LA CARACTERÍSTICA DE UNA COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA: EL USO DE LA SIMULTANEIDAD DE LA DERIVADA

Leslie Mariel Torres Burgos y Francisco Cordero Osorio
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV - IPN). México
lmtorres@cinvestav.mx, fcordero@cinvestav.mx

Resumen. La Matemática Educativa ha evidenciado un conflicto entre la obra matemática y la matemática escolar, el cual ha generado tres fenómenos asociados al discurso Matemático Escolar (dME). Estos, reprimen la construcción social del conocimiento matemático; impidiendo la incorporación del conocimiento a la vida del humano y por tanto, la transformación de su realidad. Ante esto, es necesario generar un Marco de Referencia (MR) que incluya los usos de conocimiento matemático (U(CM)) del ciudadano, de manera que se adquieran elementos para el rediseño del dME (RdME). Para ello, se estudian los U(CM), Simultaneidad y Estabilidad, en el quehacer de una Comunidad de Conocimiento Matemático de la Ingeniería Química (CCM(IQ)) en un escenario de trabajo. Específicamente en el diagnóstico del estado de los transformadores eléctricos de la Comisión Federal de Electricidad, región peninsular. Tales U(CM), serán elementos para la construcción de un MR centrado en los usos que contribuya al RdME *desde y con* el ingeniero.
Palabras clave: Uso de conocimiento, Simultaneidad, Estabilidad
Abstract. The Mathematics Education has shown a conflict between the mathematical work and school mathematics, which has generated three phenomena associated with speech Mathematical School. Which repress the social construction of mathematical knowledge, preventing the incorporation of knowledge to human life and, therefore, the transformation of your reality. Given this, it is necessary to generate a frame of reference to include the use of mathematical knowledge of citizens, so as to acquire items for the redesign of the dME. To do this, we study the U(CM), Simultaneity and Stability, in the work of a Community of Mathematical Knowledge of Chemical Engineering in a work setting. Specifically in the diagnosis of the electrical transformers from Federal Electricity Commission, peninsular region. Such U(CM) will be elements for building a MR focused uses that contribute to the RdME *from* and *with* engineer.
Key words: Use of knowledge, Simultaneity, Stability

Introducción

El estatus de la matemática escolar genera un discurso, denominado dME, que rige todos los aspectos de la enseñanza y aprendizaje del conocimiento matemático. Éste no considera, ni conoce, el U(CM) de la gente, por ende, ni de los estudiantes. En este sentido, produce un fenómeno denominado *exclusión de la construcción social del conocimiento matemático* (Soto y Cantoral, 2011).

Asimismo, si se piensa en la matemática del aula, ésta difiere de la matemática que sucede en el cotidiano, lo que conlleva otro fenómeno dentro del dME denominado, *opacidad ante la vida* (Gómez, 2013). En este sentido, el dME es nocivo, lo que implica la necesidad de trastocarlo. Sin embargo, uno de los efectos de los fenómenos mencionados es *la adherencia al dME* (Cordero & Silva-Crocci, 2012), que se refiere a que el docente y en consecuencia el estudiante se adhieren a tal discurso; ninguno se atreve a trastocarlo, condición necesaria para lograr, la reciprocidad de la matemática y el cotidiano en el aula, y de ahí el RdME.

Tales fenómenos dimensionan la problemática del aprendizaje y enseñanza de la matemática. Por eso, la Matemática Educativa ha ampliado su visión para entender la construcción del conocimiento matemático (CM) y el dME con relación a otros dominios de conocimiento. Enfatiza una visión donde se precisa la resignificación de los CM, por ende, se enfoca la atención a problematizar el uso de la matemática, lo que conlleva generar estudios no en sí del conocimiento sino de su función social (Cordero, 2013). Se trata entonces de formular un MR cuya base es la manifestación de los U(CM) en el dME, en otros dominios y en el cotidiano.

Dada esta problemática, nos preocupa tratar una investigación que exhiba una realidad del conocimiento de la matemática funcional. Por esto consideramos una CCM(IQ) en un escenario de trabajo específico. Por la naturaleza de su trabajo, el Cálculo entra en juego como conocimiento matemático. En ese sentido conviene recapitular brevemente el estatus socioepistemológico del cálculo escolar.

Por ejemplo, un estatus del Cálculo en las instituciones educativas consiste en que el Calculus, en términos generales, es concebido como "la rama de la matemática que trata con la diferenciación e integración". Sin embargo, con esta perspectiva difícilmente se logra alcanzar su objetivo principal: la analiticidad de las funciones. Tal objetivo corresponde a la epistemología del Cálculo, pero, no al currículo escolar (Cordero, 2008).

Pero ¿qué significado tiene semejante hecho para el tema que nos ocupa? Este estatus consiste en centrar la atención en los conceptos, en ese sentido la analiticidad es un concepto más, no se refleja que ésta sea la idea esencial del cálculo (Cordero, 2008). La centración en los conceptos crea necesariamente secuencias insoslayables obscureciendo los significados situacionales, donde se debate entre el funcionamiento y la forma de tales conceptos (Domínguez, 2003 citado en Cordero, 2008). En consecuencia, un sistema educativo basado en ese modelo, no crea marcos de referencia que resignifiquen el conocimiento, no hace de la matemática un conocimiento funcional, soslaya lo humano y a los sentidos de todo saber científico.

Bajo esta idea, estudiamos el U(CM) que emerge de una CCM(IQ) ubicada dentro de la CFE en una situación específica; de manera que podamos entender y evidenciar los usos del conocimiento matemático, con el objetivo de identificar sus elementos, funcionamientos y formas, que contribuyan a la conformación de un MR para el RdME, que expresará el U(CM) *desde* y *con* el ingeniero.

Marco teórico

La teoría que orienta y enmarca el estudio es la Teoría Socioepistemología, la cual tiene como propósito el RdME incorporando una matemática funcional basada en el U(CM), creando un vínculo entre la matemática escolar y la matemática cotidiana. El énfasis, por tanto, se encuentra en identificar la matemática funcional que tiene presencia durante el actuar del ciudadano, y así obtener una caracterización de la misma (Cordero, 2013).

Proponemos entonces un cambio de visión que nos permita ver al estudiante no como un individuo aislado consumidor de conocimiento, sino como un ciudadano constructor de conocimiento matemático perteneciente a una comunidad. Donde importa quiénes son, la situación y los escenarios específicos en donde estén inmersos, dado que esto dará cuenta de las construcciones que se realicen en dicha comunidad.

Por tal motivo, interesa caracterizar a un grupo de ciudadanos donde sus intereses y características comunes, cosmovisión, entre otras, importan para poder entender lo propio de la comunidad a la que pertenecen. Sin embargo, nuestro interés va más allá, dado que no deseamos caracterizar a una comunidad por sí sola, sino a una comunidad en términos del conocimiento que ocurre y se construye en su interior. Ya que si hay conocimiento existe una comunidad que lo construye, la cual ha sido conceptualizada como "Comunidad de Conocimiento Matemático (CCM)" (Cordero, 2013). Dicha comunidad, se distingue de lo individual, de lo público y de lo universal. En este sentido, una CCM se compone de tres elementos principales: reciprocidad, intimidad y localidad; enmarcados en dos ejes, la institucionalización y la identidad de su conocimiento, lo cual permite identificar lo propio de la comunidad. Con base en ello, se construyó un modelo (figura 1), con el que se estudia el U(CM) que emerge de una CCM, en una situación específica.

Figura 1. Modelo de Comunidad de Conocimiento Matemático (Cordero, 2013).

Así, con el estudio de CCM específicas, se podrán generar propuestas educativas congruentes con las necesidades de los ciudadanos, es decir, desde ellos; mediante la construcción de un MR donde se considere la funcionalidad del CM en el cotidiano.

Método

Existen diferentes dominios de conocimiento, pero nos interesa el trabajo dentro del dominio no científico; esto es, estudiaremos el trabajo de una CC que no *a priori* se dedica a la construcción de conocimiento, sino a responder a las necesidades de la sociedad. Por lo que la producción de conocimiento es diferente, y por tanto nos interesa mirar cómo se construye CM en dicho escenario, ya que, la identificación del U(CM) permitirá ver la funcionalidad del conocimiento y la forma en que éste vive en el cotidiano de un profesional.

La CCM(IQ) que se estudió, está conformada por dos ingenieros químicos que trabajan en la Gerencia Regional de Transmisión Peninsular de la CFE, en donde realizan análisis químicos a transformadores eléctricos.

Para la obtención de los datos se construyó una epistemología basada en el modelo de CCM, en la que se piensa de manera *a priori*, los usos y conocimientos que se presentan, como la estabilidad y la simultaneidad. Además, para dar cuenta del uso de tales conocimientos en la CCM(IQ) se realizaron tres entrevistas y se observó su trabajo; asimismo, se realizaron video grabaciones, grabaciones de audio y notas de campo.

Resultados

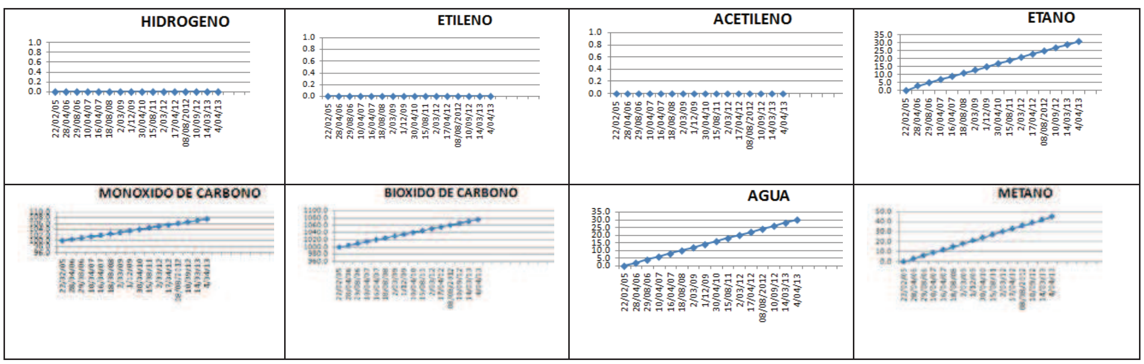
El trabajo que realiza la CCM(IQ) consiste en diagnosticar el estado de los transformadores eléctricos que se encuentran en la península de Yucatán, a través del análisis del comportamiento de las concentraciones de los gases disueltos en el aceite de un transformador; de manera que se anticipen posibles fallas en los equipos y con ello procurar el suministro de energía eléctrica en la región. El método de diagnóstico que emplea la comunidad para determinar las posibles fallas, se centra en la lectura e interpretación de modelos gráficos, los cuales analizan los comportamientos de cada uno de los gases; estos son: Agua, Acetileno, Etano, Etileno, Hidrógeno, Metano, Monóxido de Carbono (CO) y Bióxido de Carbono (CO_2). Cada uno con diferente nivel de concentración. Estos gases, permiten identificar los diferentes problemas que ocurren dentro de un transformador.

Cabe mencionar, que dentro de los gases, existen algunos denominados gases clave o de falla; los cuales, al incrementarse, indican un problema específico que puede estar presentando el transformador. Estos son: Hidrógeno, descargas parciales; Etileno, puntos calientes y Acetileno, arco.

Así, un transformador en condiciones ideales, no debe presentar niveles elevados de los gases claves; es posible que se formen, pero su concentración debe ser *estable*, es decir, que su crecimiento sea lento y similar al resto de los gases. Los otros cinco, presentan un incremento normal debido al desgaste natural del transformador, sin embargo; para considerarlo normal, dicho incremento debe ser similar en cada uno. Además, el CO y CO_2 son indicadores de una falla específica; ya que ordinariamente debe haber una diferencia del 10% entre sus concentraciones, por lo que se debe presentar un comportamiento paralelo. Cuando la proporción se rompe, es indicador de que hay una pirolisis de papel y por tanto, hay que darle mantenimiento al equipo. Asimismo, es importante analizar simultáneamente el comportamiento de todos los gases, ya que los incrementos son considerados normales, si el incremento de uno es similar al de los otros.

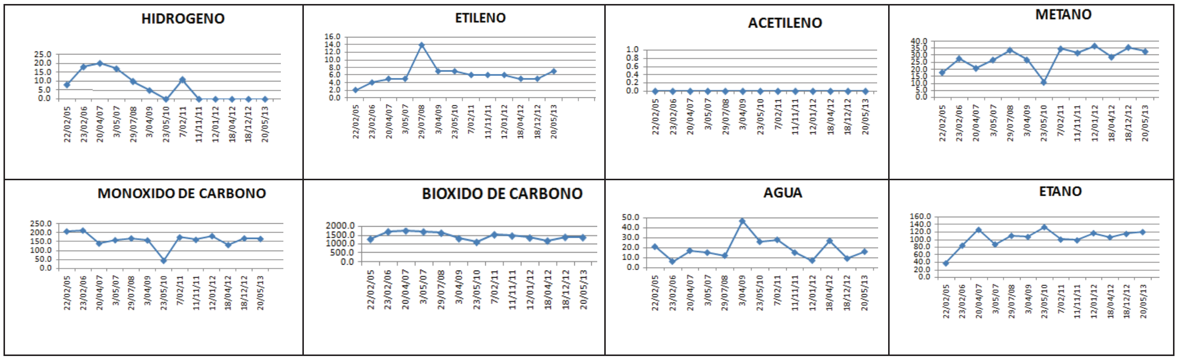
Para el diagnóstico, si el nivel de todos los gases es normal, se sigue un monitoreo ordinario, cada seis meses. En caso de encontrar alguna variación en las tendencias de las gráficas se programa un monitoreo más seguido, de manera que se identifique la velocidad de incremento con el fin de conocer cuan grave es el problema y poder determinar el momento preciso para sacar de servicio al equipo. Con base en lo anterior, se han identificado cuatro situaciones que pueden presentar los modelos gráficos: una situación ideal y 3 reales: sin falla, con falla y extraordinaria. En este escrito y debido al espacio únicamente presentamos las dos primeras (las demás situaciones están reportadas en Torres, 2013), de manera que se ejemplifique el uso de los modelos gráficos en la CCM(IQ), y se muestre el uso de la estabilidad y la simultaneidad.

Situación ideal:



En estas gráficas se observa la estabilidad de los gases de falla, y la estabilidad en el incremento de los otros gases; así como la relación del 10% entre el CO y CO_2. Cabe mencionar que dichas gráficas no son reales, son una simulación de los comportamientos según las condiciones ideales de un transformador, por lo que fechas y niveles de concentración son supuestos, lo que realmente importa es el comportamiento de las curvas y su tendencia, en donde se muestra la estabilidad del equipo.

Sin embargo en la realidad, las gráficas que se obtienen del análisis presentan variaciones debido a cuestiones ambientales, sobrecargas de los equipos, entre otros factores. Por lo que, un conjunto de gráficas reales en las que el transformador no presenta problemas pero si variaciones es:



A pesar de que a primera vista se pudiera pensar que por las variaciones el transformador está presentando algún problema, en el diagnóstico no es así. Por tal motivo, conviene analizar el comportamiento de las gráficas y recordar que éstas no se pueden ver de manera aislada sino que tenemos que considerar las 8 gráficas de manera *simultánea*; en este sentido, el enfoque del análisis está en el comportamiento y la tendencia.

Si consideramos primero las gráficas de CO y CO_2, se puede observar que tienen variaciones y que no en toda la gráfica se puede identificar la proporción del 10%. Además, respecto al comportamiento de los 3 gases clave, únicamente el acetileno presenta el comportamiento ideal, lo que indica que no hay un problema serio dentro del transformador. Sin embargo, el hidrógeno y el etileno presentan variaciones; se puede ver que el hidrógeno al inicio de la gráfica, se incrementa, pero posteriormente disminuye hasta llegar a cero que es su valor de estabilidad; sin embargo, nuevamente se incrementa pero de nuevo recupera la estabilidad, tendiendo a mantenerse estable. Sin embargo, el etileno en ningún punto tiene concentración cero, pese a ello, el ingeniero A menciona:

> *…de acuerdo a las pruebas del laboratorio, el equipo no está presentando un incremento grande en el etileno, de hecho es muy muy bajo, si observamos las pruebas: Desde el 2009 presenta 7 ppm de etileno, un año después en el 2010 sigue con 7 ppm, un año después en el 2011 tiene 6 ppm, un año después en el 2012 está entre 6 y 5 ppm y en la última prueba realizada en mayo de 2013 tiene 7 ppm. Por tanto, en casi 5 años este equipo, se ha comportado muy estable teniendo variaciones no mayores a una parte por millón entre pruebas.*

Del fragmento, podemos inferir la simultaneidad de la derivada, ya que el ingeniero considera cuánto y cómo está variando la concentración del gas; al mismo tiempo esta variación la relaciona con la estabilidad, ya que a fin de cuentas lo que se espera es que el transformador se encuentre estable, para que no ocurra alguna falla.

Además, el comportamiento de los otros gases es importante para determinar con mayor certeza que el transformador se encuentra estable. En las gráficas del metano, etano y agua se observa que las tres presentan muchas variaciones, y la tendencia del comportamiento es a incrementarse lo cual es normal, ya que en ellas se observa el desgaste natural. Al mismo tiempo, la tendencia de las 3 gráficas más o menos tiende a una estabilidad dado que los últimos valores graficados son cercanos, lo que muestra que estos gases también están estables dentro del equipo.

Con base en lo anterior, se determina que el énfasis del análisis está en la estabilidad ya que al mantenerla, los equipos se encuentran trabajando de manera normal. Sin embargo, es interesante resaltar que una vez que la estabilidad se pierde, es necesario mirar las variaciones de las gráficas, sobre todo de los gases de falla, para determinar qué, cómo y cuánto varia, es decir analizar las variaciones simultaneas de cada uno de los modelos; pero al mismo tiempo es necesario realizar la observación de todas las gráficas en simultáneo para poder determinar si los incrementos en las concentraciones se deben a factores externos o a una posible falla interna.

Desde nuestra mirada socioepistemológica, se identifica a las gráficas como modelos de comportamiento, que permiten leer, interpretar e inferir información acerca del estado de un transformador. Además, se muestra cómo la estabilidad es un elemento importante en el análisis; ya que, en todo diagnóstico, se espera determinar que el transformador se encuentra estable, es decir, que el comportamiento tendencial de las gráficas, no presenta variaciones o éstas son similares en todas las gráficas y por tanto el comportamiento es normal. En este sentido podemos considerar dos niveles de estabilidad, uno local y otro global. El primero con referencia a la estabilidad de la concentración de los gases y el segundo, a la estabilidad del transformador.

Sin embargo, a la par que interesa la estabilidad, interesa la variación ya que es importante analizar cuánto varía la concentración de los gases, para poder determinar si existe alguna posibilidad de falla. Es por ello, que entra en juego la simultaneidad; la cual, al igual que la estabilidad se observa en dos niveles: la simultaneidad de la derivada, donde interesa determinar qué, cómo y cuánto varia, esto es, cuando el ingeniero hace un análisis puntual de las gráficas, analiza los niveles de concentración (qué), la velocidad de generación de los gases (cuánto) y al mismo tiempo pone atención a la concavidad de las curvas (cómo) ya que esto permite determinar si puede ocurrir alguna falla. El segundo nivel de la simultaneidad, la simultaneidad de variaciones, es el análisis global en el que se observan todas las gráficas de manera simultánea para determinar si las variaciones en los comportamientos son debido a factores ajenos al transformador, o problemas internos.

Con base en lo anterior, la *estabilidad* y la *simultaneidad* son los principales conocimientos matemáticos que pone en juego la CCM(IQ) en su análisis de modelos gráficos (figura 2).

Estabilidad	•Puntual: Concentración de gases (Comportamiento tendencial) •Global: Estado del transformador (Resultado esperado)
Simultaneidad de variaciones	•Puntual: Simultaneidad de la derivada (Velocidad, Concavidad) •Global: Todos los comportamientos (Predicción)

Figura 2. La estabilidad y simultaneidad en la práctica de la CCM(IQ).

Así, consideramos que la CCM(IQ) se ve envuelta en una situación de transformación, cuya argumentación se centra en la graficación-modelación y en el comportamiento tendencial; dado que el énfasis de los modelos gráficos está en las tendencias y los patrones de comportamiento que evidencían la estabilidad en las concentraciones. Además, se ve enmarcada por la situación de variación, cuya argumentación es la predicción, ya que la principal actividad de su trabajo es predecir posibles fallas para poder atenderlas a tiempo y evitar daños en el equipo. Estas dos situaciones, Aproximación y Variación, no están independientes en el trabajo de nuestra comunidad, sino que la argumentación del comportamiento tendencial, genera herramientas para la argumentación de la predicción; ya que del análisis de las tendencias, se ve la necesidad de analizar las variaciones y con ello, anticipar las posibles fallas que pueden ocurrir en los equipos, ver figura 3.

Figura 3. Actividad de nuestra comunidad a la luz de la Socioepistemología.

Conclusiones

Se evidencían dos situaciones generadoras del cálculo, transformación y variación, así como las categorías de comportamiento tendencial y predicción. Tales situaciones han sido reportadas por la teoría Socioepistemológica en Cordero, 2001 y 2008.

Además, el uso de los modelos gráficos que emplea la comunidad, permite el desarrollo de argumentos en torno a la estabilidad y a la simultaneidad de variaciones, donde el foco no son los objetos matemáticos, sino el desarrollo de argumentaciones de comportamientos tendenciales que permiten la predicción.

Finalmente una crítica que realizamos, es que en el dME se presenta a las derivadas de diferente orden como una iteración, sin atender las variaciones simultáneas que pueden ocurrir en un fenómeno donde implícitamente podemos encontrar todas las derivadas. En nuestro estudio se evidenciaron las primeras dos derivadas.

Agradecimientos

Esta investigación está financiada por CONACYT con el Proyecto Las Resignificaciones del Uso del Conocimiento Matemático: la Escuela, el Trabajo y la Ciudad. Clave 0177368.

Referencias bibliográficas

Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa.* 4(2), 103-128.

Cordero, F. (2008). El uso de las graficas en el discurso del cálculo escolar. Una visión socioepistemológica. En R. Cantoral, O. Covián, R. M. Farfán, J. Lezama & A. Romo (Ed.), Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte Iberoamericano (pp. 285-309). México, D. F.: Díaz de Santos-Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. A. C.

Cordero, F. & Silva-Crocci, H. (2012). Matemática educativa, identidad y latinoamérica: el quehacer y la usanza del conocimiento disciplinar. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa.* 15(3), 295-318.

Cordero, F. (2013). Matemáticas y el Cotidiano. Diplomado Desarrollo de estrategias de aprendizaje para las matemáticas del bachillerato: la transversalidad curricular de las matemáticas Módulo III. Documento interno. Cinvestav –IPN.

Gómez, K. (2013). La Socialización de la Función del Conocimiento Matemático: Pluralidad Epistemológica y Opacidad del Cotidiano. Documento Predoctoral, Departamento de Matemática Educativa, CINVESTAV- IPN. México, DF.

Torres, L. (2013). Usos del Conocimiento Matemático. La Simultaneidad y Estabilidad en una Comunidad de Conocimiento de la Ingeniería Química en un Escenario de Trabajo. Tesis de Maestría no publicada. CINVESTAV-IPN. México, DF.

Soto, D. & Cantoral, R. (2011). Exclusión en el discurso matemático escolar. El caso del teorema de L´Hospital. Memoria de la XIV EIME, Zacatecas, México. 82-89.