra nariz.

En cuanto al sabor, en la cavidad bucal del cuerpo humano están las papilas gustativas, las células epiteliales y células gustativas; estas transforman la energía química de lo que se saborea en energía eléctrica. Las señales realizan un gran recorrido hasta ubicarse en la parte del cerebro que le asigna sabores. El sabor que siente el ingeniero civil de las aguas del río no llega, sino que se genera en el cerebro a partir de las sustancias químicas que llegan a su boca. Según Braidot (2008), los sabores que sentimos realmente se producen en nuestro cerebro. El cerebro humano es el que le asigna sabores a las cosas.

El sentido del tacto es quizá el menos entendible, toda vez que el ingeniero siempre cree o asume que siente las cosas allí donde lo están tocando. Ante un estímulo de tacto en la piel (más exactamente en la epidermis), los receptores toman la información y la transforman en impulsos nerviosos eléctricos. Estos impulsos realizan largos recorridos por la médula espinal hasta llegar al cerebro, para ser interpretados. El frío, el calor o cualquier sensación táctil que siente el ingeniero civil al tocar el agua del río no llegan, sino que se genera en el cerebro. Por ello, con una sustancia anestésica se logra impedir que la sensación táctil llegue al sitio donde aparentemente está sucediendo el tacto. Según Braidot (2008), las sensaciones táctiles realmente se producen en nuestro cerebro. El cerebro humano es el que nos hace sentir, y no la piel en sí.

La visión es el proceso que mayor información capta para llevarla al cerebro. Los colores, por ejemplo, no están en las cosas, ni mucho menos en el agua de un río; lo que hay en los objetos realmente son longitudes de ondas, que en el espectro visible para el ser humano van desde aproximadamente 350 nm hasta los 750 nm: al margen inferior la rodopsina en los conos le asigna propiedades de sensación violeta (color morado) y en el margen superior le asigna la sensación roja. Cuando el ingeniero civil observa un río,

cree o asume que el cuerpo tridimensional del río está afuera, pero en realidad esa imagen del río que ve está en el tálamo, en su cerebro, y nunca ha salido de su cabeza. Las imágenes de los objetos que vemos siempre han estado en nuestra cabeza, al igual que los colores. La escuela Gestalt, de la psicología alemana, cuenta con diversos ejercicios que demuestran que todo lo que vemos no es más que una reproducción de lo externo que realiza nuestro cerebro.

¿Cuáles propiedades de los ríos o demás cuerpos hídricos existen en ellos? Ninguna que sea interpretada por los cinco sentidos del cuerpo humano. El río de color negro (que ha promovido nombres en el Magdalena medio de "río negro") o de color marrón existe solo en nuestro cerebro; el frío del lago en los páramos solo existe en nuestro cerebro, al igual que los olores nauseabundos de las aguas contaminadas del río Magdalena en la época de estiaje.

Por otra parte, en ingeniería civil se ha difundido ampliamente en los libros, cursos de hidrología e hidráulica, artículos en revistas indexadas y demás medios la idea de que una obra se diseña y construye para que aguante tantos años de vida. Ha sido tanto el esfuerzo de aplicar el modelo MEST en la ingeniería civil que correspondió al ilustre estadístico Gumbel crear una relación entre el tiempo y el valor de la probabilidad de excedencia de un caudal cualquiera, conocida como *periodo de retorno*, el cual se estima como $1/(\text{probabilidad de excedencia de un caudal u otra variable hidrológica})$. Más tarde, el ilustre ingeniero Ven Te Chow consolidó este concepto y desde mediados del siglo pasado las obras se diseñan para que aguanten un tiempo de vida.

Veamos la siguiente interpretación de la afirmación "El diseño del puente Guillermo Gaviria Correa se realizó con soporte en un caudal máximo con periodo de retorno a cien años, igual a 7620 metros cúbicos por segundo": a) el concepto de caudal es en realidad un área que se mueve a una velocidad determinada, y no un volumen de agua en movimiento; b) los cien años son cien giros de la Tierra alrededor del Sol; c) el periodo no retorna porque el movimiento de nuestro Sistema Solar en la Vía Láctea es de forma espiral y nunca volverá al mismo sitio; d) el segundo representa un movimiento de un sitio determinado de la Tierra en su giro

de rotación y aproximadamente son unos 466 metros de distancia; e) la velocidad del agua implica dos movimientos: uno del objeto que se desplaza y el otro es el de la Tierra en su giro de rotación¹.

3. Conclusiones

Al igual que en biología se conoce que las arrugas en una persona no aparecen por los años que tenga, sino por procesos de oxigenación, en ingeniería civil se sabe que los puentes no aguantan años sino fuerzas. La percepción de la realidad a través de los sentidos junto con una formación débil en las ciencias básicas nos suele formar ideas erróneas sobre lo que realmente sucede con las cualidades de los cuerpos hídricos: a) el color del agua se imprime, se asigna y se crea por la rodoxina en el cerebro; b) el sonido del agua de los ríos, mares y lagos se asigna y se crea en el cerebro a partir de las ondas de aire que se reciben en el oído; c) al tacto la sensación de frío o caliente del agua en un río o lago se define y se siente en el cerebro, aunque nos pareciera que los sintamos en la mano; d) el sabor del agua (cuando lo tiene por contenidos de minerales y otros elementos) depende directamente del olor y es originado en el cerebro, etc. Ninguna cualidad del agua en los cuerpos hídricos respecto a su color, sonido, olor, sabor y tacto existe en el agua como tal, sino que la cualidad es determinada y creada por nuestro cerebro, en nuestra cabeza. *No todo es lo que parece ser.*

4. Referencias

Braidot, N. (2008). *Neuromanagement*. Madrid: Granica.

García, L. (2007). El puente que unió a Yondó con Barrancabermeja. *Revista de Santander*, 2, 9-21.

¹ Una amplia discusión sobre el rol del modelo MEST en ingeniería se brinda en esta página web: www.hydrostochastic.com