



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS
AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

Unidad Zacatenco

Departamento de Matemática Educativa

*Usos del Conocimiento Matemático. La Simultaneidad
y Estabilidad en una Comunidad de Conocimiento de
la Ingeniería Química en un Escenario de Trabajo*

Tesis que presenta

Leslie Mariel Torres Burgos

Para obtener el grado de Maestra en Ciencias en la especialidad de

Matemática Educativa

Director de Tesis:

Dr. Francisco Cordero Osorio

México, Distrito Federal

Agosto, 2013

Agradezco al Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología (Conacyt) el
apoyo financiero para la realización
de mis estudios de Maestría.

Leslie Mariel Torres Burgos
BECARIO No. 261893

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

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, por todo lo que me ha dado, en especial por la oportunidad de alcanzar un sueño más y por acompañarme a lo largo de esta aventura.

A mis papas, Emilio y Elsy, por el apoyo y comprensión que siempre me han brindado, por el amor y cariño que me han dado a lo largo de mi vida. Porque siempre me han impulsado para alcanzar mis sueños. Los quiero mucho.

A Aarón Cetina, por todo el amor que me has dado, por apoyarme y acompañarme en los momentos difíciles, te amo, muchas gracias.

A mis hermanos Emilio y Eduardo quienes siempre me apoyaron y me mostraron cariño a su manera, los quiero mucho, gracias.

A mi abuelita Elsy por su cariño y preocupaciones, por estar siempre al pendiente de mi, te quiero mucho abue.

A mi familia Chilanga como les digo de cariño, Erika, Sergio, Paty, Sergito, Emilito por haberme acogido y hacerme sentir como en casa y porque gracias a ustedes conocí a los demás miembros de la familia, a Dn. Carlos, Ricardo, Cecy, Marce, Milka, Edgar y Sandy muchas gracias por dejarme entrar a su familia, por apoyarme y acompañarme durante poco más de dos años, los quiero mucho. Agradezco también al resto de sus familiares quienes sin tener porqué siempre me recibieron de maravilla, son unas personas muy lindas.

A Dña. Cristy que se nos adelantó en el camino, fue un placer haberla conocido, gracias por todo su apoyo y cariño, y por abrirme las puertas de su casa y de su familia.

A todos mis tíos y primos, en especial a los Novelo Burgos, que siempre estuvieron al pendiente de mí y de los acontecimientos de la ciudad. Gracias por su cariño y apoyo.

A las personas de la capilla que estuvieron al pendiente, Dn. Ricardo y Dña Enith.

Al Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional por las facilidades otorgadas para la realización de mis estudios de posgrado, es un honor pertenecer a tan prestigiosa institución.

A mis profesores del área de Educación Superior por ser mis guías durante este camino, Dr. Cordero, Dr. Cantoral, Dra. Acuña, Dra. Farfán y Dra. Asuman, muchas gracias por ayudarme a crecer.

De manera especial, al Dr. Francisco Cordero Osorio, lo admiro y le agradezco por transmitir esa pasión en la investigación y en el desarrollo de nuestra disciplina, por su asesoría y tiempo dedicado a este proyecto, muchas gracias.

A los ingenieros Jorge y Augusto, en especial al Ing. Augusto por abrirme las puertas de su laboratorio, por su disposición y apoyo para la realización de este trabajo.

A mis compañeros de generación, Elizabeth, Sergio, Arturo, José y Víctor, por las discusiones de los seminarios que me ayudaron a crecer y reflexionar, a mirar otros puntos de vista, muchas gracias. En especial a Eli por ser mi amiga y porque juntas nos apoyamos en esta etapa de nuestras vidas.

A mis maestros, colegas y amigos de la facultad de matemáticas de la UADY; Eddie, Landy y Martha, por todo el cariño y apoyo que me han dado a lo largo de estos años, porque ustedes sembraron la semilla que ahora ha crecido y espero que pronto de frutos, los admiro y quiero mucho.

A ustedes y a todos los que de una u otra manera me han apoyado y han confiado a lo largo de mi vida, muchas gracias y este trabajo es para ustedes.

ÍNDICE

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	v
CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA	1
1.1. Problemática general: Los fenómenos del discurso Matemático Escolar (dME)	1
1.2. Justificación Razonada y Justificación Funcional	5
1.3. Un marco de referencia desde la dimensión social	8
1.4. Problemática específica del estudio	12
1.5. ¿Qué Comunidad de conocimiento?	18
1.5.1. <i>Una caracterización de la ingeniería</i>	19
1.5.2. <i>Problemática en la enseñanza de la matemática en la ingeniería</i>	24
1.5.3. <i>La ingeniería química</i>	29
1.6. Epílogo.....	32
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.....	35
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	43
3.1. La Teoría Socioepistemología	43
3.2. Comunidad de Conocimiento	47
CAPÍTULO IV: MÉTODO	55
4.1 Una caracterización del trabajo	55
4.1.1. <i>Concepciones del trabajo</i>	55
4.1.2. <i>El trabajo en nuestro estudio</i>	59
4.2 Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Químicos	61
4.2.1. <i>Breve historia de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)</i>	61
4.2.2. <i>Características de la Comunidad de Conocimiento específica</i>	64

4.3 Una epistemología de la Simultaneidad y la Estabilidad en nuestra Comunidad de Conocimiento	70
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS USOS DEL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO Y LA SITUACIÓN ESPECÍFICA	83
5.1 Una matemática funcional: Funcionamientos y Formas del conocimiento	83
5.1.1. <i>El laboratorio</i>	83
5.1.2. <i>Descripción de los análisis</i>	84
5.1.3. <i>Métodos de análisis: de la literatura a su propio diseño</i>	91
5.1.4. <i>El método gráfico para el diagnóstico de transformadores</i>	98
5.2 El uso de Conocimiento Matemático en una Comunidad de Conocimiento de la Ingeniería Química	117
5.3 Situación específica: Modelo gráfico de comportamiento de los gases disueltos en el aceite de un transformador eléctrico	121
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y REFLEXIONES	131
6.1. Conclusiones	131
6.2. Reflexiones	133
REFERENCIAS	137

RESUMEN

Se estudian los usos de los Conocimientos Matemáticos de la Simultaneidad y de la Estabilidad, en el quehacer de una Comunidad de Conocimiento Matemático de la Ingeniería Química (CCM(IQ)) en un escenario del trabajo. Específicamente en el diagnóstico del estado de los transformadores eléctricos de la Comisión Federal de Electricidad, región peninsular.

En consecuencia, se identifica a la Modelación-Graficación como una categoría medular en el trabajo de la CCM de ingenieros químicos, ya que por medio de modelos gráficos se realiza el diagnóstico, para anticipar posibles fallas a través del análisis de comportamientos tendenciales.

De esta forma, se evidencia el desarrollo de usos de la gráfica en el trabajo de la CCM(IQ). Así como los usos de la Simultaneidad y la Estabilidad en dos niveles: Local y Global.

Tales usos del Conocimiento Matemático, serán elementos para la construcción de un Marco de Referencia centrado en los usos que contribuya al rediseño del discurso Matemático Escolar *desde y con* el ingeniero.

ABSTRACT

This research study the uses of Mathematical Knowledge, Simultaneity and Stability, on stage at the work of a Mathematical Knowledge Community of Chemical Engineering. Specifically, in the diagnosis of the electrical transformers of the Comisión Federal de Electricidad (CFE), peninsular region.

It identifies the modeling-Graphing as a major category in the work of the CCM. Since using graphical models is the diagnosis, anticipating potential failures through analysis of trend behavior.

In this way development is evident in the graph uses the work CCM (IQ). As the uses of Simultaneity and Stability in two levels: Local and Global.

Such uses of Mathematical Knowledge, are elements for building a reference frame centered on the uses that contribute to the redesign of School Mathematics Speech from and which the engineer.

INTRODUCCIÓN

El sistema educativo formula en su programa que la matemática escolar debe afectar al cotidiano del ciudadano, ya que el propósito de toda enseñanza, es producir aprendizajes para resolver problemas de la sociedad (Cordero, 2013).

Sin embargo, resulta que no existe un indicador que nos informe del uso del conocimiento en el cotidiano de los ciudadanos. No se sabe cómo los niños de la primaria, los jóvenes de secundaria y bachillerato usan su conocimiento matemático. Lo que siempre ha preocupado es lo que saben de conocimiento matemático, pero no así, su uso.

El estatus de la matemática escolar (ME) genera un discurso, denominado discurso Matemático Escolar (dME), que rige todos los aspectos de la enseñanza del conocimiento matemático. Éste no considera, ni conoce, el uso del conocimiento matemático de la gente, por ende, ni de los estudiantes. En este sentido, produce un fenómeno denominado *exclusión de la construcción social del conocimiento matemático*; esto es, el dME es caracterizado como un sistema de razón (SR), que excluye a los actores del sistema didáctico de la construcción del conocimiento matemático a través de una violencia simbólica (Soto & Cantoral, 2011).

Asimismo, otras investigaciones han mostrado que el dME presenta una desvinculación con las necesidades requeridas en la vida diaria. En particular, 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); el cual se refiere a que tal discurso no considera los usos, la cultura, el escenario de los individuos a quienes dirige la enseñanza.

En este sentido, definitivamente 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, 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 rediseño del dME (RdME).

Los fenómenos mencionados 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 y el discurso matemático escolar con relación a otros dominios de conocimiento. Enfatiza una visión donde se precisa la resignificación de los conocimientos matemáticos, 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 marco de referencia cuya base es la manifestación de los usos de conocimiento en el dME, en otros dominios y en el cotidiano, donde se resignifican al debatir entre sus funcionamientos y sus formas.

Bajo esta perspectiva, la teoría que dirige la investigación es la Teoría Socioepistemológica, pues su fin último es el rediseño del dME mediante la identificación de un nuevo marco de referencia cuyo núcleo es la matemática funcional. Por tanto, interesa entender cómo un sujeto construye conocimiento, pero en su condición de sujeto situado, un sujeto que pertenece a una cultura y a una comunidad. A este sujeto lo reconceptualizamos como ciudadano: va a la escuela, trabaja y vive en una ciudad.

Entendiendo al ciudadano en consideración del ser con otro; es decir, afín a una comunidad con relación al conocimiento. Lo que significa que si hay conocimiento existe una comunidad que lo construye, refiriéndonos a esta idea como “Comunidad de Conocimiento”. Dicha comunidad, se debe distinguir de la individualidad, de lo público y de la universalidad. En este sentido, una comunidad de conocimiento, se compone de tres elementos principales: reciprocidad, intimidad y localidad; los cuales permiten identificar lo propio de la comunidad enmarcados en dos ejes, la institucionalización y la identidad del conocimiento de dicha comunidad. Este modelo será ampliamente explicado en el capítulo III.

Con el modelo, estudiamos el uso del conocimiento matemático que emerge de una comunidad de conocimiento del ciudadano, en una situación específica.

Con base en ello, el presente estudio pretende identificar elementos de la matemática funcional de una Comunidad de Conocimiento Matemático (CCM) de la ingeniería química ubicada dentro de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) región peninsular. De manera que podamos entender y evidenciar los usos del conocimiento matemático. En particular, el uso de la Simultaneidad de la derivada y de la Estabilidad.

Todo esto, para identificar elementos, funcionamientos y formas del uso del conocimiento matemático que contribuyan a la conformación de un nuevo marco de referencia para el RdME, que expresará el uso del conocimiento matemático *desde y con* el ciudadano.

En este sentido, nos planteamos como objetivo:

Caracterizar a una Comunidad de Conocimiento de la Ingeniería Química, de manera que se identifique el uso de la Simultaneidad de la derivada y de la Estabilidad para dar cuenta de los elementos, funcionamientos y formas del conocimiento, que nos orienten en la construcción de Marcos de Referencia para el RdME.

Considerando como pregunta de investigación:

¿Cómo se usa la simultaneidad de la derivada y la estabilidad dentro de una comunidad de conocimiento matemático de ingenieros químicos Industriales que trabajan en un laboratorio químico de control dentro de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) región peninsular?

De esta forma, estructuramos la tesis en seis capítulos, que se describen a continuación.

En el capítulo I, se presenta y discute la problemática general de la Matemática Educativa y del cálculo escolar que es donde se ubica el estudio, evidenciando la necesidad de la creación de nuevos Marcos de Referencia para el rediseño del discurso Matemático Escolar. Además, se hace una caracterización de la ingeniería y se describe el rol de la Ingeniería Química, esto debido a que se estudia una CCM de Ingenieros Químicos.

En el capítulo II, se introducen algunos antecedentes de la investigación, centrados en estudios realizados en otros dominios del conocimiento, ajenos a la matemática, en donde se evidencia un conocimiento funcional.

En el capítulo III, se establecen los fundamentos del marco teórico que nos orienta y sustenta, la Socioepistemología. Además, se abre paso hacia la manera en que esta teoría dirige el objetivo del estudio y proporciona una explicación de la resignificación de los usos de conocimiento matemático. Asimismo, se hace presente y se discute el modelo de CCM el cual nos servirá como método y unidad de análisis para los resultados de la investigación.

En el capítulo IV, se discute el método empleado para la obtención de resultados, a través de la creación de una epistemología de la Simultaneidad y la Estabilidad, la cual se conforma a partir del modelo de CCM. Además, se hace una caracterización del trabajo, ya que es el escenario en el que se enmarca nuestro estudio.

En el capítulo V, se discuten los resultados obtenidos de la observación y entrevistas realizadas a la CCM. Primeramente, se describen sus características principales y métodos de análisis; para posteriormente y bajo la mirada Socioepistemológica, identificar los usos y el desarrollo de usos del conocimiento matemático implícitos en su actividad.

Finalmente, en el capítulo VI, se plantean algunas conclusiones y reflexiones del estudio realizado, y se propone algunos caminos para continuar la investigación.

CAPÍTULO I:

Problemática



CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA

1.1. PROBLEMÁTICA GENERAL: LOS FENÓMENOS DEL DISCURSO MATEMÁTICO ESCOLAR (dME)

La mayor preocupación de los agentes involucrados en el aprendizaje de las matemáticas es entender qué saben los estudiantes; sin embargo, no se preocupan en conocer cómo usan su conocimiento matemático. La inercia y la atención está en vigilar los conceptos, tal vez por eso en el quehacer disciplinar poco se cuestiona sobre los usos. Es decir, ¿se sabe cómo se usa el conocimiento matemático?; ¿se sabe cómo una niña o un niño de primaria usa, por ejemplo, sus gráficas?; ¿cómo las va usando y va desarrollando sus usos?, ¿cómo va resignificando los usos de las gráficas para entender un sistema dinámico de las ecuaciones diferenciales, si es el caso, en algún momento escolar universitario? O más general, ¿cómo usa el conocimiento matemático un estudiante y cómo lo usa la gente?

Resulta que no existen referentes acerca del uso del conocimiento matemático de la gente o bien de los ciudadanos en su cotidiano. No se sabe, o se sabe muy poco, cómo los niños de la primaria, los jóvenes de la secundaria y del bachillerato usan su conocimiento matemático, en la escuela y en la vida; es más, tampoco se sabe el uso matemático del estudiante universitario y más tarde en su profesión. Lo que siempre ha preocupado es lo que saben de conocimiento matemático, pero no así, el uso del mismo en diferentes escenarios, como la escuela, el trabajo y la ciudad, por mencionar algunos (Cordero, 2013).

En los ámbitos laborales educativos llegan programas oficiales innovadores donde aparecen nuevos conceptos que definen nuevas formas de enseñar, presumiblemente, para mejorar los aprendizajes. Por ejemplo, el “conocimiento del cotidiano”; en ese contexto y en nuestro caso, las clases de matemáticas, se derivan consignas “llevar la matemática a la realidad del estudiante” y todavía más impactante, crear “ambientes de la matemática de todos los días”. Sin duda la propuesta en sí parece sensata, pero choca con nuestra realidad educativa, pues ¿cuál es la matemática de “todos los días”?

Con lo anterior, se cuestiona sustancialmente a los modelos educativos, los cuales le apostaron en atender al conocimiento desde los conceptos. En consonancia, se desarrolló un currículo que sólo atiende los conceptos, de tal forma, que los usos fueron soslayados. No existe un referente específico para hablar de una funcionalidad del conocimiento. Sin embargo, sin el conocimiento funcional no podríamos crecer como humanos, el conocimiento nutre y ayuda a percibir una realidad diferente, mejora la sensibilidad y a su vez nos hace mejores humanos. Nadie puede negar este hecho social, sin embargo resulta ser que éste, no juega ningún papel cuando queremos hablar de enseñar matemáticas y sus problemas de aprendizaje (Cordero, 2013).

La matemática escolar (ME) por sus programas, sus currículos y sus modelos educativos genera un discurso, el discurso Matemático Escolar (dME), una epistemología dominante; digamos así, que rige todos los aspectos de la enseñanza del conocimiento matemático. El cual no considera, ni conoce, el uso del conocimiento matemático de la gente (U(CM)), por ende, ni de los estudiantes. En esas condiciones se enseña matemáticas, ¿será posible que los estudiantes logren un aprendizaje matemático cabal? Pero más aun, no es nada trivial, en esas condiciones, articular la matemática y el cotidiano. No existe un marco de referencia para tal fin.

El planteamiento anterior advierte que de manera natural existen otras epistemologías en el ámbito escolar, sin embargo una somete a las otras, y en consecuencia, se genera un fenómeno: la exclusión de la construcción social del conocimiento matemático. Esto es, que el discurso matemático escolar (dME) compone un sistema de razón que norma a todos los actores del sistema educativo, que excluye al estudiante y al docente de la construcción social de la matemática; donde la exclusión se refiere a la imposición de argumentaciones, significados y procedimientos asociados a los objetos matemático, que ha promovido el dME y que ha permitido que los actores del sistema didáctico no puedan incluirse en la construcción del conocimiento matemático. (Soto & Cantoral, 2011). Se requiere entonces de la creación de otro sistema de razón que los integre en esa construcción, de ahí la importancia de la función social del conocimiento matemático. Al mismo tiempo, el aspecto natural de la problemática, provee de otro fenómeno más, la negación de la pluralidad epistemológica en el ámbito escolar.

En el ámbito social se requieren individuos capaces de utilizar el conocimiento en el aula y fuera de ella, resolviendo problemas que atañen a su sociedad. Sin embargo, desde la misma experiencia, con resultados de investigación, se ha dado muestra de que el conocimiento escolar enseñado parece presentar una desvinculación con las necesidades requeridas en la vida diaria. Podríamos decir que los modelos educativos, en general, no han logrado relacionar estos dos aspectos. Lo que sucede en uno no sucede en el otro. En particular, si se piensa en la matemática del aula, ésta es diferente a la matemática que sucede en el cotidiano, lo que conlleva a otro fenómeno dentro del dME denominado, opacidad ante la vida (Gómez, 2009 y 2013); el cual se refiere a que tal discurso no considera los usos, la cultura, el escenario de los individuos a quienes dirige la enseñanza.

Pero, ¿qué quiere decir matemáticas y cotidiano? y sobre todo ¿qué quiere decir una relación entre estos dos conceptos? Realmente la problemática de fondo, es que el cotidiano está completamente excluido de lo que sucede en el aula y es con esas condiciones como deben aprender matemáticas los estudiantes. Para dimensionar el hecho, se cita un estudio realizado en Brasil algunos años atrás que conmocionó a Latinoamérica, “En la vida diez, en la escuela cero” (Carraher, Carraher, y Schlieman, 1991). Se tomó una muestra de niños de la calle y otra de niños de la escuela. Los primeros sabían resolver problemas de matemáticas de la calle y los segundos sabían resolver problemas de matemáticas de la escuela. La investigación consistió en intercambiar los problemas: el de la escuela a la calle y el de la calle a la escuela. El resultado fue que el niño de la calle no pudo resolver el problema de la escuela, pero el niño de la escuela tampoco pudo resolver el problema de la calle. El resultado en sí mismo es una crítica profunda a los modelos educativos.

Con base en lo anterior, si se habla de matemáticas, ¿para qué se enseña? Se supone que se enseña para que el niño o joven mejore su cotidiano, pero lo que se le enseña en la escuela no responde a las situaciones del cotidiano, y peor aún el conocimiento del cotidiano no se parece en nada al de la escuela.

Esto indica, por decirlo de alguna manera, que existen dos epistemologías: la de la vida y la de la matemática escolar (Figura 1.1.1). No se conocen, ni mucho menos dialogan entre ellas, pero el conocimiento legitimado por la sociedad en este contexto es el de la escuela,

expresado en el dME; el cual, desde su construcción social, es la expresión de una epistemología dominante que conlleva fenómenos como la exclusión y la opacidad: es, por un lado, la imposibilidad de participar en la construcción del conocimiento matemático y por el otro, la negación de la pluralidad epistemológica (Cordero, 2013).

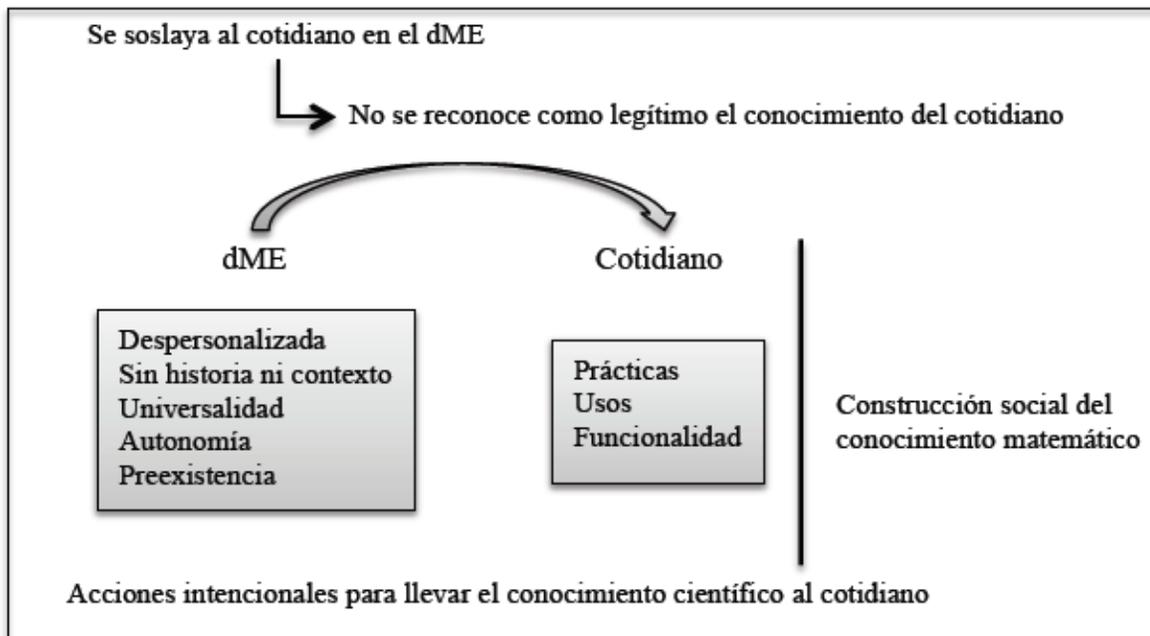


Figura 1.1.1. El discurso Matemático Escolar y el Cotidiano (Cordero, 2013)

En este sentido, definitivamente el dME es nocivo, lo que implica la necesidad de trastocarlo. Pero antes de formular cómo, conviene señalar uno de los efectos de los fenómenos mencionados: la adherencia al dME, que es al mismo tiempo otro fenómeno (Cordero & Silva, 2012). El docente y en consecuencia el estudiante se adhieren a tal discurso; ninguno se atreve a trastocarlo, condición necesaria para lograr, no la interacción, sino la reciprocidad de la matemática y el cotidiano en el aula, y de ahí, el rediseño del dME (RdME) (Cordero, 2013).

Cabe aclarar que no se está criticando la construcción de la obra matemática, sino el dME que se ha empeñado en mantenerse ajeno a la construcción social de ese conocimiento. Por tanto, tal discurso, obligadamente tiene que ser trastocado, de esa manera se afrontarán los fenómenos de exclusión, de opacidad y de adherencia, véase figura 1.1.2 (Cordero, 2013).



Figura 1.1.2. Fenómenos producidos por el dME

1.2 JUSTIFICACIÓN RAZONADA y JUSTIFICACIÓN FUNCIONAL

Con la problemática anterior, es necesario considerar más de un conocimiento matemático, por ejemplo: el de la obra, el de la escuela y el de la ciudad (figura 1.2.1.). Los primeros son sistematizados e institucionalizados, pero sus génesis son de naturaleza diferente, una pertenece a la científicidad y la otra a la humanización. En la escuela participan seres humanos que construyen conocimiento y no a priori son científicos. Sus actitudes para conocer son distintas y por ende derivan en justificaciones también distintas: una razonada y otra funcional (Cordero, 2008).

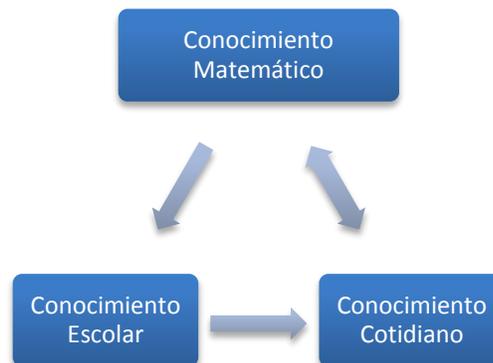


Figura 1.2.1 Relación entre tres escenarios de la matemática (López, 2012, p. 7)

Los efectos de la justificación razonada llevaron a la obra matemática a fortalecerse y a desarrollarse. Se logró plasmar la obra autónoma de quien la hizo, es decir se universalizó. Este avance epistemológico fue crucial para la evolución de la ciencia. Pero no fue lo mismo para la matemática escolar: se puede hablar de un teorema A o B y no a priori se

pregunta ¿quién lo hizo, por qué, cuándo y cómo lo hizo? Pareciera ser que en nuestros cursos de matemáticas esas preguntas sufren opacidad. Explicamos, si bien nos va, que P implica Q, pero no cuestionamos por qué P como una situación de aprendizaje. O bien, no creamos una situación (funcional) donde los participantes con sus recursos humanos usen la proposición en un contexto específico. De alguna manera, en la matemática escolar, la justificación razonada soslayó la justificación funcional (Cordero, 2013).

Con esta realidad, es necesario formular una nueva epistemología que ubique la dimensión social, que problematice la relación de los dominios disciplinares de la ciencia y de la vida cotidiana. Abordar dicho propósito, requiere de entender al conocimiento matemático como una construcción social, lo que conlleva cuestionar no en sí a la matemática sino su función social.

En este sentido, la Matemática Educativa (ME) problematiza la relación de la matemática con la matemática escolar en el sistema educativo (Buendía, 2011; Buendía y Cordero, 2005; Cordero y Flores, 2007; Cordero, 2008; Cordero, Cen y Suárez, 2009; Suárez y Cordero, 2009; y Tuyub, 2008; en Cordero, 2013). Identificando que tanto estudiantes como profesores piensan en la matemática como un conocimiento acabado y perfecto, en el que se manejan cálculos bien hechos, y al que no se le puede quitar o poner alguna relación. Esto sucede porque el discurso matemático escolar se ha dejado, tradicionalmente, en el plano de lenguaje de objetos (Cordero, 2001), cuya característica principal es que impera la justificación razonada que en un a priori pudiera ser adecuada para cualquier sistema educativo; sin embargo, dicho plano soslayó el plano de lenguaje de las herramientas y con ello la justificación funcional: esta justificación no es apreciada para hacer didáctica ni para reconstruir conocimiento matemático (Cordero, 2008).

Así, la propia disciplina, Matemática Educativa, en términos genéricos ancló, hasta hace algunos años, su discusión y enfocó su problemática sólo en el dominio matemático. Es decir, los cuestionamientos de su aprendizaje y de su enseñanza, así como de su construcción, sólo tenía sentido entenderlos dentro del dominio matemático. Sin embargo, ha sido muy importante ampliar esta problemática hacia otros dominios o prácticas de referencia donde la matemática adquiere sentido y significación (Cantoral y Farfán, 2003).

Por tanto, se ha ampliado la visión para entender la construcción del conocimiento matemático y el discurso Matemático Escolar con relación a otros dominios. Habrá entonces que enfatizar, en la reorganización de la obra matemática, una visión donde se permita resignificar los conocimientos matemáticos, que favorezca el uso de la matemática, que propicie el estudio no en sí del conocimiento sino de su funcionalidad.

Esta necesidad se pone de manifiesto, por ejemplo, en carreras universitarias donde el objeto de estudio no es la matemática en sí misma, sino que funge como instrumento para otros dominios. Esto es, existe el profesional usuario del conocimiento matemático, que no es matemático y usa la matemática, pero no como objeto de estudio. En este escenario impera la justificación funcional (Cordero, 2011; Cordero, Cen y Suárez, 2010; en Cordero, 2013). Es decir, el uso del conocimiento matemático está normado por las prácticas del trabajo de un profesional no matemático (Buendía, 2011; Vázquez, 2011; Tuyub, Cordero y Cantoral, 2009 en Cordero, 2013).

Esta visión pone en el escenario de la Matemática Educativa el rol de la justificación funcional, la cual presume de interactuar, de manera natural, con las realidades que construye el ciudadano. Por tanto, se considera como problemática fundamental el hecho de soslayar a la matemática del ciudadano en la estructuración educativa del conocimiento.

Nos interesa entonces, entender cómo un sujeto construye conocimiento, pero en su condición de sujeto situado, un sujeto que pertenece a una cultura, a una comunidad. En síntesis, nos referimos a un sujeto social cuyas vivencias le han proporcionado conocimiento. A este sujeto lo reconceptualizamos como ciudadano: va (o fue) a la escuela, trabaja y vive en una ciudad. De aquí, de manera general nos podemos cuestionar:

¿Cuáles son los elementos que caracterizan la matemática funcional del ciudadano cuando la pone en uso desde su cotidiano?, bajo esta idea y de manera particular nos cuestionamos ¿cuáles son los elementos de la matemática funcional de una CCM(IQ) en el escenario del trabajo?, de manera que se identifiquen los usos del CM presentes en dicha comunidad, que orienten la construcción de un marco de referencia para el RdME.

Entendiendo a la *matemática funcional* como aquel conocimiento matemático que deberá integrarse a la vida para transformarla, reconstruyendo significados permanentemente (Cordero y Suarez, 2008).

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. En este sentido, el trabajo desde el planteamiento de la problemática y de su estudio está inmerso en la Teoría Socioepistemológica (TS). La cual, permite entender la matemática funcional del ciudadano e identificar sus elementos, pues tiene como tarea definitiva rediseñar el discurso matemático escolar (RdME). Por tal motivo, se han desarrollado estudios de la matemática escolar, de la obra matemática, de los profesores, y de los estudiantes. Sin embargo, pareciera que no es claro el Marco de Referencia para trastocar el dME.

1.3. UN MARCO DE REFERENCIA DESDE LA DIMENSIÓN SOCIAL

Se ha mencionado, que el sistema educativo formula en su programa que la matemática escolar debe afectar el cotidiano del ciudadano, ya que el propósito de toda enseñanza, es producir aprendizajes para resolver problemas de la sociedad. Tal vez por ello, se dibuja implícitamente una trayectoria de la problemática: el conocimiento escolar para el conocimiento del ciudadano. Pero ¿qué se sabe del ciudadano?, ¿cómo conoce y usa el conocimiento desde su condición de ciudadano? Es decir; ¿cómo es el uso del conocimiento matemático desde el ciudadano? (Cordero, 2013).

Con tales cuestionamientos, surge la necesidad de realizar estudios que den cuenta de la función y forma del conocimiento matemático desde la condición del ciudadano. Los cuáles serán un Marco de Referencia (MR) para el RdME, el cual expresará el uso del conocimiento matemático *desde* y *con* el ciudadano. Ya que, la matemática escolar no cuenta con un MR para poder atender la justificación funcional.

En ese sentido, debe ser reconceptualizado el ciudadano y no solo dejarlo a la definición constitucional del país o de los países. Entonces, ¿cuál es la condición del ciudadano en la Teoría Socioepistemológica (TS)? Un primer aspecto a tomar en cuenta es que en la premisa que hace alusión a que las prácticas sociales generan conocimiento matemático,

subyace la consideración del *ser con otro*. Todo ello emana elementos como organización de grupos o función de las sociedades. Por tal motivo, el constructo que se formule de ciudadano debe estar cercano a comunidad con relación al conocimiento. Es decir, si hay conocimiento existe una comunidad que lo construye. Nos vamos a referir a la idea anterior como “Comunidad de Conocimiento”, la cual explicitaremos en el capítulo III.

En nuestra problemática se tiene el propósito de distinguir entre aquella matemática que se discute en las escuelas, y aquella que se discute en el cotidiano. Siendo el dominio científico, el favorecido por el escenario escolar, aquel donde predomina la justificación razonada, lo estructural, la sistematicidad, el dominio caracterizado por construir conocimiento. Mientras que el cotidiano expresa como vive dicho conocimiento desde su funcionalidad, lo que se realiza es porque funciona de esa manera y no de otra, se vale de justificaciones funcionales, es un esfuerzo por acentuar el conocimiento que queda fuera del terreno disciplinar de la ciencia y que, sin embargo, es conocimiento del humano (Cordero, et al, 2010).

El cotidiano está compuesto por una interacción de comunidades de conocimiento y de desarrollo y mantenimiento de rutinas para que permanezcan, lo que hace el día a día (Zaldivar y Cordero, 2011). Y todo ciudadano pertenece al menos a una comunidad de conocimiento, según sea su profesión u oficio, su ámbito laboral o institucional. Centrando nuestra atención en aquellas comunidades en donde se hace un uso de conocimiento matemático.

Actualmente las sociedades demandan generar cambios no solo en lo que el estudiante sabe, sino también en el uso de lo que sabe (Cabrera, 2009). Esto respaldado por organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la Unión Europea y el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) (Cañas, et al. 2007 citado en Cordero, 2013).

Por tanto, cada vez es más imperioso transformar los modelos educativos que aluden a un aprendizaje terminal y utilitario, por modelos de aprendizajes permanentes y funcionales. De ahí la importancia de las investigaciones en socioepistemología, pues en el mejor de los casos, sabemos cómo se construye un conocimiento matemático en el aula, en la lógica

misma del dominio matemático, pero no sabemos cómo se usa en otras profesiones, ni en la ciudad.

Además, la sociedad en sí, considera que la ciencia está alejada de la vida cotidiana. Lo que se hace en la ciencia no tiene nada que ver con lo que sucede en la sociedad (Seminario sobre Divulgación de la Ciencia y la Tecnología, 1999). Por lo que, cualquier programa educativo tendrá que estar articulado a este hecho. Lo funcional y lo cotidiano son elementos insoslayables en los estudios de socialización puesto que expresan el conocimiento y el ambiente propio del ciudadano, la dialéctica entre el dominio científico y el cotidiano (Cordero, 2013).

Por tanto, lo que interesa es estudiar cómo se construye conocimiento en escenarios del cotidiano, para así tener elementos que nos den luz para el RdME. Mediante la conformación de un estatus epistemológico que rinda cuentas del conocimiento matemático con relación a estos dos aspectos, matemáticas y cotidiano. Ubicando una dimensión social que problematice la relación de los dominios disciplinares de la ciencia y de la vida cotidiana.

Abordar dicho propósito requiere entender al conocimiento matemático como una construcción social, lo que conlleva cuestionar no en sí a la matemática, sino su función social. Por eso importan conceptos entorno al conocimiento, como su institucionalización, sus usos e instrumentos, sus prácticas sociales que norman sus construcciones, el cotidiano, la labor, el trabajo y las acciones humanas, la identidad, entre otros.

Por tanto, se propone otro MR enfocado a lo que pudiera ser el conocimiento institucional, cuya base es la manifestación de sus usos en el discurso Matemático Escolar, U(CM) en otros dominios y en el cotidiano; donde se resignifican (Res) al debatir entre sus funcionamientos (Fu) y sus formas (Fo) al paso de la vivencia escolar, del trabajo y de la ciudad (Figura 1.3.1.). En ese sentido, lo institucional será aquello que hace que la categoría de conocimiento matemático C(CM) se desarrolle y permanezca, se acepte como producto material social que tenemos que enseñar y aprender (Cordero, 2013).

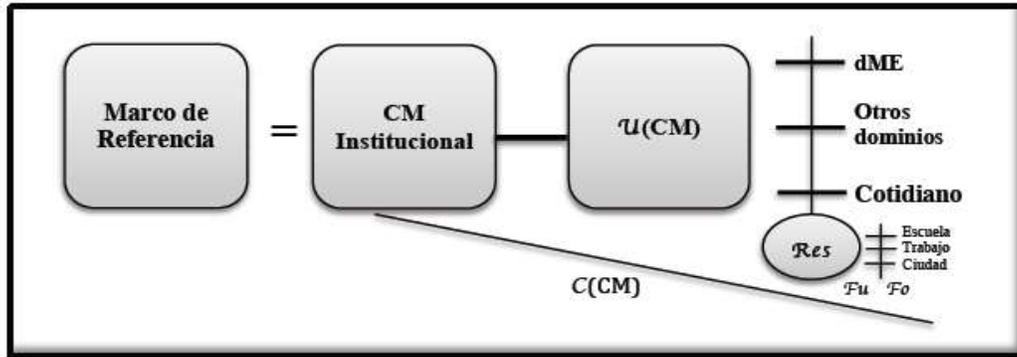


Figura 1.3.1. Procesos de socialización del conocimiento. El cotidiano y lo funcional (Cordero, 2013).

Socialmente hablando, el tipo de explicación, filosófica y epistemológica que se acepte sobre la construcción del conocimiento repercute directamente en las maneras de organizar el sistema educativo, seleccionar los modelos de enseñanza, diseñar el currículo escolar, formular episodios de aprendizaje, e inclusive, definir el “conocimiento” en el aula.

Así, un enfoque que concibe al conocimiento construyéndose a la par de la experiencia del humano, permite entender que el conocimiento se construye cuando es utilizado, cuando tiene una función específica situacional. Por lo cual este enfoque se preocupa por fomentar las prácticas sociales que generan el conocimiento matemático, en el sistema educativo. De ahí la necesidad de establecer marcos de referencia para resignificar el conocimiento matemático, hasta ahora expresados en diseños de situación específicos que ponen en juego la dualidad de la matemática escolar: las justificaciones racionales y funcionales (Cordero, et al, 2010; Cordero, 2008). En ese sentido, la injerencia en el sistema educativo está en el RdME, el cual deberá centrarse en el uso del conocimiento, y con ello se estarán contrarrestando los fenómenos del dME actual, mediante la inclusión, socialización y fuente de sentido del conocimiento véase figura 1.3.2. (Cordero, 2013; Soto, Gómez, Silva y Cordero, 2012).

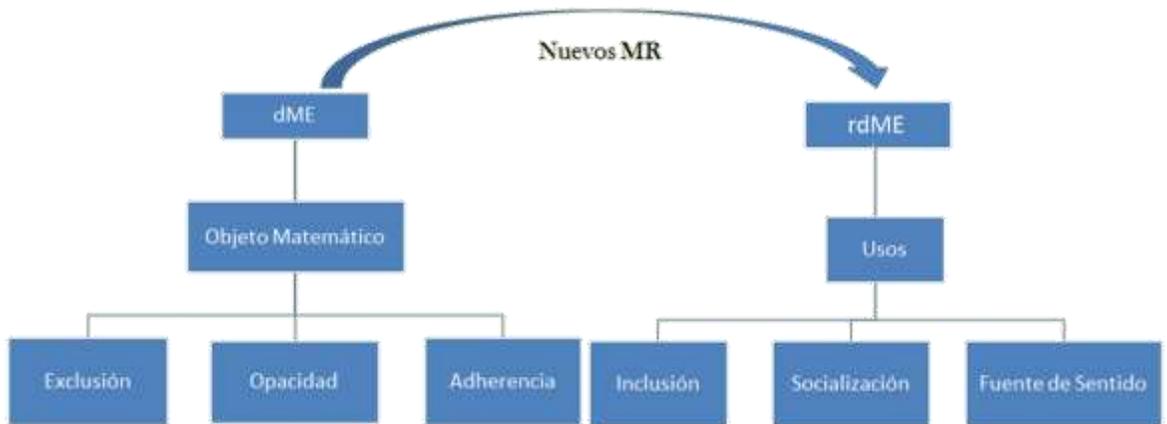


Figura 1.3.2. Problemática general de la ME

1.4. PROBLEMÁTICA ESPECÍFICA DEL ESTUDIO

Dada la problemática que se ha planteado y el rol del dME, nos preocupa tratar una investigación que exhiba una realidad del conocimiento de la matemática funcional. Por esto consideramos una comunidad de conocimiento de ingenieros químicos en un ámbito de trabajo específico. Por la naturaleza de su trabajo, el Cálculo entra en juego como conocimiento matemático. En ese sentido conviene recapitular el estatus sociopistemológico del cálculo escolar. A continuación emprendemos tal empresa.

El cálculo escolar significa el Cálculo (Calculus) con una epistemología intencional de ser enseñado y aprendido, por lo que lleva a componentes diferentes entre ambos saberes. Por ejemplo, el Cálculo como un saber contiene conceptos y definiciones explícitas, mientras que el cálculo como un saber intencional contiene categorías implícitas. Para el primero, los componentes principales son los objetos matemáticos, tales como la función, el límite, la derivada y la integral, mientras que para el segundo son los significados situacionales de tales objetos matemáticos, tales como la predicción, la graficación y la analiticidad (Cordero, 1998, 2001, 2003, 2008).

Por ejemplo, un estatus del Cálculo en las instituciones educativas que todavía prevalece consiste en que el Calculus, en términos generales, es concebido (ayudado por los libros de texto) como “la rama de la matemática que trata con la diferenciación e integración”. En

ese sentido los programas de tal materia directamente tienen que ver con los conceptos función, límite, derivada, integral y convergencia. Acompañados de las operaciones específicas: el límite del cociente $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = f'(x_0)$ y el límite de la suma $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i) \Delta x_i$, si $n \rightarrow \infty$ y $\Delta x_i \rightarrow 0$. Todo ello anclado a la función como el concepto central de la materia de cálculo. Sin embargo, con esta perspectiva difícilmente se logra alcanzar el objetivo principal del Calculus: la analiticidad de las funciones. Tal objetivo corresponde a la epistemología del Cálculo, desafortunadamente, no al currículo escolar (Cordero, 2008).

Seguramente la Serie de Taylor es cierta matemática avanzada que para ser enseñada y aprendida requiere de la derivación y en cierto sentido de la integración. ¿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 (y en tal caso avanzado), no se refleja que la analiticidad sea la idea esencial del cálculo o, dicho de otra manera, sea el conocimiento 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).

El dominio matemático obliga a explicar la matemática desde la matemática misma, soslayando los otros dominios científicos y las otras prácticas de referencia donde se ha resignificado el conocimiento matemático. No considerar estos aspectos en el modelo de aprendizaje, conlleva aceptar que la construcción de un conocimiento depende de un individuo (o de varios). 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. En otras palabras, en cualquier escenario de enseñanza y aprendizaje el modelo ignora por completo cualquier expresión sobre la institucionalización de un conocimiento en saber (Cordero, 2008).

Por tanto, el discurso del cálculo escolar no ayuda a apreciar la epistemología de la analiticidad de las funciones que inclusive pudiera ser ignorada en la matemática escolar. Por ejemplo, el efecto que provoca en el discurso matemático escolar la centración del

concepto de función, consiste en privilegiar ciertos procedimientos e ignorar otros, como es, hallar la recta tangente que pasa por un punto de una curva, cuyo procedimiento requiere de calcular el límite de cierto cociente a través de argumentaciones de aproximación. Explícitamente lo que se requiere para esta situación es una función f dada, un punto específico $(x_0, f(x_0))$ para calcular la derivada o encontrar la recta tangente a la gráfica de la función f en el punto dado. Con estas herramientas se trabaja y se elaboran estrategias de preguntas para el alumno.

No obstante, con esa manera de proceder, lo que se pierde es la comparación de dos estados de una cantidad de variación continua, de la forma $f(x+h) - f(x)$ con argumentación de predicción, expresadas por la analiticidad $f(x+h) = f(x) + f'(x)h + \frac{f''(x)h^2}{2!} + \dots$. Para poder trabajar de esa manera se requiere de significados para predecir la posición de un móvil por ejemplo, cuando se conoce su posición inicial y su variación en ese instante. En esta situación la función f no se conoce, pero lo que si se conoce son los estados de la cantidad $f(x)$ y $f(x+h)$ y las variaciones $f'(x), f''(x), \dots$

Además, en el dME tampoco se perciben procedimientos como la variación de parámetros de la función f dada $(Af(Bx + C) + D)$, con argumentaciones de comportamientos tendenciales expresados en la graficación de la función Af . Por ejemplo, determinar el valor del coeficiente A tal que la función f se comporte como la recta $y = ax + f(x_0)$ en la vecindad del punto $(x_0, f(x_0))$. En esta situación la función f es transformada en $y = Af(Bx + C) + D$, donde los parámetros A, B, C y D son los adecuados para que la función y tienda a comportarse como la recta específica Y .

En resumen, “hallar la recta tangente”, “predecir la posición de un móvil” y “dilatarse una gráfica” son situaciones donde se debate entre el funcionamiento y la forma del concepto de derivada. El límite de un cociente se resignifica a través de la predicción, la graficación y la analiticidad: la derivada y la recta tangente debaten contra la comparación de dos estados y la sucesión simultánea de las derivadas (González, 1999; Cantoral, 2001; Cantoral, et al. 2000; Buendía, 2004, Buendía y Cordero, 2005; Cordero, 2001, citados en Cordero, 2008),

pero también debaten contra la variación de parámetros y el comportamiento tendencial (Domínguez, 2003, Campos, 2003, Rosado, 2004, Hernández, 2004 citados en Cordero, 2008).

En este sentido, dentro de la TS se reconocen tres posibles construcciones del cálculo, donde cada una genera argumentos que permiten construir un nuevo conocimiento. Sin embargo, reconocer que estos argumentos son distintos y seleccionar uno dependiendo de la situación es la parte esencial de la construcción.

En la tabla 1.4 se muestran las situaciones reconocidas en la Teoría Socioepistemológica como constructoras del cálculo, así como los significados, procedimientos, procesos y objetos, y las argumentaciones asociadas a cada una de ellas.

	Situaciones		
	Transformación	Variación	Aproximación
Resignificados	Patrones de comportamiento gráficos y analíticos	Flujo, movimiento, acumulación, estado permanente	Variable, límite, derivada, integración, convergencia
Procedimientos	Variación de parámetros	Comparación de dos estados	Razón de cambio
Procesos y Objetos	Instrucción que organiza comportamientos	Cantidad de variación continua	Función
Argumentación	Graficación-modelación Comportamiento Tendencial	Predicción	Analiticidad de las funciones

Tabla 1.4. Socioepistemología del cálculo y del análisis (Cordero 2001, 2008)

Sin embargo, semejante hecho no compone ningún eje didáctico, ni para los textos de cálculo, ni para el currículo escolar. Por tanto, en muchos casos no existe conciencia de lo que se plantea, de ahí la importancia de hacer que la matemática sea funcional.

Con base en lo anterior, Morales & Cordero (s.f.) consideran que la graficación-modelación toma real importancia debido a que permite apreciar la simultaneidad de las derivadas a

través de una gráfica. La idea fundamental de la situación es romper con la visión tradicional de las n -ésimas derivadas, la cual es tratada como una iteración de derivadas $f, f', f'' \neq ((f)')''$.

Es aquí donde surge parte del interés de nuestro proyecto, pues por un lado, en el escenario escolar se aprenden las n -ésimas derivadas como una iteración de derivadas, es decir, basta conocer las técnicas de derivación para poder hallar la derivada de cualquier orden. Sin embargo, no se muestra que dado un comportamiento modelado por una función, no es necesario derivarla una y otra vez para poder analizar su comportamiento y con ello definir tendencias o anticipar resultados; que es lo que se alcanza mediante la analiticidad de las funciones, la cual se analiza mediante la simultaneidad de la derivada, al considerar todas las variaciones de un comportamiento en un mismo análisis.

En este sentido, consideramos a la simultaneidad de la derivada como un conocimiento, que va a permitir generar argumentos que favorezcan el desarrollo de la analiticidad de las funciones. Todo esto, a través del análisis de la variación de los comportamientos de cierto fenómeno modelado. Es por ello, que se considera también que la simultaneidad de la derivada está íntimamente ligada a la categoría de Modelación-Graficación (Cordero & Suárez, 2008).

Por otro lado, otro conocimiento matemático que nos interesa estudiar es la estabilidad, ya que como menciona Gómez (2009), uno de los argumentos para hablar de la estabilidad en el dME es el comportamiento asintótico. En la figura 1.4.1. se muestra la discusión del dME cuándo se define una función asintótica a otra:

Una función g es la asintota de f si $f \rightarrow g$ cuando $x \rightarrow \infty$, considerando a $f = g + h$ y que $h \rightarrow 0$ cuando $x \rightarrow \infty$.

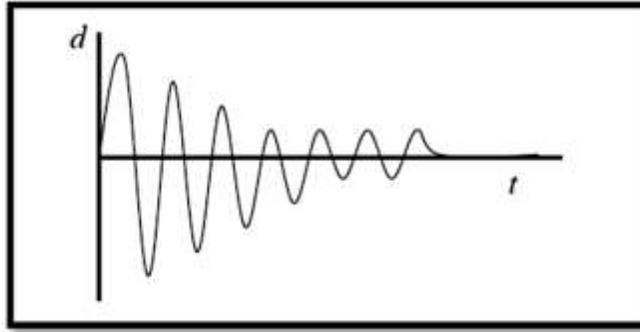


Figura 1.4.1. La estabilidad en relación distancia-tiempo

En general esto nos habla sobre el comportamiento de dos funciones, una función es el eje t o $f(t) = 0$ y la otra función la modelación del movimiento que se va obteniendo y que se va enredando sobre el eje t . Lo que nos dice este argumento es que en cierto momento cuando $t \rightarrow \infty$, estas dos funciones tienen un comportamiento muy parecido; la resta de sus imágenes es muy cercana a cero, así que se reconoce un comportamiento asintótico. Es bajo estas argumentaciones donde se encuentra la justificación razonada de una función estable (Gómez, 2009 y 2013).

Sin embargo, desde el cotidiano se puede hablar de la estabilidad a través de poner en juego elementos como líneas, rapidez, altura, picos, regularidades, tamaño y peso; todos diferentes a la asíntota de una función. Así, “lo estable” desde el cotidiano del ciudadano se verá reflejado en la idea que se tenga de tendencia, cualquiera que ésta sea, no necesariamente asintótica. No importa la manera en que la gráfica o la figura se comporte al principio, lo que va a importar en este escenario es la tendencia que exprese al final, cualquiera que esta sea, es decir, la estabilidad está íntimamente ligada al comportamiento tendencial.

En la figura 1.4.2. se muestra un contraste de argumentaciones referentes a la estabilidad entre el dME y el Cotidiano, identificados en Gómez (2009).

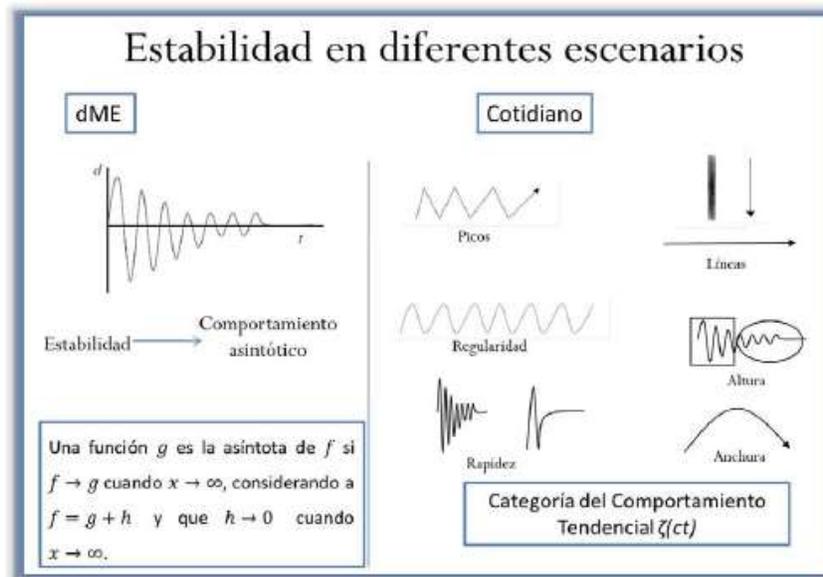


Figura 1.4.2. La estabilidad vista desde el dME y el Cotidiano (Gómez, 2009).

Por tal motivo, en el presente estudio, como ya lo mencionamos, se pretende analizar a una Comunidad de Conocimiento específica en el escenario del trabajo, de manera que se evidencie el uso de Conocimiento Matemático, en particular, la simultaneidad de derivadas y la estabilidad en una situación determinada; para posteriormente, identificar elementos de la matemática funcional; y con base en ello, aportar elementos para la generación de un nuevo marco de referencia que contribuya al RdME.

1.5. ¿QUÉ COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO?

El conocimiento de ingeniería como conocimiento escolar ha sido poco estudiado, ya que tradicionalmente se asume que los conocimientos de los profesionales de la ingeniería se trasladan directamente a los centros de enseñanza. Por tanto, no se discute la naturaleza de la traslación, de un conocimiento profesional a un conocimiento escolar (Cajas, 2001) y menos, la naturaleza social de las practicas de ingeniería (Cajas, 2006) y cómo estas se trasladan a los sistemas escolares de su enseñanza (facultades de ingeniería, institutos politécnicos, entre otros).

Ante tal problemática, es interesante mirar a la ingeniería desde una mirada socioepistemológica, es decir, cuáles son los usos de conocimiento matemático de un

ingeniero, cómo éstos se desarrollan durante su práctica, cómo es la construcción social del conocimiento matemático que realiza un ingeniero. En este sentido, caracterizaremos una Comunidad de Conocimiento de la Ingeniería, de manera que se identifique el uso de la simultaneidad de la derivada y la estabilidad en dicha comunidad. Para tal fin, es necesario hacer una caracterización de lo que entenderemos por la Ingeniería.

1.5.1 Una caracterización de la ingeniería

Según Herrera 1996, el concepto de tecnología no se reduce al concepto de ingeniería, es un concepto más amplio que incluye toda práctica social transformadora, basada en el conocimiento científico. Tal clase de práctica se le denomina práctica tecnológica y la ingeniería es uno de sus componentes, el más desarrollado y matematizado. La ingeniería es una *práctica tecnológica* en la que se distingue la práctica tecnológico-científica (diseño conceptual de la ingeniería) y la científica-tecnológica (ciencia de la ingeniería), las cuales, son componentes de las prácticas culturales de una sociedad, unas para inventar y otras para explicar. En la figura 1.5.1.1. se muestra que la tecnología, la ingeniería y la ciencia están en constante interacción.

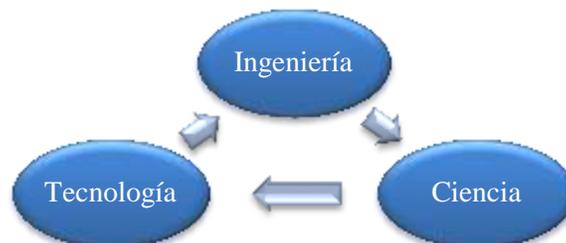


Figura 1.5.1.1. Elementos en constante interacción

En este sentido, se identifican dos ejes principales de acción dentro de la ingeniería, el *diseño* (referente a sistemas conceptuales) y la *ejecución* (referente a los artefactos) (Herrera, 1996). Posteriormente Cajas (2008) incorpora a estas acciones principales de la ingeniería la acción de *Control*. En la figura 1.5.1.2. se muestran los ejes principales de acción de la ingeniería.

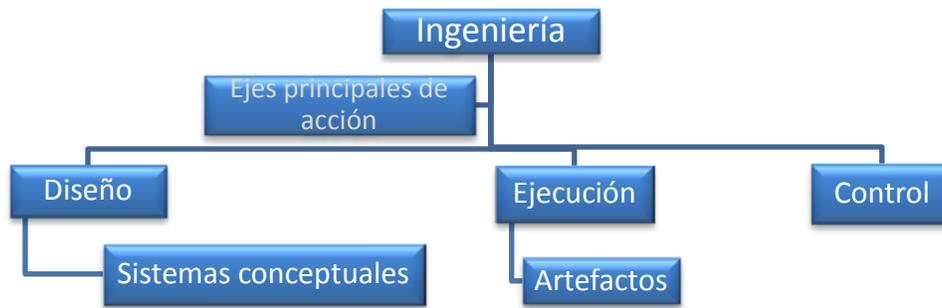


Figura 1.5.1.2. Ejes principales de acción de la Ingeniería

Considerando que dichas acciones son intencionales de los seres humanos organizados en sociedades, es decir, son actividades orientadas a la transformación de objetos, procesos o conocimientos (Cajas, 2008; Herrera, 1989).

Por otro lado, Valencia (2004) menciona que las funciones de los ingenieros son similares para cualquier rama de la ingeniería y que es posible resaltar nueve principales funciones; las cuales se pueden agrupar en las acciones principales de la ingeniería, propuestas por Herrera y Cajas.

Diseño:

1. Investigación, reconocimiento y definición de las necesidades reales.
2. Reconocimiento y definición de necesidades tecnológicas y establecimiento de alternativas de solución.
3. Educación, enseñanza y publicaciones generales y especializadas.

Ejecución:

4. Desarrollo, aplicación tecnológica del conocimiento básico de la ingeniería. Determinación de problemas de aplicaciones y sus soluciones.
5. Construcción y producción, materialización y realización física de los diseños, control de calidad y el análisis de costos.
6. Operación y ensayo, planeación, selección, instalación, operación y ensayo de plantas, sistemas y máquinas. Determinación de la duración de máquinas y equipos y su rendimiento.

Control:

7. Mantenimiento y servicio, mantenimiento y reparación de las plantas, sistemas, máquinas y productos, recolección y evaluación de datos sobre los productos consumidos.
8. Mercadeo del producto, empaque y almacenamiento, propaganda y posicionamiento de los productos.
9. Administración, decisiones finales en el trabajo general de la ingeniería y parcialmente asesoría.

Con base en tales funciones, Valencia (2004) menciona que el ingeniero es ante todo un creador, intérprete y entendedor del progreso de las ciencias (física, química, biología, matemática), desarrolla proyectos, diseños y técnicas de ejecución.

Algunas obras de la filosofía de la ingeniería han demostrado cómo las comunidades de ingeniería tienen una visión particular del mundo que transforma el conocimiento científico en aplicaciones específicas (Goldman 1984, Layton 1993, Bucciarelli 1994; citados en Cajas, 1999). Lo que los ingenieros utilizan o construyen, es un tipo específico de conocimiento desarrollado por las exigencias del diseño específico y las limitaciones de la realidad (por ejemplo, tipo de materiales, costos, estándares de ingeniería); lo que sugiere que los ingenieros, utilizan la ciencia para sus necesidades específicas, su uso de la ciencia no es la simple aplicación del conocimiento universal a problemas particulares, por el contrario, la *construcción de conocimiento* para situaciones específicas iluminados por la información práctica y mundana. Un enfoque similar se necesita para enfrentar los problemas de la vida cotidiana (Cajas, 1999), en el sentido de apostarle a la construcción de conocimiento en situaciones específicas.

Un problema en la ingeniería, según Antonio Dias de Figueiredo (citado en Adams, et. al. 2011) es la falta de respetabilidad social e intelectual de la ingeniería, el cual explica Lewin (1983) como resultado de la falta de comprensión de lo que constituye la ingeniería, la confusión entre la ingeniería y la ciencia, y la falta de una filosofía identificable de la ingeniería. En su opinión, la ingeniería es vista como una confluencia de las ciencias y las prácticas industriales, una visión aún fuertemente arraigada en las escuelas y universidades.

Ante esto, Layton (1986) menciona que la ingeniería se entiende más en términos de diseño que de ciencia. Theodore Von Karman citado en Layton (1986), un famoso matemático e ingeniero aeronáutico, cuando se le cuestionó sobre la diferencia entre los científicos y los ingenieros, respondió: "Los científicos descubren el mundo que existe, los ingenieros crean el mundo que nunca existió."

En este sentido, se requieren ingenieros autónomos de pensamiento que orienten sus actividades a nuevos desarrollos útiles. Las necesidades de la humanidad son enormes y el ingeniero debe anticiparse, pues cuando se resuelve un problema y la respuesta se conoce en forma definida en una rama de la ingeniería, ya es tiempo de investigarlo de nuevo, porque probablemente lo que se conoce del problema corresponda ya a situaciones que deben superarse (Valencia, 2004).

La aplicación de los conocimientos científicos a la resolución de problemas prácticos, y el propio empleo del método racional de los científicos para esa resolución, ocupan un lugar primordial en la metodología de la ingeniería. Pues la esencia de la ingeniería, es la concepción de un mundo artificial y no la simple aplicación de lo que ya se sabe a determinados problemas prácticos. Esto último es ciencia aplicada, algo muy distinto de la ingeniería, aunque en determinados casos puedan confundirse.

Bajo esta idea, la ingeniería debe apoyarse en la ciencia, pero no debe dejarse imponer su discurso positivista y neutro, cuestiones como el significado y el impacto social no pueden rechazarse ni ignorarse en el contexto del quehacer ingenieril. El trabajo del ingeniero es para el beneficio tangible e inmediato de la humanidad y no solamente para el avance del conocimiento humano (Aracil, 1999 citado en Valencia 2004).

El método empleado en la ciencia es diferente al empleado en la ingeniería. El llamado método científico, en general, parte de la proposición de hipótesis, las cuales se comprueban mediante observación, experimentación y otros procesos, seguida por el análisis de resultados y la formulación de teorías o leyes. Por su lado el método ingenieril se fundamenta en el aprendizaje y el pensamiento creativo; y se basa en la detección de necesidades, diseño de productos, implantación del diseño y evaluación de resultados. La esencia del método ingenieril es el diseño (Valencia, 2004).

El científico debe ser académico, porque solamente con el estudio de los descubrimientos pasados y las investigaciones actuales puede esperar el éxito. El ingeniero debe estar atento a los resultados del trabajo de la ciencia, puesto que es él quien debe buscar su aplicación.

Por ejemplo, Carothers descubrió el nailon en 1937, sin embargo, después de ello continuó estudiando los secretos de la materia. Más allá de las aplicaciones de esta fibra, estaba su determinación de develar nuevo conocimiento sobre cómo estaban hechas las cosas naturales. Fueron los ingenieros de la Du Pont los que encontraron los múltiples usos que el nailon llegó a tener.

En este sentido, una de las diferencias fundamentales entre científicos e ingenieros está en su objeto de estudio, pues por un lado los científicos tratarán de investigar como son y funcionan las cosas; y por el otro los ingenieros, ejecutores de las prácticas científicas, tratan sobre cómo hacer artefactos que posean unas propiedades determinadas, es decir, diseñar.

En la práctica real tanto el ingeniero como el científico, ejecutores de las prácticas correspondientes, trabajan en el interior de sistemas concretos y por tanto necesariamente en cooperación compleja, en una socialización del trabajo intelectual.

Tanto el ingeniero como el científico resuelven problemas, pero en general tienen un enfoque con diferencias sustanciales y con fundamentos comunes e universales. Así mientras el científico se interesa principalmente por el conocimiento mismo, por buscar que hay detrás de los hechos, dado que ello explica porqué las cosas se comportan como lo hacen; el ingeniero utiliza o requiere del conocimiento, de la explicación de las causas o de las determinaciones de los procesos existentes; pero para efectuar el diseño y la acción inmediata, de tal modo que ésta sea cada vez más racional. El científico se pregunta ¿hemos aprendido algo?, el ingeniero ¿funciona? La diferencia está en que uno quiere entender la estructura y el otro crear una estructura con propósito (Wisdom, 1967, citado en Herrera, 1996).

La ingeniería no es una unidad discursiva discreta y especializada con su propio campo intelectual. Mientras las disciplinas como la física o la filosofía se orientan hacia su propio

desarrollo, la ingeniería se aplica hacia la orientación fuera de sí misma. En este sentido, se puede decir que la ingeniería es *multidisciplinaria* pues toma elementos y conocimientos de las disciplinas que la conforman.

Podemos decir entonces que la ingeniería es una combinación entre la teoría y la práctica. La tarea del ingeniero consiste en hacer realidad los principios descubiertos por la ciencia. El ingeniero, cuando actúa como tal, es decir, cuando concibe, diseña o proyecta algo, realiza un acto de creación mediante el cual, relaciona elementos de diversa naturaleza en la síntesis que es el objeto artificial producto de su labor.

El mundo del ingeniero es el real, no el del laboratorio ni el de las especulaciones. Ante esto, cabe aclarar que no se está diciendo que la ingeniería no haga ciencia, pues en efecto construye conocimiento, sin embargo en la mayoría de los casos ese conocimiento es producido para la aplicación de la misma ingeniería, es decir, para un servicio a la sociedad. En contraste, la actividad científica ensimisma, construye conocimiento para su propio desarrollo.

1.5.2 Problemática en la enseñanza de la matemática en la ingeniería

Estudios sobre alfabetización científica y tecnológica demuestran que la población confunde la ciencia con la tecnología y en todo caso visualizan a la tecnología como ciencia aplicada. Esto también se da en ambientes universitarios, en especial en programas de educación tecnológica, tal es el caso de medicina, agronomía, derecho o las mismas ingenierías que son vistas implícita y explícitamente como ciencia aplicada (Cajas, 2008).

Las ingenierías clásicas (civil, industrial, química, etc.) son vistas como la aplicación de la física y la matemática. A veces se dan programas más progresistas en donde se presentan las ciencias de la ingeniería (ciencia de los materiales, estructuras, etc.) en donde se ocupan de artefactos y procesos propios de las ingenierías, pero quedan encerrados en una concepción científicista de la tecnología en general y de la ingeniería en particular.

Cajas (2008) menciona, que haciendo un análisis meta de las investigaciones acerca de la ingeniería se puede decir que han sido pocos los que analizan la práctica de los ingenieros. Donald Shön, pensador influyente en el desarrollo de la teoría y la práctica del aprendizaje

reflexivo profesional en el siglo XX, analiza empírica y conceptualmente la forma en que los profesionales, ingenieros y arquitectos, entre otros, reflexionan desde la acción (Shön, 1983). Su trabajo fue tan influyente que se generó una línea de investigación de análisis de la práctica desde la acción. Walter Vicenti estudia sobre lo que saben los ingenieros sobre diseño para casos específicos de aeronáutica (Vicenti, 1994). Emergen también los nuevos estudios de antropología de la ingeniería realizados por Louis Buciarelli sobre lo que realmente hacen los y las ingenieras en diferentes espacios de trabajo, tal es el caso del diseño de celdas fotovoltaicas y estructuras (Buciarelli, 1994). Todos estos trabajos dirigen la atención a proponer una nueva epistemología de la ingeniería que no se centra en la epistemología de la ciencia, sino en una epistemología que se centre en las prácticas (Cajas, 2008).

Sin embargo, la concepción tradicional de las practicas de ingeniería se basa en programas lineales que inician con Ciencias Básicas, particularmente Física y Matemática, seguidos de Ciencias de la Ingeniería para concluir con Cursos Profesionales (ver figura 1.5.2).



Figura 1.5.2. Programa lineal de ingeniería entendida como aplicación de las ciencias básicas

Desde el paradigma de ingeniería como conocimiento, se suele interpretar que los fundamentos de la ingeniería yacen en las ciencias básicas, particularmente en la física y la matemática, y que la lógica de la profesión es una lógica científica. Por lo que los profesores que tienen a su cargo las ciencias básicas en el modelo lineal suelen ser físicos, matemáticos o ingenieros que no han tenido experiencia en la práctica real de la ingeniería y realizan funciones enteramente universitarias y por lo tanto, no trasladan las prácticas de la ingeniería al currículo (Cajas, 2001 y 2008).

Los cursos de ciencia básica desde el paradigma lineal en donde la ingeniería es vista como conocimiento, asumen una concepción científica y no una de ingeniería. Basando las prácticas docentes de ciencias de la ingeniería, en una concepción de la ciencia caracterizada por el reduccionismo, toda vez que se construye una visión ingenua de la capacidad de la ciencia de modelar procesos de la ingeniería. El problema no está solamente en la falta de modelación de fenómenos de ingeniería, ya que se modelan fenómenos de tipo científico, cuando en verdad la ingeniería es la resolución de problemas concretos.

Por tanto, la matemática asociada a estos modelos es una matemática descontextualizada en el sentido de la ingeniería, toda vez que sus prácticas de referencia son físicas y matemáticas *per se*, sin ninguna conexión a los propios intereses de las ingenierías. Cabe aclarar, que no se está diciendo que éstas prácticas científicas y matemáticas están descontextualizadas si se miran desde una perspectiva científica (Morales, Velásquez, Grijalva, et. al., s.f.).

Con base en lo anterior, se requiere replantear los currículos de ingeniería y superar el modelo lineal que asume a la ingeniería como la simple aplicación de la ciencia, porque en la práctica real la ingeniería es mucho más que la aplicación de la ciencia y posee su propia lógica y epistemología. Si bien las ingenierías echan mano de las ciencias, y también cada vez más se ven influidas por la ciencia, las ingenierías son fundamentalmente prácticas de diseño, control y ejecución (Cajas, 2008).

Estos movimientos de reforma instan a una educación que permita una comprensión de los conceptos y principios de la tecnología como el *diseño, control y sistemas*, así como de las ideas clave acerca de la tecnología en áreas específicas, tales como materiales, energía, manufactura, e información (AAAS, 1993; ITEA, 2000; NRC, 1996 citados en Cajas, 2001).

El diseño ha sido reconocido como una parte esencial de las prácticas tecnológicas. Para muchos individuos la esencia de la ingeniería es el diseño (Goldman, 1984). Además, Benchmarks for Science Literacy (AAAS, 1993), the National Science Education Standards (NRC, 1996) and the Standards for Technological incluyen el diseño como un elemento

central de sus recomendaciones para la alfabetización científica. Pues aunque la humanidad ha diseñado artefactos y procesos durante miles de años, no se ha considerado cuáles son las ideas sobre el diseño tecnológico relevantes para la educación de todos los estudiantes.

Marilla Svinicki (citada en Adams, et. al. 2011) menciona que, en la ingeniería al igual que en la psicología y la educación nada permanece igual, el cambio es una constante; como resultado, el objetivo en la educación de los futuros profesionales es hacer hincapié en las conexiones: entre lo viejo y lo nuevo, entre lo abstracto y lo concreto, entre las ideas y principios de la materia, y sus instructores para adaptarse a un mundo en constante cambio de aprendizaje.

Por otro lado, Mousoulides y English (citado en Adams, et. al. 2011) mencionan que desde la óptica de las matemáticas y la ciencia, la ingeniería es una fuente rica de situaciones significativas y problemáticas del mundo real que capitalizan y amplían las matemáticas de los estudiantes. Por tanto, se puede decir que la integración de experiencias propias de la ingeniería, en las matemáticas de la escuela primaria y currículos de ciencia es importante, ya que puede: ayudar a los estudiantes a apreciar cómo su aprendizaje en las matemáticas y la ciencia se puede aplicar a la solución de importantes problemas reales basados en la ingeniería; dar lugar a una mejor preparación para los sujetos de alto nivel; poner de relieve la importancia de estudiar las matemáticas y las ciencias físicas.

Siendo la matemática la herramienta más poderosa para el ingeniero, ya que es un método para condensar y concentrar el material que debe aprenderse. Por esta razón, su dominio desde los principios de la carrera, le permitirá un mejor progreso en temas como mecánica, física y análisis de circuitos.

La demanda social hace un llamado a la modificación de la currícula universitaria respecto a la ingeniería, para cerrar la brecha entre ciencias de la ingeniería y prácticas de la ingeniería (Woollacott 2009 citado en Lappalainen, 2011). Las aulas de educación superior deben servir no sólo como un hogar de conocimientos tecnológicos y de difusión del conocimiento científico tradicional, sino que deben ofrecer educación adaptable, que aproveche la capacidad de los estudiantes para el compromiso y el pensamiento crítico, el

pensamiento interdisciplinario y original, trabajo en equipo colaborativo y la socialización en la comunidad de ingenieros de práctica (Lappalainen, 2011).

A pesar de que nadie duda que las sociedades modernas dependen de las ingenierías, hasta el extremo de que los ingenieros son considerados como los pilares sobre los que descansa el desarrollo y funcionamiento de la sociedad contemporánea, no existen mayores conocimientos de ingeniería en educación primaria y secundaria (Collins, 1973). Conocimientos básicos de ingeniería, como son las ideas de diseño y control de sistemas, no han sido trasladados al conocimiento escolar. Las nuevas concepciones de alfabetización científica y tecnológica están incluyendo estos conocimientos para la educación de todos (AAAS, 1997, 1998; citado en Cajas, 2001).

Con base en lo que hasta ahora se ha discutido, existe una problemática propia de la ingeniería, y hay una problemática del aprendizaje de la matemática en la formación del ingeniero. Además, se presentó una crítica al dME, de la que se evidenció la necesidad de hacer investigación sobre los usos del conocimiento matemático en escenarios distintos al escolar. De estos cuatro planteamientos, nuestro estudio pretende relacionarlos mediante el modelo de CCM, a través del cual se identifique el uso de la matemática en la práctica de la ingeniería, en particular, caracterizar una Comunidad de Conocimiento Matemático de una Ingeniería específica en el escenario del trabajo, de manera que se evidencie el uso de la simultaneidad de la derivada y de la estabilidad.

Ya que como se mencionó anteriormente, en la práctica real tanto el ingeniero como el científico, ejecutores de las prácticas correspondientes, trabajan en el interior de sistemas concretos y por tanto necesariamente en cooperación compleja, en una socialización del trabajo intelectual. Por tanto, es de interés el conocer y entender cuáles son los conocimientos y los usos del mismo que se ponen en juego durante la práctica del ingeniero, en esa socialización de trabajo intelectual. A través de entender lo propio del conocimiento de la comunidad; lo cual se logrará mediante el empleo del modelo de CCM.

1.5.3 La ingeniería Química

En los apartados anteriores, 1.5.1 y 1.5.2 se ha evidenciado que la problemática dentro de la ingeniería es compleja y va más allá de su enseñanza. Además, que hay una gran diversidad y especificidad en la ingeniería; en este sentido, para el desarrollo de la investigación nos encontramos con un problema metodológico que consiste en encontrar la unidad de análisis que permita tomar datos cuando los ingenieros resignifican su conocimiento en el desempeño de un trabajo.

Por tal motivo y para el desarrollo del estudio, fue necesario especificar la ingeniería con la que se trabajará. Haciendo un análisis de las ramas de la ingeniería y teniendo en cuenta el propósito de nuestro estudio, que es identificar los usos del conocimiento, consideramos una comunidad de conocimiento de la ingeniería química, ya que ésta, analiza gráficas y tablas en las que se presentan variaciones.

Aunque desde tiempos muy remotos el hombre ha utilizado los procesos químicos, no fue sino hasta el siglo XVIII, con la revolución industrial, que se da la necesidad de la producción a nivel industrial de diversos productos químicos para poder sostener el crecimiento industria. Así, se generan las primeras instalaciones industriales para la producción de Acido Sulfúrico y posteriormente otras instalaciones para la producción de diversos productos químicos.

La ingeniería química tiene sus orígenes en la fabricación de productos, dado que en la antigüedad existían diversos métodos para fabricar productos, como explosivos, colorantes sintéticos, etc., que se estudiaban y aplicaban como recetas de cocina; maestros artesanales, cual chefs, guardaban celosamente sus recetas, sus diseños y sus métodos, de modo que el quehacer de esta industria es, en ese entonces, mucho más arte que ciencia (Bucay, 2001).

En medio de esta abrumadora diversidad, los estudios empezaban a hacer converger conocimientos de química, física, ingeniería mecánica y civil, etc. Que aisladamente eran insuficientes para ayudar en la comprensión de esta clase de procesos de producción (Bucay, 2001).

Es en el siglo XIX, cuando se dan los primeros esfuerzos por establecer un programa formal en Ingeniería Química. En Inglaterra, George E. Davis publica "Lecciones de Ingeniería Química" en 1880 y al poco tiempo (1888) en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se ofrece el "Course X (ten)", el primer programa formal de 4 años en Ingeniería Química. Otras instituciones como la Universidad de Pennsylvania y Tulane University no tardaron en ofrecer programas similares en 1892 y 1894 respectivamente (Pafko, 2000).

Con más de un siglo, la Ingeniería Química ha contribuido fuertemente al desarrollo industrial y ha sido capaz de adaptarse a las necesidades actuales de la industria y de la sociedad en general, desarrollando e introduciendo diversos avances tecnológicos para mejorar los procesos existentes o para desarrollar la nueva industria química, por lo que actualmente, la Ingeniería Química es una disciplina vital para el desarrollo tecnológico e industrial en prácticamente todas las áreas industriales (Pafko, 2000).

Dicha ingeniería implica en gran parte el diseño y el mantenimiento de procesos químicos para la fabricación a gran escala. Emplean a los ingenieros químicos, al igual que los ingenieros de petróleo aunque en menor medida, generalmente bajo el título de "ingeniero de proceso". El desarrollo de los procesos a gran escala característicos de economías industrializadas es una hazaña de la ingeniería química, no de la química en su más pura expresión. De hecho, los ingenieros químicos son responsables de la disponibilidad de los materiales de alta calidad modernos, que son esenciales para hacer funcionar una economía industrial.

Por otro lado, la química es la ciencia que estudia (a escala de laboratorio) la materia, sus cambios y la energía involucrada. La importancia radica en que todo lo que nos rodea es materia. El ingeniero químico participa de una manera importante en lo relacionado al diseño y la administración de todo el proceso químico a escala industrial, que permite satisfacer una necesidad partiendo de materias primas hasta poner en las manos del consumidor un producto final.

La presencia del profesional de la ingeniería química la podemos ver en áreas tales como la producción, control de procesos, control de calidad, seguridad industrial, apoyo técnico-

legal, seguridad e higiene, alimentos, cosméticos y ecología; en donde plantea, diseña, construye, opera y controla unidades para disminuir el impacto contaminante de las actividades humanas.

Por otro lado, la carrera de Ingeniería Química tiene como objetivo el desarrollo de nuevos productos y procesos químicos a nivel laboratorio; la implementación de sistemas de calidad y de control ambiental en las industrias, de acuerdo a las normas oficiales; el diseño, montaje y operación de laboratorios, así como el análisis de materias primas, productos en proceso y productos terminados para el control de calidad de los mismos, así como del proceso.

Su misión, es resolver de manera efectiva los problemas químicos relacionados con la industria y la investigación, aprovechando de forma integral y sustentable los recursos naturales que estén involucrados.

Asimismo, las carreras de ingeniería química pretenden formar profesionistas con competencias para investigar, generar y aplicar el conocimiento científico y tecnológico, que le permita identificar y resolver problemas en el diseño, operación, adaptación, optimización y administración en Industrias químicas y de servicios, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente, cumpliendo el código ético, participando en el bienestar del país (Instituto Tecnológico de Mérida, 2013).

La Comunidad de Conocimiento de la Ingeniería Química que estudiamos, implementa sistemas de calidad y de control de los transformadores eléctricos en la Península de Yucatán, trabajando en la Gerencia Regional de Transmisión Peninsular (GRTP) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Además, esta comunidad fue promotora del montaje y operación del laboratorio químico, en el que se analizan los gases disueltos en el aceite de los transformadores, controlando los niveles de los mismos y anticipando las posibles fallas que pudieran ocurrir con base en el análisis.

1.6 Epílogo

Resumiendo. Con base en lo discutido a lo largo de este capítulo, nos planteamos como objetivos:

- a) Caracterizar a una Comunidad de Conocimiento de la Ingeniería Química, de manera que se identifique su uso del conocimiento matemático en una situación específica propia de su trabajo.*
- b) Formular que esas caracterizaciones e identificaciones de usos componen elementos para la construcción de Marcos de Referencia para el RdME.*

La pregunta que norma la investigación es:

¿Con una situación específica de variación, propia del trabajo de unos ingenieros químicos industriales, en un laboratorio químico de control, en la CFE, región peninsular, cómo usan la simultaneidad de la derivada y la estabilidad?

CAPÍTULO II:

Antecedentes



CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

Como se mencionó en el capítulo anterior, es necesaria la creación de nuevos Marcos de Referencia en los que se evidencie el uso del conocimiento matemático no solo en el dominio matemático, sino en otros dominios donde se identifique una matemática funcional. En este capítulo mencionaremos algunas investigaciones realizadas bajo esta visión, de manera que se muestre de forma general cómo diferentes investigaciones han abordado la necesidad de evidenciar el uso del conocimiento matemático en escenarios distintos; poniendo en juego no a los conceptos, sino a las categorías de conocimiento, que provocan una matemática funcional.

Tuyub y Cantoral (2012), asumen como problemática fundamental, al estudio de los mecanismos que permiten la construcción social del conocimiento, tomando en cuenta principalmente al saber en uso. Con ello, pretenden entender los procesos de aprendizaje y aportar un modelo para la socialización de una visión científica del mundo entre la población.

En dicha investigación, se estudia a una comunidad que ejerce una práctica especializada en el campo de las ciencias, que produce conocimiento innovador en periodos de tiempo no tan largos; la cual no poseía una matemática explícita, ya que si se estudiara por ejemplo, una práctica matemática específica o propia de la ingeniería, se orillaría a estudiar objetos matemáticos, y no la forma en que sus prácticas dan forma a la utilización y a la construcción del conocimiento matemático. Por lo que analizaron una comunidad de toxicólogos; preguntándose ¿cómo construyen conocimiento innovador los toxicólogos?

Entre sus resultados se identificó que el análisis de gráficas era el paso final para tomar decisiones; por ejemplo, si los genes se obtenían borrosos, entonces era momento de realizar el experimento nuevamente, cambiando algunas variables, y para ello intervinieron conocimientos, expectativas, concepciones, creencias, entre otros.

Asimismo, en una de sus conclusiones, se ejemplifica cómo el toxicólogo hace uso de un conocimiento matemático, la función, pero en un sentido funcional, es decir, no se aprecia

su uso como aparece en el dME, no aparecen fórmulas y reglas de correspondencia, más bien se aprecian las magnitudes en los procesos de cambio al realizar tablas o análisis de gráficas.

Además, al estudiar las prácticas para obtener la evidencia y los datos, no bastó con atender al discurso explícito, se requirió, además de los elementos no verbales, típicamente situacionales, y los que están en el discurso pero no se perciben como evidencia del conocimiento matemático en juego.

Pese a que esta investigación se llevó a cabo en un escenario toxicológico, no hizo aportaciones a dicha área del conocimiento, sino se trató más bien de un intento por comprender cómo es que se construye socialmente el conocimiento. Al estudiar las prácticas de esta comunidad mediante el análisis del quehacer de un toxicólogo, no sólo se está prestando atención a sus acciones, sino al fundamento que orienta sus prácticas, el saber las razones por las que lo hacen de ese modo y no de otro. Abordando la problemática principal de la Matemática Educativa al no mirar sólo a los conceptos institucionalizados y externos al individuo, sino a las prácticas.

Se menciona que se debe lograr que las personas vivan experiencias a través de un cambio de prácticas, en las que infieran procesos y tomen en cuenta el sentido funcional del conocimiento matemático. El uso situacional antes que el significado institucional.

En García (2008), se pretende explicar los procesos de institucionalización, es decir, aquellos medios que permitan explicar cómo se constituye una institución. El objetivo fue identificar la existencia de mecanismos de construcción social de conocimiento considerando los saberes relativos a la matemática en los procesos de institucionalización de sus prácticas.

Para ello, eligieron una comunidad científica interdisciplinaria específica, que desarrolla conocimiento del área ingenieril en un laboratorio de un centro de investigación del más alto nivel científico, en el área de Ingeniería Biomédica. Analizando la forma en que se institucionaliza un nuevo conocimiento basado en la interacción entre un estudiante de la maestría (experimentador) y un doctor en ingeniería biomédica (experto).

En sus resultados se infiere que es plausible estudiar el estatus funcional de la matemática a través de las prácticas.

En dicho estudio se menciona, que desde la aproximación socioepistemológica, centrar la atención hacia los mecanismos constructivos y no a los conceptos matemáticos, produjo la centración del objetivo de la investigación en el estudio de la institucionalización en un ámbito de prácticas profesionales que desarrollan conocimiento del área ingenieril.

En su conclusión se menciona que estudiar este tipo de contextos más amplios como las prácticas profesionales deviene importante, pues la transferencia de conocimiento se da en esos contextos y no en la escuela, por tanto, entender la lógica de las prácticas apoya la ampliación de un modelo de construcción social de conocimiento. La práctica social como normativa y reguladora de procesos de institucionalización simultáneos; los procesos de institucionalización como forma de estudiar a través de roles, las manifestaciones de las instituciones, donde están inmersos mecanismos de construcción como la equilibración de relaciones asimétricas; la práctica de referencia como contexto y las prácticas como ejecución reiterada e intencional de la actividad.

Por otro lado en la investigación de Parra (2008), se reconoce una ausencia de marcos de referencia que permitan resignificar el uso del concepto de derivada, es decir; un marco de referencia que permita al estudiante construir su conocimiento a través de su mismo uso.

Por lo que en su investigación se analiza cómo vive ese conocimiento en el dominio de la ingeniería, considerado como un dominio diferente al matemático. Específicamente se centran en el tema de la conservación de masa en la mecánica de fluidos, en donde la derivada es empleada de manera funcional.

Se menciona que, en la matemática escolar la graficación no es considerada como una práctica a través de la cual se puede generar conocimiento mediante el diseño de situaciones que tengan dicha intención. La epistemología de la graficación considera a esta situación como una práctica social generadora de conocimiento matemático, en donde la centración no está en los objetos matemáticos sino en las gráficas, las cuales se convierten en argumentos que favorecen una matemática funcional.

Por lo que su hipótesis de investigación consiste en afirmar que la graficación puede llevar a cabo múltiples realizaciones y hacer ajustes en su estructura para producir un patrón o generalización deseable, es un medio que soporta el desarrollo del razonamiento y de la argumentación (Cordero, 2005b y Suarez, 2008 citados en Parra, 2008).

En Mirón y Cantoral (2000), se reporta que el tema de la derivada trae grandes dificultades a los estudiantes, debido a los problemas que acarrearán de los conceptos de función y límite; lo que provoca la centración en procedimientos algorítmicos para resolver cierto tipo de derivadas; lo que implica que al enfrentarse a problemas que involucran la derivación, no logren reconocerla. Esto se debe a que de alguna manera, el dME no posibilita que este conocimiento sea funcional, es decir, que sea incorporado al estudiante de manera orgánica para transformar su realidad (Cordero y Suarez, 2008). Además, el significado geométrico dado a la derivada como pendiente de la recta tangente obscurece su relación con otros dominios de conocimiento y su naturaleza variacional. Por lo que existe una falta de marcos de referencia para resignificar la derivada, esto es, marcos donde sea puesto en uso este conocimiento, en los que se permita su construcción.

Si bien a partir de la matemática se han derivado otros campos de conocimiento ahora pareciera que hay una ruptura entre ellos. Podemos encontrar en el nivel superior estudiantes que reprueban materias de matemáticas, pero en materias donde dicha matemática es aplicada sus resultados mejoran. Lo cual da cuenta de que el estudiante no es capaz de percibir que es la misma matemática que está sujeta a un desarrollo y que se emplea en un escenario diferente. Cantoral y Farfán (2003), mencionan al respecto que la matemática del nivel superior está al servicio de otros dominios científicos y de otras prácticas de referencia, donde a su vez adquiere sentido y significación.

Finalmente en la investigación de Morales & Cordero (s.f.) se resignifica la Serie de Taylor y se hace una crítica a la iteración de derivadas; se menciona que la manera como se han tratado las materias del cálculo, no permite dar cuenta que la analiticidad de las funciones es el objeto principal del cálculo, debido a que el discurso Matemático Escolar está basado en la idea de aproximación, donde se enfatiza cada uno de los conceptos matemáticos en

cuestión para llegar a la analiticidad. Sin embargo, se sostiene que esta manera de tratar los temas de cálculo no está generando conocimiento.

Por lo que en su estudio, se resignifica la serie de Taylor y se critica al dME, el cual orienta la posibilidad de tratar la derivada y sus n-ésimas derivadas y no necesariamente hablar de la serie. En todo caso, ésta es destacada para atender aspectos propios de convergencia, por lo que las materias tratadas en la enseñanza actual y que anteceden a la serie son los teoremas de continuidad, teoremas de los valores medios y los criterios de convergencia de series numéricas. Tal estatus, sugiere que la Serie de Taylor no es elemental, que pertenece a cierta matemática avanzada que tiene como objetivo profundizar en los procesos de convergencia de las series infinitas, acompañado de sus métodos algebraicos. Este tratamiento, como polinomio que se aproxima a una curva, potencializa a la serie misma pero oscurece la situación de variación que subyace.

Por tanto, consideran una situación que formula una epistemología que relaciona tres argumentaciones; la predicción, la graficación y la analiticidad (Cordero, 2001 y 2008). Que consiste en que a pesar de que no se conoce la función pero se conocen los datos iniciales $f(a), f'(a), f''(a)$ se pide construir la Serie de Taylor. Así la graficación-modelación toma real importancia debido a que se puede apreciar la simultaneidad de las derivadas a través de una gráfica. La idea fundamental de la situación es romper con la visión tradicional de las n-esimas derivadas, la cual es tratada como una iteración de derivadas $f, f', f'' \neq ((f)')''$.

En este sentido resignifican la serie de Taylor, considerando las primeras dos derivadas, a partir de una situación de movimiento, a través de la categoría de modelación-graficación.

En resumen, de estas investigaciones podemos identificar la necesidad de estudiar dominios del conocimiento fuera de la matemática, dónde ésta no sea el objeto de estudio, de manera que se identifique el uso del conocimiento matemático, y con base en ello, se obtengan elementos para la construcción de un nuevo Marco de Referencia centrado en los usos del conocimiento como se mencionó en el capítulo anterior.

Conviene señalar que un aspecto en común que tienen las investigaciones anteriores, es que en ellas se estudia el uso del conocimiento fuera del dominio matemático; por ejemplo, la investigación de Tuyub y Cantoral, y la de García, estudian individuos dentro del dominio científico, esto es, los participantes en dichas investigaciones se encontraban en un centro de investigación dedicado a la construcción de conocimiento disciplinar. Por otro lado, la investigación de Parra y de Morales & Cordero, estudian el uso del conocimiento pero en estudiantes. A diferencia de éstas y de ahí nuestra contribución, en nuestro estudio, nos centraremos en el uso del conocimiento matemático de una comunidad de conocimiento en el escenario del trabajo; esto es, en un dominio ajeno al científico, en el que su actividad principal no es la construcción del conocimiento. Por lo que nos preguntamos, cómo usa y construye conocimiento un ciudadano, que es ingeniero, dentro de una empresa.

Por tal motivo, en nuestra investigación nos interesa conocer el uso del conocimiento matemático de la simultaneidad y de la estabilidad, para identificar con ello elementos que nos permitan modificar el discurso, centrado en objetos como la iteración de la derivada, a otro discurso cuyo énfasis se encuentre en los usos del conocimiento matemático.

CAPÍTULO III:

Marco Teórico



CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

La teoría que sustenta y enmarca el estudio es la Socioepistemología. De alguna manera, podríamos decir que la Teoría Socioepistemológica (TS) tiene como función hacer un rediseño del discurso matemático escolar, en el cual el núcleo principal es una matemática funcional basada en el uso del conocimiento matemático, para crear un vínculo entre la matemática escolar y la matemática cotidiana (Cordero, 2013).

La tensión que se pone en juego de manera natural, dada la perspectiva de la TS y la perspectiva dominante en las investigaciones educativas, consiste en la matemática funcional que tiene presencia durante el actuar del ciudadano y el aprendizaje del alumno en el aula de matemáticas. Es decir, el estudio no se enmarca en una situación de aprendizaje en el aula de matemáticas, sino por el contrario; se enmarca en el uso del conocimiento matemático de un profesional en un ámbito de trabajo.

A continuación presentamos una serie de conceptos y de relaciones propios de la TS que darán coherencia a la articulación del uso del conocimiento matemático, a la profesión y al trabajo.

3.1 LA TEORÍA SOCIOEPISTEMOLÓGICA

La Teoría Socioepistemológica distingue como problemática fundamental la confrontación entre la obra matemática y la matemática escolar, donde la última requiere interpretar y reorganizar a la primera (Cordero, 2001).

Esta visión implica considerar una serie de ideas como la construcción social del conocimiento, los procesos de institucionalización, los usos del conocimiento, el lenguaje de herramientas, entre otros, las cuales permiten ampliar la problemática hacia la actividad humana.

La Socioepistemología busca intervenir en el sistema educativo de manera amplia, ya que incorpora al estudio de los fenómenos del aprendizaje la epistemología del conocimiento, su dimensión sociocultural, los procesos cognitivos asociados y los mecanismos de institucionalización vía la enseñanza (Cantoral y Farfán, 2003). Esto es, al considerar las

cuatro componentes (cognitiva, epistemológica, didáctica y social) de manera sistémica, se conforma una perspectiva múltiple para construir explicaciones de los fenómenos didácticos (Gómez, 2009).

Consecuentemente, la teoría debe responder interrogantes como ¿por qué sabemos unas cosas y no otras?, ¿por qué es natural que suceda?, ¿de qué depende?, ¿cómo es que los grupos humanos se organizan y de qué se valen para construir ciertos conocimientos? Siendo la teoría socioepistemológica, quien busca entender la función del conocimiento matemático y su funcionamiento dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática, (Cordero, 2008).

Por tanto, se plantea la necesidad del Rediseño del discurso Matemático Escolar, donde se dé cuenta de la funcionalidad del conocimiento, es decir, de los usos, de sus funcionamientos y formas, en diferentes escenarios como la escuela, el trabajo y la ciudad. Un discurso que permita la resignificación de la matemática misma. Esto sólo se logrará si se rompe la atención en los objetos matemáticos como tales y permitimos que el humano y su actividad sean los elementos primarios.

En este sentido, mientras que actualmente la “fórmula” empleada en el aula de matemáticas se basa en los objetos matemáticos y a partir de ellos construir “buenas” explicaciones de dicho objeto, por lo que los enfoques clásicos dirigen la atención hacia el objeto matemático, tomándolo independiente de su construcción y sin considerar el proceso social que la permitió. La Socioepistemología difiere de estos enfoques clásicos dominantes al fomentar la descentración de los objetos matemáticos y, en su lugar, se cuestiona por la forma en que un ciudadano usa la matemática desde su cotidiano en una situación específica.

Por tanto, la Teoría Socioepistemológica recupera el proceso social que ha sido soslayado. Por consiguiente, incorpora una dimensión social al estudio y dirige su foco de atención hacia las prácticas sociales; es decir, las prácticas que norman la construcción del conocimiento matemático (Gómez, 2009).

Este cambio de centración, de los objetos a las prácticas, permite enfatizar en aspectos funcionales de la matemática, es decir; en el desarrollo de usos del conocimiento, más que pensar en las actividades didácticas como actividades de servicio. Habría entonces que tomar en cuenta que un libro o un currículo refleja una manera particular de ver la matemática, construida institucionalmente; pero para otro individuo o grupo social, dicha matemática varía según sus necesidades, sus explicaciones, sus usos y su funcionalidad (Gómez, 2009).

La funcionalidad juega un papel importante ya que permite entender la naturaleza dual de la matemática, permite distinguir que hay ocasiones en que la matemática es un objeto de estudio, pero en otras ocasiones adquiere un carácter de matemática funcional cuando se emplea en otros dominios, cuando adquiere sentido en otras prácticas de referencia que no son propiamente matemáticas, (Figura 3.1). Se entiende por matemática funcional cuando un conocimiento está incorporado orgánicamente en el humano que lo transforma y le transforma su realidad. Todo ello en oposición al conocimiento utilitario, (Cordero y Flores, 2007).

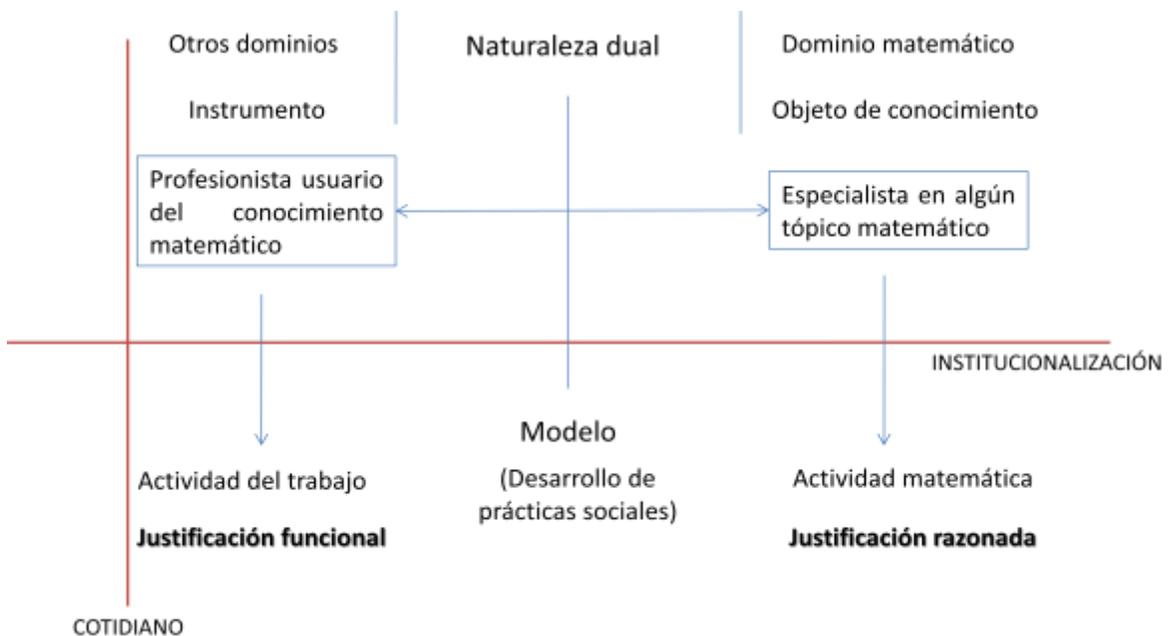


Figura 3.1. La dualidad de la matemática

Es necesario considerar que “... en la Socioepistemología la práctica social como unidad de análisis no analiza a los participantes sino a sus usos (y costumbres), porque lo que nos importa de los participantes son sus formas de construir conocimiento”, (Cordero, 2006, p. 828).

De alguna manera, esta teoría ha intentado comprender los cuestionamientos de enseñanza y aprendizaje de la matemática, así como su construcción, basándose en la actividad humana, en la práctica social como generadora de conocimiento, (Buendía y Cordero, 2005; Cordero, 2008; Cordero y Flores, 2007; García, 2008; Parra 2008; Vázquez y Cordero, 2008; Tuyub y Cantoral, 2012).

Así, la Socioepistemología significa, parafraseando a Cantoral (2004, p.1): “... la epistemología de las prácticas sociales relativas al saber; es una teoría de naturaleza sistémica que permite tratar con los fenómenos de producción y difusión del saber desde una perspectiva múltiple...”, (Cantoral, 2004, p. 1).

La Teoría Socioepistemológica asume como base filosófica de la construcción del conocimiento la postura pragmática, que establece que el uso de un objeto es el que produce su significado. En este sentido, por sí mismo un objeto no existe; es y existe para un individuo o grupo y en relación con ellos. Así pues, la relación sujeto-objeto determina al objeto mismo y también al sujeto (Gómez, 2009).

Esta teoría, permite precisamente, dotar al trabajo de investigación de su visión amplia, sistémica y funcional, que deja ver aspectos que no son considerados en el dME. En este sentido, se deja ver la pertinencia de conformar un marco socioepistemológico para abordar la problemática en cuestión.

En particular, en esta investigación, enmarcamos el estudio del uso del conocimiento matemático desde una óptica sistémica, integral y robusta que permite identificar sus elementos, funcionamientos y formas, y al mismo tiempo, tomar en cuenta aspectos apegados a la matemática funcional y de esta manera, abrir camino hacia el desarrollo de estrategias para la resignificación del conocimiento matemático.

De esa manera contribuimos a acciones que la TS ha emprendido: Realizar estudios que dan cuenta del funcionamiento y la forma del conocimiento matemático desde la condición del ciudadano. Los cuales serán el marco de referencia para el rediseño del dME, que expresará el uso del conocimiento matemático *desde y con* el ciudadano (Cordero, 2013).

Para tal fin, se ha convenido entender al ciudadano como al *ser con otro*, es decir; el constructo de ciudadano debe estar cercano a comunidad con relación al conocimiento. Esto es, si hay conocimiento existe una comunidad que lo construye. Refiriéndonos a la idea anterior como “Comunidad de Conocimiento (CC)” (Cordero, 2013).

A continuación explicamos el constructo Comunidad de Conocimiento Matemático (CCM).

3.2 COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO

Proponemos entonces, con base en lo que hasta ahora se ha discutido, un cambio de visión que nos permita ver al estudiante no como un individuo aislado consumidor de conocimiento, sino como un ciudadano constructor funcional de conocimiento matemático perteneciente, relativamente, a una comunidad. Importa saber quiénes son, así como la situación y los escenarios específicos en donde están inmersos.

Por tal motivo, nos interesa caracterizar a un grupo de ciudadanos donde sus intereses y características comunes, interacciones, cosmovisión, lugar geográfico, actividades, entre otras, importan para poder entender lo propio de la comunidad a la que pertenecen. Sin embargo, nuestro interés no se limita a ello, 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 (Cordero, 2013).

Dicha comunidad, se debe distinguir de lo individual, de lo público y de lo universal. En este sentido, una comunidad de conocimiento, se compone de tres elementos principales: reciprocidad, intimidad y localidad; los cuales permiten identificar lo propio de la comunidad, enmarcados en dos ejes la institucionalización y la identidad de su conocimiento. Con base en esto, se construyó un modelo (figura 3.2.) con el que se estudia el uso del conocimiento matemático que emerge de una comunidad de conocimiento del ciudadano, en una situación específica.

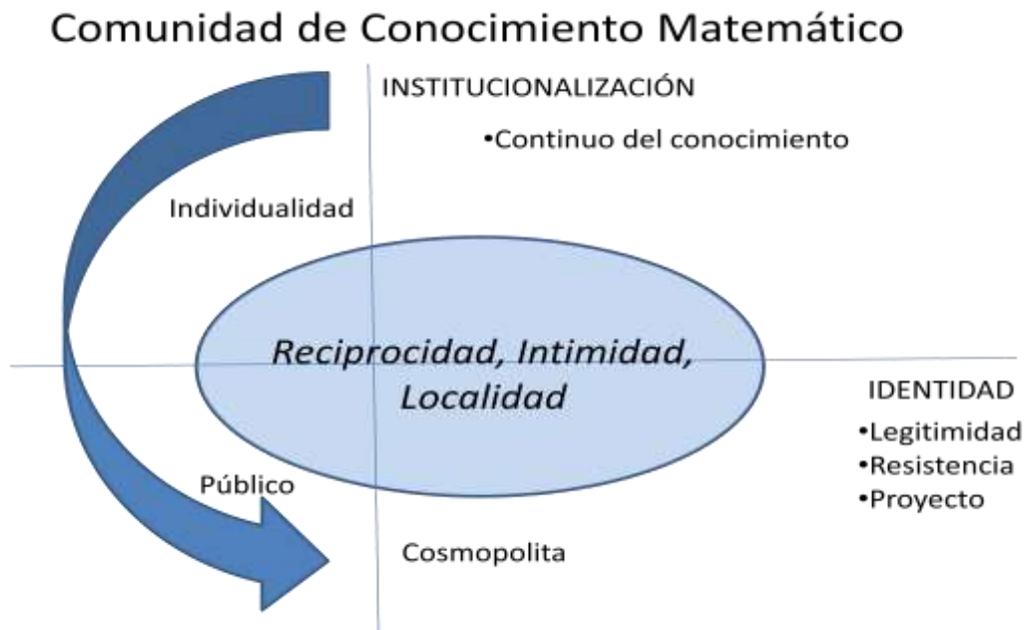


Figura 3.2. Modelo de Comunidad de Conocimiento Matemático (Cordero, 2013)

En este sentido la triada reciprocidad, intimidad y localidad; nos permite identificar e interpretar aquellos códigos internos que se establecen dentro de una comunidad al asumirse como un todo, y no como individuos aislados en la construcción de conocimiento matemático.

El constructo reciprocidad, hace referencia a que el conocimiento se genera por la existencia de un compromiso mutuo entre los miembros de la comunidad; la intimidad, es el uso de conocimiento propio y privado de la comunidad, aquel conocimiento que no es público ni se manifiesta de la misma manera en otras comunidades. Finalmente, el constructo localidad permite delimitar al colectivo mismo y caracterizarlo mediante aquello que le es propio; se da cuando existe una coincidencia en ideas, una jerga disciplinar, trabajo u oficio, intereses, región, entre otros; donde se toma en cuenta, además, la situación y el escenario específico en el que ocurre esta construcción de conocimiento.

De ahí, se formula el constructo Comunidad de Conocimiento como una triada CC(*reciprocidad, intimidad, localidad*). En la que el aspecto central es el Uso del

Conocimiento Matemático (U(CM)). Sin embargo no basta con la triada, ya que para apreciar el U(CM) se requiere de un referente que señale su tradición, su cultura y su historia, al seno de su comunidad. Por ello, importa la continuidad del conocimiento, es decir, *la institucionalización* como un eje transversal.

Además, la triada de la CC se desarrolla gracias a la existencia de una identidad, de esta forma se consideran tres momentos: la legitimidad, la resistencia y el proyecto (Silva, 2010 y Cordero & Silva-Crocci, 2012). Siendo dicha identidad la que permite distinguir a una comunidad de otras. En este sentido, se considera a la identidad con sus momentos como otro eje transversal.

Por tanto, ambos ejes identidad e institucionalización delimitarán a la triada en términos de la identidad que construyen los participantes de la CCM, así como de reconocer el conocimiento matemático que se construye en su interior, su continuo y su permanencia.

Con todos estos elementos que conforman al constructo CCM se compone una unidad de análisis para estudiar el conocimiento del ciudadano, por ello le hemos llamado modelo. Es decir, estudiamos el uso del conocimiento matemático que emerge de una comunidad de conocimiento del ciudadano en una situación específica. Por eso no debemos soslayar la identidad y la institucionalización del conocimiento.

Sin embargo, un ciudadano no pertenece a una única comunidad de conocimiento (figura 3.3.), ya que el cotidiano está compuesto por una interacción de comunidades de conocimiento, donde se desarrollan mantenimientos de rutinas para que permanezcan, esto último es lo que hace el día a día (Zaldivar y Cordero, 2011).

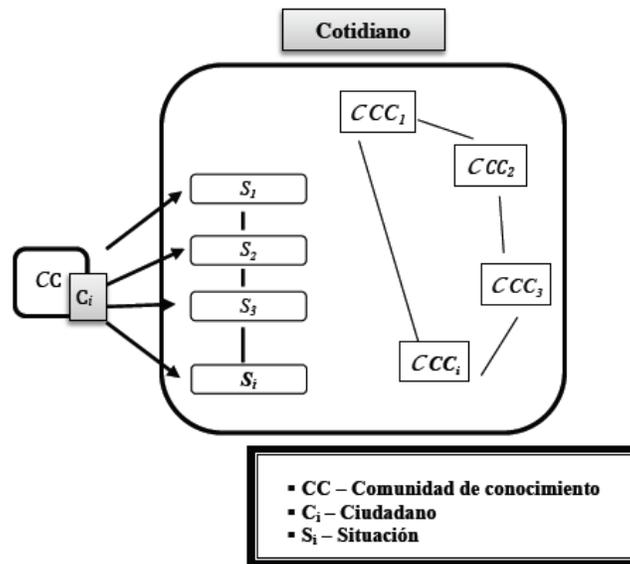


Figura 3.3.El cotidiano como una interacción de comunidades de conocimiento
(López 2012)

Todo ciudadano pertenece al menos a una comunidad de conocimiento, según sea su profesión u oficio, su ámbito laboral o institucional. Un ciudadano será considerado como aquel que dadas sus actividades cotidianas, se encuentra en interacción con otras comunidades de conocimiento. De esta manera es que se encuentra presente en diversas situaciones, considerando a una situación como toda acción del ciudadano que forma parte de su vida diaria. Sin embargo no todas las situaciones nos van a interesar. La atención se centrará en aquellas en donde se hace un uso de Conocimiento Matemático.

Entonces, a partir de una situación (S_i), en el cotidiano, sucede una comunidad de conocimiento del ciudadano ($CC(C_i)$). Es en estas situaciones donde interactúan las comunidades de conocimiento, ya que estamos mirando al ciudadano como miembro de una comunidad de conocimiento. Todo lo anterior en su conjunto conforma el cotidiano del ciudadano (López, 2012).

Así, con el estudio de CCM específicas, se podrán generar propuestas educativas congruentes con las necesidades propias de los ciudadanos, es decir, desde ellos. Esto,

mediante la construcción de un marco de referencia donde se considere la funcionalidad del conocimiento matemático en el cotidiano.

Por tanto, es interesante estudiar las distintas comunidades de conocimiento, de manera que se identifiquen los usos de conocimiento matemático que se dan a su interior. En particular y como ya se ha mencionado, nuestro interés está en estudiar a la Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Químicos en el escenario del trabajo, de manera que identifiquemos el funcionamiento y la forma de los conocimientos matemáticos: Simultaneidad de la derivada y Estabilidad.

CAPÍTULO IV:

Método



CAPÍTULO IV: MÉTODO

En este capítulo explicamos los procedimientos que se decidió seguir para alcanzar las evidencias del uso del conocimiento matemático de una comunidad de conocimiento de ingenieros químicos industriales, en un trabajo específico.

En primer lugar se abrirá un preámbulo para caracterizar un constructo de trabajo, de tal suerte que nos dé luz para identificar la usanza particular del conocimiento en el escenario específico. Además, nos servirá para cuestionar cómo se usa el conocimiento matemático en el trabajo, fuera del ámbito académico. Donde posiblemente no hay una epistemología intencional de ser enseñado y de ser aprendido, sino más bien, podríamos decir, una epistemología al servicio de una tarea específica, de unos ingenieros químicos analizando los diversos tipos de gases disueltos en el aceite de transformadores eléctricos, en la región de la península de Yucatán; con ciertos años de experiencia, acompañando los análisis con alternancias de situaciones nuevas que ayudan a resignificar sus usos del conocimiento matemático.

Posteriormente se articulará el constructo de trabajo con el modelo CCM(IQ) para operarlo como una unidad de análisis en la situación específica, la cual expresa la epistemología de usos.

4.1 UNA CARACTERIZACIÓN DEL TRABAJO

El concepto trabajo, ha sido estudiado desde diferentes enfoques debido a su importancia en el desarrollo de la sociedad; siendo considerado por diversas corrientes de pensamiento a lo largo de la historia.

4.1.1 *Concepciones del trabajo*

En una evaluación de las revistas europeas de Sociología del Trabajo se resalta que: “Para todas ellas, el trabajo es considerado y analizado como una actividad productiva ciertamente realizada en condiciones de asalarización, pero siempre preñada de diversidad, riqueza y matices” (Prieto, 2007, citado en Richter, 2011). Apoyando esta idea, en el

diccionario de la Real Academia Española, trabajo hace referencia a una ocupación retribuida.

Por su parte, Arendt (2005) menciona que existen tres actividades humanas bajo las que se ha dado al hombre la vida en la tierra; Labor, Trabajo y Acción. Siendo en la acción donde más claramente se percibe la diferencia cualitativa que separa al hombre del resto de la naturaleza.

La labor se refiere a todas aquellas actividades humanas cuyo motivo esencial es atender a las necesidades de la vida (comer, beber, vestirse, dormir, etc.). Es la actividad correspondiente al proceso biológico del cuerpo humano, cuyo espontáneo crecimiento, metabolismo y decadencia final están ligados a las necesidades vitales producidas y alimentadas por la labor en el proceso de vida; no solo asegura la vida individual sino también la supervivencia de la especie. La condición humana de la labor es la misma vida.

Por su parte, el trabajo incluye aquellas otras actividades en las que el hombre utiliza los materiales para producir objetos duraderos. Corresponde a lo no natural de la exigencia del hombre, que no está inmerso en el consecuentemente repetido ciclo vital de la especie, ni cuya mortalidad queda compensada por dicho ciclo. El trabajo proporciona un “artificial” mundo de cosas, claramente distintas de todas las circunstancias naturales. Dentro de sus límites se alberga cada una de las vidas individuales, mientras que este mundo sobrevive y trasciende a todas ellas. El trabajo y su producto artificial hecho por el hombre, concede una medida de permanencia y durabilidad a la futilidad de la vida mortal y al efímero carácter del tiempo humano. La condición humana del trabajo es la mundanidad.

Finalmente, la acción es el momento en el que el hombre desarrolla la capacidad que le es más propia: la capacidad de ser libre, en el sentido de que tiene la capacidad para trascender lo dado y empezar algo nuevo. El hombre solo trasciende enteramente la naturaleza cuando actúa. La acción, única actividad que se da entre los hombres sin la mediación de cosas o materia, corresponde a la condición humana de la pluralidad, al hecho de que los hombres, no el Hombre, vivan en la tierra y habiten en el mundo. La pluralidad es la condición de la acción humana debido a que todos somos lo mismo, es decir, humanos y por tanto nadie es igual a cualquier otro que haya vivido, viva o vivirá. La acción, hasta donde se compromete

en establecer y preservar los cuerpos políticos, crea la condición para el recuerdo, esto es, para la historia.

Esas tres actividades son fundamentales, ya que cada una corresponde a una de las condiciones básicas bajo las que se ha dado al hombre vida en la tierra.

Los utensilios e instrumentos que facilitan de modo considerable el esfuerzo de la labor no son en sí mismos producto de la labor, sino del trabajo; no pertenecen al proceso del cómo sino que son parte y parcela del mundo de los objetos usados.

En este sentido podemos relacionar cada una de las actividades humanas como:

- Labor - Necesidad
- Trabajo - Utilidad
- Acción – Iniciativa (Arendt, 2005)

La acción a diferencia de la fabricación nunca es posible en aislamiento; estar aislado es lo mismo que carecer de las capacidades de actuar. La acción, al igual que el discurso necesita la presencia de otros individuos, tanto como la fabricación requiere la presencia de la naturaleza para su material y de un mundo en el que colocar el producto acabado.

Sin embargo, hay otras acepciones de trabajo relacionadas con la labor, por ejemplo: Se define el trabajo como el modo en que el hombre asume la labor en el plano de la vida humana, que es el plano del conocimiento y de la libertad. El trabajo va dando forma a la labor que tiene que realizar el hombre para vivir una vida humana. Por eso, aunque el trabajo supone realizar labor, relacionarse con el resto de la naturaleza, lo propio es dar forma y sentido a la realización de esa labor (Martínez-Echavarría, 2003).

Otro aspecto, es su apertura a la dimensión histórica o temporal que como se mencionó está asociado con una de las acciones fundamentales de la actividad humana que es la acción. Mientras la labor, como el fuego es lo efímero, lo que se consume al mismo ritmo que se produce, lo esencial del trabajo es, que su propia naturaleza admite perfección y mejora. El trabajo se lleva adelante solucionando problemas; y su fin, es hacer posible que libremente

los hombres puedan llegar a ser mejores, sirviendo a los otros hombres (Martínez-Echavarría, 2003).

En la filosofía, Hègel (1770-1831), consideraba el trabajo como “la mediación entre el hombre y su mundo”; de hecho, a diferencia de los animales el hombre no consume inmediatamente el producto natural sino que elabora, en las maneras y para los fines más diversos la materia proporcionada por la naturaleza, dándole su valor y conformidad con el fin.

Solo en la satisfacción de las necesidades por medio del trabajo es el hombre verdadero hombre: porque se educa teóricamente, a través de los conocimientos que requiere el trabajo, y prácticamente; porque se habitúa a la ocupación, adecua la propia actividad a la naturaleza de la materia y adquiere actitudes universalmente válidas (Gonzales, s.f.).

A través del trabajo, el egoísmo subjetivo se convierte en satisfacción de las necesidades de todos los demás; de manera que, mientras cada uno adquiere, produce y goza para sí, precisamente por eso produce y adquiere para gozo de los demás (Gonzales, s.f.).

Marx acepta estos fundamentos hegelianos, pero insiste en el carácter natural o material de la relación que el trabajo establece entre el hombre y el mundo, contra el carácter espiritual que Hegel le había reconocido y que le permitía considerar como un momento o una manifestación de la conciencia. Los hombres comenzaron a distinguirse de los animales, según Marx, cuando comenzaron a producir sus medios de subsistencia, progreso que está condicionado por su organización física. Produciendo sus medios de subsistencia, los hombres producen indirectamente su misma vida material (Noguera, 2002).

El trabajo por tanto, no es solo el medio por el cual el hombre asegura su subsistencia: es la manifestación o producción de su vida, es un determinado modo de vida. La producción y el trabajo por ello no son una condena, son el hombre mismo, su modo específico de ser, y de hacerse hombre. El trabajo, hace del hombre un ente social porque lo pone en relación además de con la naturaleza, con los otros individuos: de esta manera las relaciones de trabajo y de producción constituyen una rama o la estructura de la historia (Noguera, 2002).

Finalmente, Marx (1867) caracterizó al trabajo como una actividad por la que el hombre transforma la realidad para satisfacer sus necesidades físicas y espirituales. Es, en primer término, un proceso entre la naturaleza y el hombre, proceso en que éste realiza, regula y controla, mediante su propia acción, su intercambio de materias con la naturaleza. En este proceso, el hombre se enfrenta como un poder natural con la materia de la naturaleza. A la par que actúa sobre la naturaleza exterior a él y la transforma, transforma su propia naturaleza, desarrollando las potencias que dormitan en él y sometiendo el juego de sus fuerzas a su propia disciplina.

En síntesis, el término trabajo es una construcción social e histórica y su naturaleza y concepción ha variado sensiblemente a lo largo del tiempo. El trabajo no tiene el mismo significado universal, su contenido varía dependiendo de la sociedad, el tiempo o la cultura (Alonso, 1999).

Una estimación importante que hay que destacar es que el trabajo tal y como se entiende en la actualidad no es un hecho natural, es una construcción social fruto de una evolución histórica y con importantes variables de tipo temporal y espacial. Sólo a partir del siglo XVIII la humanidad toma al trabajo como la clave de su organización, la base del orden social y factor primordial en la organización societaria como destaca Dominique Méda. La concepción actual del trabajo (empleo) tiene tan sólo dos siglos escasos de existencia (Méda, 1998), un lapso de tiempo bastante breve en la historia de la humanidad (Moreno, 2003).

4.1.2 *El trabajo en nuestro estudio*

Con base en las concepciones anteriores respecto al trabajo, podemos entender la importancia de estudiar el uso del conocimiento matemático en dicho escenario, ya que esta actividad nos caracteriza como humanos, en el sentido que nos permite desarrollar nuestras capacidades. Asimismo, es una actividad productiva, parte de nuestra condición humana; es un medio de producción que admite perfección y mejora. En algún sentido, el trabajo expresa el rol del humano en el conocimiento, podríamos decir: En la construcción social del conocimiento. Todo esto, con nuestro interés, conlleva una epistemología de usos.

Consideramos que el estudio del uso del conocimiento matemático en el escenario del trabajo nos permitirá identificar una matemática funcional, dado que ésta se entiende como aquel conocimiento matemático que deberá integrarse a la vida para transformarla, reconstruyendo significados permanentemente (Cordero y Suarez, 2008).

En la investigación, se hará un análisis del uso del conocimiento matemático de una comunidad de conocimiento de la ingeniería química durante el actuar de su práctica profesional, es decir; el trabajo. Cabe mencionar que existen diferentes dominios de conocimiento, pero en el presente estudio nos va a interesar el trabajo dentro del dominio no disciplinar; esto es, estudiaremos el trabajo de una comunidad de conocimiento, que no a priori se dedica a la construcción de conocimiento disciplinar, sino a responder a las necesidades de la sociedad. El uso del conocimiento en dicho escenario, nos permitirá ver la funcionalidad del conocimiento, en nuestro caso, del conocimiento matemático. Se verá la forma en la que vive tal conocimiento en un escenario del trabajo articulado al cotidiano de un profesional, donde suceden alternancias de situaciones para resignificar sus usos de conocimiento. En el que se espera que el conocimiento matemático ya esté integrado a su vida, de tal forma que transforme su realidad y por tanto su práctica.

Distinguimos el trabajo del ingeniero del trabajo del científico en cuanto a su práctica, ya que ésta no se encuentra enmarcada dentro de un marco disciplinar, pues su objetivo no es aportar al desarrollo de la disciplina, sino contribuir al desarrollo de la sociedad resolviendo o anticipándose a problemas que la atañen directamente; por lo que estamos dentro de otro tipo de producción de conocimiento, y por tanto nos interesa mirar cómo se construye conocimiento matemático dentro de una comunidad de conocimiento que no es una jerga disciplinar.

Sin duda no agotamos o no finiquitamos el cuestionamiento: ¿Cómo usan conocimiento matemático las personas dentro de una empresa? Pero sí tratamos de incentivar el cuestionamiento a través de un Ingeniero Químico Industrial dentro de un laboratorio de control de la Gerencia Regional de Transmisión Peninsular (GRTP), de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), al seno del modelo CCM(IQ).

4.2 COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO MATEMÁTICO DE INGENIEROS QUÍMICOS

Para entender mejor a nuestra comunidad de conocimiento matemático de ingenieros químicos, conviene conocer un poco la empresa en la que está enmarcada, por lo que en el siguiente apartado ahondaremos un poco acerca de la historia de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

4.2.1 Breve historia de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

En la página oficial de la Comisión Federal de Electricidad, bajo el título: “CFE y la electricidad en México” se describe la historia de la empresa desde sus inicios.

La generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país, fue en León, Guanajuato, en 1879. Era utilizada por la fábrica textil “La Americana”. Casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y, marginalmente, para la iluminación residencial y pública.

En 1889 operaba la primera planta hidroeléctrica en Batopilas (Chihuahua) y extendió sus redes de distribución hacia mercados urbanos y comerciales donde la población era de mayor capacidad económica. No obstante, durante el régimen de Porfirio Díaz se otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público.

Algunas compañías internacionales con gran capacidad vinieron a crear filiales, como The Mexican Light and Power Company, de origen canadiense, en el centro del país; el consorcio The American and Foreign Power Company, con tres sistemas interconectados en el norte de México, y la Compañía Eléctrica de Chapala, en el occidente.

A inicios del siglo XX México contaba con una capacidad de 31 MW, propiedad de empresas privadas. Para 1910 eran 50 MW, de los cuales 80% los generaba The Mexican Light and Power Company, con el primer gran proyecto hidroeléctrico: la planta Necaxa, en Puebla. Las tres compañías eléctricas tenían las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones.

En ese período se dio el primer esfuerzo para ordenar la industria eléctrica con la creación de la Comisión Nacional para el Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza, conocida posteriormente como Comisión Nacional de Fuerza Motriz.

Fue el 2 de diciembre de 1933 cuando se decretó que la generación y distribución de electricidad son actividades de utilidad pública. En 1937 las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas, debido a que esas empresas se enfocaban a los mercados urbanos más redituables, sin contemplar a las poblaciones rurales, donde habitaba más del 62% de la población. La capacidad instalada de generación eléctrica en el país era de 629 MW.

Para dar respuesta a esa situación que no permitía el desarrollo del país, el gobierno federal creó, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que tendría por objeto organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales. (Ley promulgada en la Ciudad de Mérida, Yucatán el 14 de agosto de 1937 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 1937).

La CFE comenzó a construir plantas generadoras y ampliar las redes de transmisión y distribución, beneficiando a más mexicanos al posibilitar el bombeo de agua de riego y la molienda, así como mayor alumbrado público y electrificación de comunidades.

En 1938 CFE tenía apenas una capacidad de 64 kW, misma que, en ocho años, aumentó hasta alcanzar 45,594 kW. Entonces, las compañías privadas dejaron de invertir y CFE se vio obligada a generar energía para que éstas la distribuyeran en sus redes, mediante la reventa. Hacia 1960 la CFE aportaba ya el 54% de los 2,308 MW de capacidad instalada; la empresa Mexican Light el 25%, la American and Foreign el 12%, y el resto de las compañías 9%. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de generación y electrificación, para esas fechas apenas 44% de la población contaba con electricidad. Por eso el presidente Adolfo López Mateos decidió nacionalizar la industria eléctrica, el 27 de septiembre de 1960.

A partir de entonces se comenzó a integrar el Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. El Estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas, las cuales operaban con serias deficiencias por la falta de inversión y problemas laborales.

Para 1961 la capacidad total instalada en el país ascendía a 3,250 MW. CFE vendía 25% de la energía que producía y su participación en la propiedad de centrales generadoras de electricidad pasó de cero a 54%.

Cabe mencionar que en los inicios de la industria eléctrica mexicana operaban varios sistemas aislados, con características técnicas diferentes, llegando a coexistir casi 30 voltajes de distribución, siete de alta tensión para líneas de transmisión y dos frecuencias eléctricas de 50 y 60 Hertz. Esta situación dificultaba el suministro de electricidad, por lo que CFE definió y unificó los criterios técnicos y económicos del Sistema Eléctrico Nacional, normalizando los voltajes de operación, con la finalidad de estandarizar los equipos, reducir sus costos y los tiempos de fabricación, almacenaje e inventariado. Posteriormente se unificaron las frecuencias a 60 Hertz y CFE integró los sistemas de transmisión en el Sistema Interconectado Nacional.

A inicios del año 2000 se tenía ya una capacidad instalada de generación de 35,385 MW, cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, una red de transmisión y distribución de 614,653 kms, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año.

A partir de octubre de 2009, la CFE es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país.

El servicio al cliente es prioridad para la empresa, por lo que se utiliza la tecnología para ser más eficiente, y se continúa la expansión del servicio, aprovechando las mejores tecnologías para brindar el servicio, aún en zonas remotas y comunidades dispersas.

CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo, y aún mantiene integrados todos los procesos del servicio eléctrico.

Su misión es prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente.

Así, pretende ser una empresa de energía, de las mejores en el sector eléctrico a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera e ingresos adicionales por servicios relacionados con su capital intelectual e infraestructura física y comercial. Una empresa reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia, calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable.

4.2.2 Características de la comunidad de conocimiento específica

Con base en el apartado anterior, conviene ahora describir a la comunidad de conocimiento que estudiaremos; la cual, está conformada por dos ingenieros químicos que trabajan en la Gerencia Regional de Transmisión Peninsular (GRTP) de la Comisión Federal de Electricidad, en donde realizan análisis químicos a transformadores eléctricos.

Los ingenieros son, el Ingeniero Químico Industrial Augusto Zapata, que tiene 37 años de edad, es Ingeniero Químico Industrial a nivel maestría, se graduó del Instituto Tecnológico de Mérida como Ingeniero Químico Industrial en el año 2003, y como Maestro en Ingeniería Química Industrial por el Instituto de Investigaciones Eléctricas de Cuernavaca en 2011. Lleva trabajando 10 años en CFE, mismos que tiene de egresado, por lo que éste es su primer trabajo como profesional. Dicho trabajo, es continuación de sus prácticas profesionales realizadas en la misma institución; las cuales, tenían como objetivo la creación de un laboratorio químico en la GRTP, del que es el actual jefe. El Ingeniero Químico Industrial Jorge Trejo, tiene el puesto de profesionista químico, tiene 29 años de edad, es egresado del Instituto Tecnológico de Mérida desde 2007 y lleva un año trabajando en el laboratorio químico; este puesto es su primer trabajo formal como IQI.

Para entender el trabajo que realiza nuestra comunidad, es importante mencionar que la energía eléctrica dentro de la Comisión Federal de Electricidad pasa por tres procesos: Generación, Transmisión y Distribución, organizados en nueve gerencias que los coordinan

en todo el país; de las cuales, cuatro cuentan con un laboratorio químico. Tal es el caso de la Gerencia Regional de Transmisión Peninsular de Mérida, Yucatán en la que desarrollaremos nuestro estudio.

El primero de los procesos genera la electricidad, éstos la producen por medio de hidroeléctricas, combustible, plantas eólicas, etc. y esa electricidad la pasan al segundo proceso; el proceso de transmisión, que es el encargado de transformar la energía de altos voltajes a más bajos; por ejemplo, el proceso de transmisión puede recibir energía a 230 mil voltios y, por medio de equipos llamados transformadores, reducen la energía a 115 voltios. Después de esto, se pasa la energía al proceso de distribución; el cual, en las subestaciones disminuye nuevamente el voltaje para distribuirlo en las diferentes ciudades. En este sentido, la función de los transformadores es transformar la energía de un voltaje a otro, por lo que si un equipo se daña, se corta el suministro de energía y puede producir graves daños como que se apague, incluso, una ciudad. Por tal motivo, el análisis y mantenimiento de los transformadores es de suma importancia.

El laboratorio químico en el que se encuentra nuestra comunidad, es el encargado del análisis y diagnóstico del estado de los transformadores eléctricos ubicados en la península de Yucatán. Por lo que son los responsables de evitar que se produzcan fallas graves en los equipos a través de su detección temprana, evitando que se dañe algún equipo, que dañe a alguien y que se deje sin energía a la población.

El trabajo de los ingenieros dentro del laboratorio químico, en especial el del Ing. Augusto, consiste principalmente en el diagnóstico del estado de los transformadores eléctricos, a través de los resultados de tres diferentes tipos de análisis. Mientras que el trabajo del Ing. Jorge, consiste en la realización exclusiva de dichos análisis, de manera más técnica. Debido a la importancia del trabajo que realizan, es necesario que las personas encargadas de esta función sean ingenieros químicos, ya que deben tener conocimiento de las reacciones y procesos químicos; pues éste es fundamental para determinar el estado y el comportamiento de los gases que se encuentran disueltos dentro del aceite de un transformador eléctrico. Sin embargo, este trabajo no es el único que puede realizar un

ingeniero químico industrial, ya que puede trabajar en cualquier tipo de industria. Pese a ello, por motivos personales ambos ingenieros se encuentran laborando en la CFE.

Los conocimientos de la ingeniería química que emplean en su trabajo y que se encuentran en el currículo escolar son: química orgánica e inorgánica, reacciones químicas, procesos unitarios y mecánica de fluidos. En general trabajan con todas las áreas de la química. Además, no existe un modelo base para el análisis que se realiza, aunque en algunas ocasiones cuando existe cierto índice de falla se apoyan en diferentes métodos de detección de fallas como son: el código de Roger, el triángulo de Duval, el Diagrama de Dörnenburg y el Nomograma para su diagnóstico, ya que éstos se proponen en la literatura para determinar el tipo de problema que presenta un transformador. En este sentido, tales métodos de análisis son empleados como herramienta principal en otros laboratorios; sin embargo, en el caso del laboratorio de la GRTP, el Ing. Augusto, con base en su experiencia, ha diseñado su propio método de análisis basado en la lectura e interpretación de modelos gráficos de comportamiento de los gases, en el que se analizan las tendencias. Más adelante se ahondará respecto a los métodos de análisis.

Además del análisis y diagnóstico de gases disueltos en el aceite de los transformadores que realizan los ingenieros, el ingeniero Augusto tiene entre sus funciones el impartir un curso institucional para la empresa CFE a nivel nacional, al que asisten, además de empleados de la institución, personas ajenas a la misma. El curso es muy básico y tiene como objetivo capacitar a las personas que se pretenden introducir en el área química, o que ya estén involucradas pero que no tengan el conocimiento básico. Por ejemplo, va dirigido a las personas encargadas de tomar las muestras de aceite de los transformadores que se analizan en el laboratorio. Este curso es a nivel técnico.

Asimismo, participa en un comité de ingenieros químicos a nivel nacional que se reúne dos veces al año, cada seis meses, el cual se encargan de modificar el curso institucional con base en las necesidades y acontecimientos ocurridos a lo largo de cada periodo; se hacen intercambios de experiencias. Dicho comité no es exclusivo del personal de la Comisión Federal de Electricidad, sino que también son miembros ingenieros que pertenecen a otras instituciones. El Ing. Augusto Zapata, es el presidente de ese comité a nivel nacional, y es a

través del mismo que se ven las necesidades de la creación de nuevos laboratorios químicos. Por ejemplo, actualmente están trabajando en la creación de tres nuevos laboratorios, en Baja California, Chiapas y Veracruz, y muchas de las especificaciones y consideraciones para la formación de los laboratorios, se basan en el de la GRTP, sede Mérida. Siendo el Ing. Augusto el responsable de apoyarlos e impulsarlos.

Dentro de la CFE, su trabajo se realiza normalmente, 40% en el laboratorio y 60% en la oficina, ya que propiamente el diagnóstico se realiza en la oficina. Además, al ser jefe de departamento también tiene procesos administrativos que debe realizar. Su trabajo consiste principalmente en la evaluación, análisis y diagnóstico; en hacer pruebas, diagnosticar y realizar procesos administrativos.

Por otro lado, el ingeniero Jorge Trejo realiza su trabajo 80% en el laboratorio y 20% en la oficina. Siendo él, el principal encargado del análisis de la muestra, desde recibirla, hacer el análisis y llenar formularios. El trabajo de ambos ingenieros ordinariamente es de 8 a 8. Sin embargo, debido a la importancia de su que hacer, cuando hay indicios de falla en un transformador y se requiere de un diagnóstico urgente o el equipo se encuentra en un monitoreo frecuente, los análisis se pueden realizar fuera de su horario de trabajo.

Una vez que han finalizado el análisis y diagnóstico de la muestra de aceite, el proceso de análisis es evaluado y discutido con el Ingeniero Eléctrico Alexander Maldonado, que es jefe directo del Ing. Augusto. Dicho ingeniero es Jefe del Departamento de Subestaciones, con él se discute el diagnóstico y los resultados ya que se detectó algún índice de falla, para poder plantear una posible solución; por tanto, solo hay interacción cuando existen ciertos indicios de algún problema.

Por otro lado, como se ha mencionado, el principal trabajo de nuestra comunidad de conocimiento es el análisis y diagnóstico de los gases disueltos en el aceite del transformador con el fin de determinar cuan desgastado se encuentra el transformador, para predecir e identificar posibles indicios de fallas y con base en ello desarrollar estrategias para prevenirlas.

Según el Ing. Augusto, el análisis que se realiza es de fluidos, aislantes. Sin embargo, no se analiza cómo es el fluido; se realiza una prueba de viscosidad que analiza cierta fluidez, dado que una de las funciones del aceite es enfriar, es un refrigerante, absorbe el calor y lo disipa. Pero para poder tener esa cualidad tiene que tener cierta fluidez dentro del transformador. La parte superior es más fría que la inferior por lo que el aceite siempre está girando, lo que hace que se disipe el calor. Para que se de este fenómeno tiene que tener cierta viscosidad, y eso es lo que mide el laboratorio, que no haya cambio en la viscosidad para que tenga un movimiento continuo, pero no es lo importante, solo es una prueba entre las que se mide la calidad del aceite, que tan bueno está. Para saber si todavía tiene sus propiedades físico-químicas y con ello determinar cuándo cambiarlo. Lo verdaderamente importante dentro del laboratorio, es que los transformadores no fallen, para ello se realiza el análisis y diagnóstico del estado del transformador.

Conviene ahora ahondar un poco acerca de los transformadores eléctricos, ya que son el elemento principal del trabajo en el laboratorio, en la figura 4.2.2. se muestra una imagen de un transformador eléctrico dentro de una subestación.



Figura 4.2.2. Transformador eléctrico

Los transformadores tienen un tiempo de operación aproximada de 30 años; sin embargo, el mantenimiento y la vida que se les ha dado influyen en el tiempo real que pueden operar. Por ejemplo, hay transformadores de 40 años que siguen funcionando, lo importante es monitorearlo para determinar cuánto tiempo de servicio les queda, esto a través del diagnóstico y la anticipación de posibles fallas. En este sentido, se puede hacer un símil con

los seres humanos, hay cierto número de años de esperanza de vida y las enfermedades están presentes, pero depende del tipo de vida que uno haya llevado y los cuidados que se hayan tenido para determinar el tiempo de vida que le puede quedar a una persona. Esto es lo que sucede con los transformadores, y el trabajo del laboratorio consiste en monitorearlos para prevenir posibles fallas.

Por otro lado, las condiciones ambientales influyen en el deterioro de los transformadores, ya que el calor produce un mayor desgaste en los equipos. Asimismo, la humedad y la altitud también repercuten en su deterioro. En este sentido, estos factores ambientales intervienen en el análisis que se realiza en el laboratorio, ya que son aspectos naturales que se deben considerar en la variación de las concentraciones de los gases y en el desgaste del equipo. Por tanto, es muy importante tener en consideración la cuestión ambiental como elemento de variación.

El análisis por transformador, desde la toma de la muestra de aceite, se realiza ordinariamente cada seis meses, sin embargo, cuando existen indicios de falla se pueden realizar cada 3 meses, cada mes, diario, cada hora; depende de que tan grande sea la variación y por tanto, que tan grave se encuentre el estado del transformador.

Dicho proceso de análisis en laboratorio tarda aproximadamente 30 minutos para el análisis. Posteriormente, dos horas más para la interpretación y diagnóstico de las gráficas arrojadas en el mismo. Finalmente, se elaboran y entregan reportes.

Las muestras de aceite de los transformadores son entregadas a los ingenieros cada mes, a inicios del mes. Y con ellas se realizan tres diferentes tipos de análisis: Contenido de Gases, Azufre Corrosivo y Físico-Químico, los cuales se desarrollan en diferentes periodos del año. El primer semestre, se realizan los análisis Contenido de gases y Azufre corrosivo; y en el segundo el de Contenido de gases y el Físico-químico. Cada uno de ellos con diferentes finalidades. Siendo el análisis de Contenido de gases el principal, ya que sirve para determinar el desgaste que tiene el transformador, es decir, si funciona de manera regular o presenta algún índice de falla, por lo que es importante que éste se realice en un periodo no mayor de seis meses. Los otros dos análisis, sirven para ver la calidad del aceite que se encuentra dentro del transformador, y con base en ello, determinar si es necesario un

cambio de aceite. La prueba de Azufre Corrosivo se emplea para determinar si el aceite está contaminado por otro tipo de materiales. Finalmente, el análisis Físico-Químico permite analizar la calidad del aceite del transformador, su densidad, potencia, rigidez. Sin embargo, el análisis del diagnóstico en el que se enfoca el presente estudio está basado únicamente en el de Contenido de Gases.

El objetivo del trabajo de los ingenieros es que no haya fallas. Si hubiera, quiere decir que no se dieron cuenta y por tanto, falló. Cuando hay indicios de fallas se debe dar mantenimiento y dependiendo del estado, cambiar la unidad. En promedio, se presentan al año entre 3 o 4 indicios de fallas; lo cual es mínimo ya que se monitorean alrededor de 500 transformadores.

4.3 UNA EPISTEMOLOGÍA DE LA SIMULTANEIDAD Y LA ESTABILIDAD EN NUESTRA COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO

Como se ha mencionado, queremos identificar el uso del conocimiento matemático de una CCM(IQ) en una situación específica. Para tal fin, necesitamos cuestionar al modelo de comunidad de conocimiento (Fig. 3.2., Capítulo III, apartado 3.2, pag.48). Esto es, identificar cada uno de los elementos que lo componen, teniendo como base al conocimiento y a la comunidad con la que trabajaremos.

Cabe recordar, que el modelo nos ayuda a caracterizar lo propio de la comunidad, así como el uso del conocimiento a través de sus funcionamientos y formas.

Así, describiremos cada uno de los componentes de nuestro modelo, partiendo de los ejes que lo rigen, la identidad con sus momentos y la institucionalización.

Empecemos preguntando, ¿Qué es lo propio de nuestra comunidad de conocimiento?

Nuestra comunidad se compone de ingenieros químicos que trabajan en un laboratorio químico de control dentro de la CFE región peninsular. Su principal ocupación, es el análisis de los gases disueltos en el aceite que se encuentra dentro de los transformadores eléctricos, con el cual, se pretende predecir (anticipar) las posibles fallas de dichos equipos antes de que estas ocurran, de manera que se les dé el mantenimiento adecuado. Para ello,

emplean gráficas y tablas que describen el comportamiento de los gases producidos por el aceite del transformador.

Esta comunidad surge de la necesidad de anticiparse a las posibles fallas de los transformadores, dándoles mantenimiento más seguido o sustituyendo las unidades según indique el diagnóstico de la unidad basado en el análisis de gases disueltos en el aceite; de manera que se asegure el servicio de energía eléctrica en la sociedad; específicamente en la región peninsular. Ante esto, la comunidad promovió la creación de un laboratorio químico en la CFE Mérida, de manera que diagnostica todos los transformadores de la península de Yucatán.

En este momento, es importante describir los orígenes del laboratorio.

Como se mencionó anteriormente, el Ing. Augusto lleva trabajando 10 años en la CFE, durante los cuales se ha encargado de la creación y conformación del laboratorio químico. En este proceso se ha enfrentado a diversos problemas. El primero se presentó cuando ingresó a la empresa, ya que no había ingenieros químicos; en el caso de los laboratorios nuevos, ya cuentan con el apoyo de otros ingenieros, pero en realidad el área química de la CFE es relativamente nueva, son solo 4 laboratorios y se está trabajando para la creación de 3 más. En este sentido, el principal problema que tuvo el ingeniero para concretar la creación del laboratorio fue que no había nadie especialista en análisis de transformadores, ni en pruebas; entonces se tuvo que volver autodidacta, empleó libros en investigación para poder crear el laboratorio e investigó qué tipo de laboratorio les podía servir para realizar lo que CFE requería en esa zona. Eso fue el trabajo de sus primeros 2 años y posteriormente, ya con el laboratorio, el problema se centró en los diagnósticos, dado que no había con quién discutir los resultados pues en toda la península no había ningún Ingeniero químico. Entonces el Ing. Augusto tuvo que visitar los laboratorios que existían, realizar investigación y apoyarse en los proveedores, en la gente que vende la tecnología.

En esta situación, durante los primeros años del laboratorio, el diagnóstico de los gases disueltos en el aceite se basaban totalmente en la literatura; sin embargo, el Ing. Augusto se dio cuenta de que estos métodos no eran del todo certeros, ya que en diferentes ocasiones al hacer el análisis de los gases y diagnosticar por medio de los métodos, estos indicaban un

problema en el transformador y, al sacarlo de servicio y entrar a revisar, se daban cuenta que en realidad no existía ningún problema.

Con el paso del tiempo, el Ing. Augusto comenzó a tener una base de datos de las diferentes concentraciones de gases reportadas por transformador, las cuales eran graficadas con el propósito de tener un control estadístico. Sin embargo, al contar con varios años de elaborar gráficas, se empezó a identificar que existía una relación entre los comportamientos gráficos y las posibles fallas en el transformador. Con base en ello, se decidió modificar el método de diagnóstico, centrándolo en las graficas de comportamiento de la concentración de los gases. En el siguiente capítulo ahondaremos acerca de los métodos de análisis reportados en la literatura y el método gráfico que emplea nuestra comunidad.

En este sentido, el ingeniero, jefe del departamento, diseñó un nuevo método de análisis, el análisis gráfico, para determinar el desgaste de los transformadores con el fin de agilizar y hacer más práctico y eficiente el diagnóstico, de manera que se identifiquen los índices de fallas. Por tal motivo, dicho método tuvo que pasar por los tres momentos de identidad. Primero, que el mismo ingeniero se apropiara e hiciera legítimo el método, es decir, que a través de llevar un control estadístico de los datos identificara la relación entre gráfica y falla. Posteriormente, con el análisis de diversas muestras, fue identificando que el método permite diagnosticar a los transformadores de una manera efectiva, eficiente y rápida, de manera que se presentan los resultados que se necesitan en el laboratorio, con lo que el método se va legitimando y al mismo tiempo resistiendo a las distintas situaciones a las que debe responder. Además, el ingeniero presenta a su jefe y a la comisión de ingenieros químicos los resultados obtenidos mediante el diagnóstico con el método gráfico. Finalmente, nuestra comunidad tiene en mente el proyecto de hacer que este método de análisis gráfico se emplee en todos los laboratorios químicos a nivel nacional, ya que éste permite un mejor diagnóstico del estado del transformador. Con base en ello, se construye una idea de la *identidad* de nuestra comunidad.

La *institucionalización* se puede ver, por un lado, en la práctica de los ingenieros, ya que emplean conocimientos de la química que ya han sido institucionalizados, como son:

química orgánica e inorgánica, reacciones químicas, procesos unitarios, mecánica de fluidos. En general todas las áreas de la química.

Por otro lado, se puede mirar también en la forma en que realizan el diagnóstico, ya que estos se vuelven parte de su cultura y tradición, por lo que pasan a ser un continuo del conocimiento, es decir, un conocimiento permanente.

En particular no existe un método base de análisis para el diagnóstico que se realiza, aunque en algunos otros laboratorios, normalmente, se sigue el código de Roger, el triángulo de Duval, que pueden determinar el estado del transformador, en el caso del laboratorio de Mérida, el ingeniero, por su experiencia, ha diseñado su propio método de análisis, el cual se basa en la lectura e interpretación de gráficas de comportamiento de los gases disueltos, en el que se analizan las tendencias (Simultaneidad de la derivada) y al mismo tiempo se cuida la Estabilidad. Dicho método de análisis ha iniciado un proceso de institucionalización ya que lo ha presentado en diversos foros y algunos laboratorios de la CFE lo están implementando.

Por tanto, podríamos pensar en el inicio del continuo de la simultaneidad de la derivada y de la estabilidad en la mecánica de fluidos, en particular, en las reacciones químicas de algunos gases.

Considerando lo anterior, en la figura 4.3.1. se muestran los ejes del modelo de comunidad de conocimiento visto desde la CCM(IQ) :

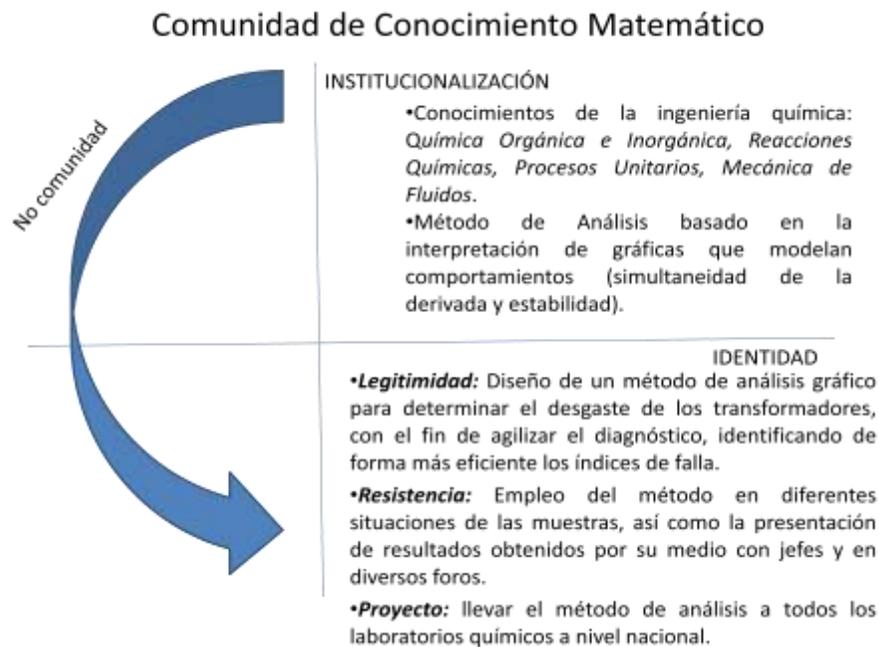


Figura 4.3.1. Ejes del modelo de CCM vistos desde nuestra comunidad

Con base en ambos ejes podemos pensar que hay situaciones de variación y de comportamientos gráficos, que pueden componer argumentaciones de la comunidad para que realicen el diagnóstico de los transformadores de una manera eficiente, anticipándose a las posibles fallas, procurando el suministro de energía eléctrica.

En el siguiente capítulo se ahondará en el método de análisis y se explicitará el papel de dichos conocimientos matemáticos en el diagnóstico.

Consideremos ahora los tres elementos principales de la comunidad de conocimiento: Reciprocidad, Intimidad y Localidad, a través de los cuales se identifica el uso de la simultaneidad de la derivada y de la estabilidad en nuestra comunidad de conocimiento de la ingeniería química.

El elemento de *reciprocidad*, lo podemos identificar en la forma en la que se organiza la comunidad, es decir; ésta se compone de dos ingenieros químicos, el jefe del laboratorio, Ing. Augusto y el ingeniero profesional, Ing. Jorge; ambos con una función específica en el análisis. El Ing. Jorge se encarga de hacer propiamente el análisis, desde recibir la muestra. El Ing. Augusto, es el encargado de hacer los diagnósticos, es decir, interpretar las gráficas

de las variaciones de los gases, en las que se hace presente la simultaneidad de la derivada y al mismo tiempo se estudia la estabilidad en el comportamiento. Además, ambos ingenieros tienen relación con el Ing. Maldonado, quien es el encargado de las subestaciones y por tanto, es el principal encargado de los transformadores y de las decisiones que al respecto se tomen, por lo que tiene que estar informado de cualquier índice de falla que se detecte. Los tres ingenieros están en interacción siempre que hay indicios de un posible problema, de no ser así la interacción solo se da entre los dos primeros ingenieros en la realización del análisis y diagnóstico. En este sentido, podemos identificar el papel primordial que tiene el conocimiento en la interacción de la comunidad, ya que si se identifica la existencia de alguna anomalía en los modelos gráficos, entonces la comunidad se tiene que reunir para discutir al respecto.

Asimismo, nuestra comunidad interactúa con otras comunidades de conocimiento. Por ejemplo, el Ing. Augusto participa en el Comité de Aceites y Gases Aislantes, a través del cual empezó a tener interacción con los químicos cuando ingresó a la empresa. Actualmente, dicho comité se reúne dos veces al año para discutir los problemas que han tenido, el curso institucional que imparten, entre otras cosas. Al mismo tiempo, cuando se detecta en el laboratorio que existe algún índice de falla en un transformador, se conjunta la información con otro tipo de pruebas que hayan realizado las personas encargadas de los transformadores (Subestaciones) para llevar a cabo el diagnóstico. Entonces, cuando se va a entrar a revisar el transformador, se reúnen los del laboratorio, con el especialista del área eléctrica que conoce más de la parte eléctrica del transformador, personal de otra zona, algún subgerente; es una reunión de 4 o 5 personas, donde se analiza qué está sucediendo, qué pudiera ser. Porque todas ellas participan en la revisión y ahí se hace un consenso. Por lo que la revisión es tanto local como *multidisciplinaria* con el departamento de control, el departamento de protección, de subestaciones y el departamento químico, todos en conjunto para determinar lo que ocurrió en la falla. En este sentido, podemos pensar nuestro esquema del cotidiano como una interacción de comunidades de conocimiento (Fig. 3.3., Capítulo III, apartado 3.2, pág. 50) en el caso específico de nuestra comunidad (Figura 4.3.3.).



Figura 4.3.3. Nuestra CCM en interacción con otras CCM

Sin embargo, el interés de nuestro trabajo no está en describir a las otras comunidades de conocimiento con las que nuestra comunidad de conocimiento del laboratorio químico de la GRTP tiene interacción, sino en identificar lo propio de nuestra comunidad.

En este sentido, se puede mencionar que la comunidad de conocimiento tiene relación con otras comunidades, pero ésta se da porque existe un compromiso mutuo entre el conocimiento, el método de análisis y los ingenieros, que radica en la anticipación de las posibles fallas del transformador de manera que se conserve el servicio de energía a nivel peninsular.

La *intimidad* hace referencia a la forma en que una comunidad usa el conocimiento, que no se parece a lo público, por ejemplo, qué conocimiento que no se encuentra en los libros de texto emplea, conocimiento que les es propio. En particular, y como se ha mencionado, el ingeniero a cargo del laboratorio diseñó un método de diagnóstico basado en su experiencia. Dicho método no se encuentra en los libros de texto, por lo que en su forma de realizar el análisis, a través de la lectura e interpretación de gráficas cuyo foco es la estabilidad y la simultaneidad, podemos identificar su intimidad.

Además, la comunidad de conocimiento que estudiamos pretende hacer los análisis de manera más rápida y eficiente, exigencia que no es propia de la empresa sino de ellos como comunidad. Su meta es entregar resultados a los 5 días hábiles de que entregan las muestras de manera ordinaria; cuando es urgente, se entrega el mismo día, a la hora que sea.

La *localidad* se refiere más a la esencia de su trabajo, es decir, cómo es. En nuestro caso, estamos estudiando a una comunidad de dos ingenieros químicos que trabajan en un laboratorio en el que analizan el comportamiento de los gases disueltos en el aceite del transformador. De manera que puedan anticipar posibles fallas y con ello procurar el suministro de energía eléctrica. Dicho análisis se realiza cada seis meses a cada uno de los transformadores y se cuenta con una población de 500 equipos a nivel peninsular. Tales muestras les son enviadas a principios de mes para su diagnóstico el cual tarda aproximadamente 4 horas desde que se recibe la muestra hasta que se realiza el informe.

En la figura 4.3.4., se reflejan los elementos principales de nuestro modelo de comunidad vistos desde la CCM(IQ):

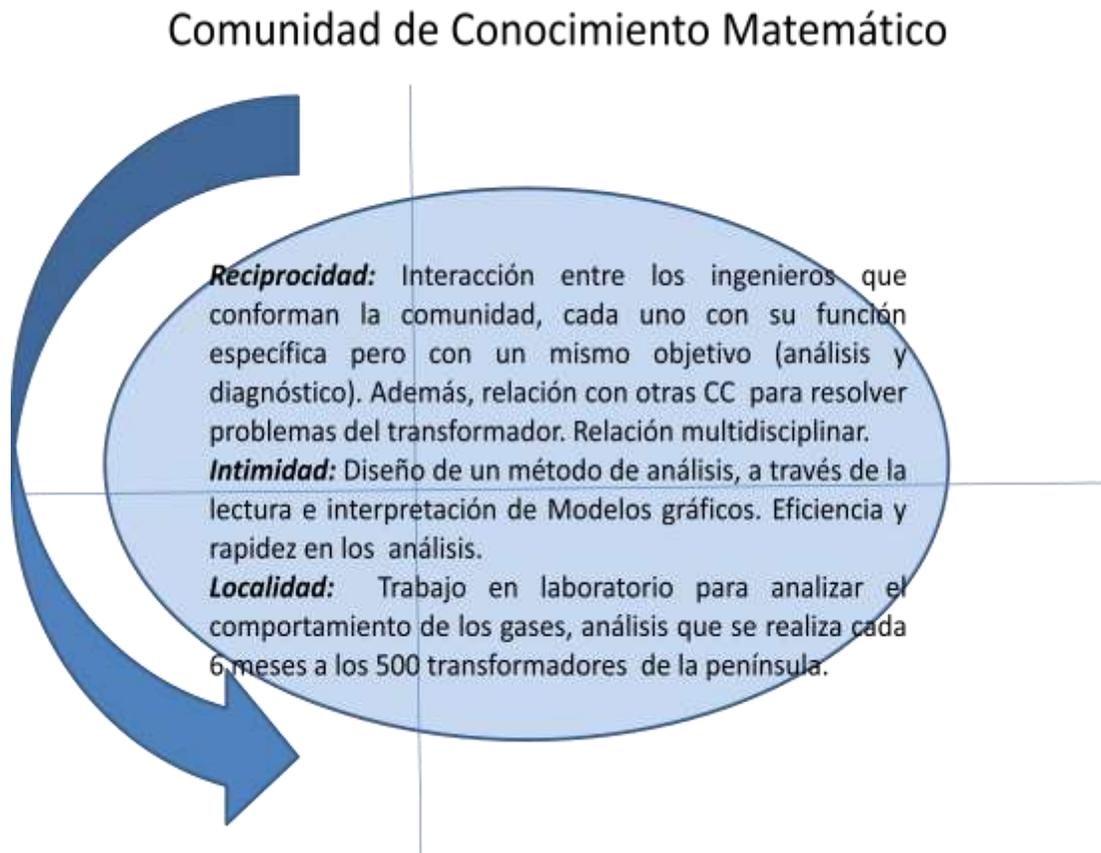


Figura 4.3.4. Elementos principales del modelo de CCM vistos desde nuestra comunidad

Con base en las figuras 4.3.2. y 4.3.4., y en lo que hasta ahora se ha discutido, se tiene la figura 4.3.5. en la que se muestra un modelo de nuestra comunidad de conocimiento matemático de la Ingeniería química:



Figura 4.3.5. Modelo de Comunidad de Conocimiento Matemático de la Ingeniería Química

Este modelo nos deja ver que el centro de nuestro análisis se encuentra en el método gráfico que emplea nuestra comunidad de conocimiento para determinar las posibles fallas en el transformador, en donde hasta ahora, consideramos que en el fondo se encuentra una situación de estabilidad, la cual, se pierde al presentarse una situación de variación donde podemos encontrar a la simultaneidad de la derivada como un argumento para la predicción de las posibles fallas en el transformador. En este sentido, consideramos a la estabilidad y a la simultaneidad como elementos fundamentales para el análisis de los gases disueltos en el aceite de los transformadores, mediante la lectura e interpretación de modelos gráficos. En el siguiente capítulo ahondaremos sobre tales elementos y evidenciaremos cuál es su uso en la ingeniería química.

Para poder dar cuenta del uso de la simultaneidad y de la estabilidad en la comunidad de conocimiento de la ingeniería se realizaron tres entrevistas y se observó durante una semana el trabajo de la CCM de la Ingeniería Química, tomando video grabaciones, grabaciones de audio y notas de campo.

CAPÍTULO V:

*Análisis de los usos del
conocimiento matemático y la
situación específica*



CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS USOS DEL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO Y LA SITUACIÓN ESPECÍFICA

5.1 HACIA UNA MATEMÁTICA FUNCIONAL: FUNCIONAMIENTOS Y FORMAS DEL CONOCIMIENTO

En este capítulo reflexionamos acerca de la información obtenida por medio de las entrevistas y la observación realizada con nuestra comunidad de conocimiento.

Se realizaron tres entrevistas al Ing. Augusto, jefe del laboratorio químico. Así como la observación del trabajo cotidiano de los dos ingenieros químicos que conforman nuestra comunidad. La observación se llevó a cabo en el laboratorio y en la oficina de Augusto, se tomaron fotos, video, grabaciones de audio y notas de campo.

Describiremos el laboratorio y los diferentes análisis que en él se realizan ya que como se mencionó en el capítulo anterior, en el laboratorio químico se realizan tres diferentes tipos de análisis a las muestras de aceite del transformador, cada uno con diferente propósito, por lo que el equipo que se emplea también es distinto. Todo esto para que demos cuenta del uso del conocimiento matemático que se emplea en esa comunidad de conocimiento matemático de ingenieros químicos.

5.1.1 *El laboratorio*

El laboratorio se ubica dentro de la Gerencia Regional de Transmisión Peninsular (GRTP), ubicada en la ciudad de Mérida, Yucatán. Este laboratorio es un espacio amplio que cuenta con mesetas alrededor de todo el cuarto y una mesa amplia al centro del mismo. Tiene equipo de cómputo que consta de dos computadoras, una impresora y bocinas. También, tiene el equipo propio para el análisis del aceite del transformador, que es lo que propiamente se analiza en un laboratorio químico de la CFE. Además, cuenta con una regadera para evitar cualquier tipo de accidente. Asimismo, el laboratorio posee matraces, termómetros, un horno para calentar las muestras, entre otros instrumentos propios de los análisis químicos.

En la figura 5.1.1. se muestran fotografías del laboratorio químico de la CFE.



Figura 5.1.1. Laboratorio químico de la GRTP de la CFE

5.1.2 Descripción de los análisis

En el laboratorio se realizan tres tipos de análisis denominados, Contenido de Gases, Azufre Corrosivo y Físico-Químico. En esta sección describiremos el de Contenido de gases, ya que éste es el que consideramos para la presente investigación.

- Contenido de gases

Este tipo de análisis, es el más importante que se realiza en el laboratorio. Tiene como propósito determinar el desgaste del transformador a través de la identificación de los niveles de concentración de los diferentes gases disueltos en el aceite.

Los gases disueltos en el aceite y que son considerados para el análisis son: Agua (H_2O), Acetileno (C_2H_2), Etano (C_2H_6), Etileno (C_2H_4), Hidrógeno (H_2), Metano (CH_4), 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 pueden ocurrir dentro de un transformador, los cuales, se pueden prevenir si se identifican los índices de fallas antes de que éstas ocurran. Esta detección se realiza por medio del análisis de contenido de gases, que se basa en identificar el cambio de tendencia en los niveles de concentración de cada gas. Los diferentes resultados que puede arrojar este análisis son:

Deterioro normal, Descargas, Sobrecalentamiento y Arqueo; los tres últimos indican una falla en el transformador a diferente nivel de gravedad.

Cabe mencionar, que dentro de los gases que se consideran en el análisis, existen algunos denominados gases clave o gases de falla; los cuales, al incrementarse, indican un problema específico que se puede estar presentando en el transformador. En la tabla 5.1.2. se muestran cada uno de los gases clave, relacionados con el tipo de falla que permiten detectar.

<i>GAS</i>	<i>TIPO DE FALLA</i>
Hidrógeno (H_2)	Descargas parciales
Etileno (C_2H_4)	Puntos calientes
Acetileno (C_2H_2)	Arco

Tabla 5.1.2. Gases Clave o Gases de Falla

Estos tipos de fallas están en orden ascendente de gravedad. Por lo que, de acuerdo a que tan grave sea el problema, es el tipo de gas que se incrementa. Sin embargo, el H_2 se presenta en todas las fallas, por lo que un incremento en este gas indica que está ocurriendo algo anormal en el transformador.

En este sentido, un transformador que no presente problemas, no debe presentar niveles elevados de estos tres gases claves en el análisis; es posible que se formen, pero su concentración debe ser *estable*. Los otros cinco gases presentan un incremento normal debido al desgaste natural del transformador, sin embargo, para considerarlo normal dicho incremento debe ser similar en cada uno de los gases.

Por otro lado, el monóxido y bióxido de carbono son gases importantes para el análisis, pues el comportamiento entre ellos es indicador de una falla específica; esto debido a que su comportamiento regular es proporcional, pues entre ellos debe haber una diferencia del 10%, por lo que ambos gases deben presentar un comportamiento paralelo. Cuando la proporción se rompe, es indicador de que hay una pirolisis de papel, es decir, que el papel dentro del transformador se está quemando, y por tanto, hay que darle mantenimiento.

El análisis de contenido de gases se realiza en una maquina llamada Kelman; la cual, mediante el movimiento de un imán dentro de la muestra de aceite que se deposita en un frasco de cristal (Figura 5.1.2.1.), va produciendo la aparición de los diferentes tipos de gases, los cuales se desplazan a través de unos tubos y se introducen en la máquina, para que ésta mida sus niveles de concentración.



Figura 5.1.2.1. Equipo Kelman para análisis de Contenido de Gases

Este análisis se centra en el estudio de los gases disueltos en el aceite del transformador, por lo que el elemento principal es la muestra de aceite, la cual es tomada directamente del transformador, a través de una jeringa (figura 5.1.2.2.).



Figura 5.1.2.2. Jeringas con muestras de aceite del transformador

La muestra de aceite no debe contener ninguna burbuja de aire, ya que esto puede afectar el resultado, produciendo un análisis erróneo, por tanto, parte del trabajo del Ing. Jorge es verificar que la muestra esté en las condiciones adecuadas para el análisis (Figura 5.1.2.3.).



Figura 5.1.2.3. Ingeniero verificando la muestra

Finalmente se deposita el aceite en un frasco de vidrio a través de un pequeño tubo, de manera que el aire no entre en contacto con el aceite. En la tapa del frasco, se encuentran unas piezas de metal que giran un imán ubicado al fondo del envase para la producción de los gases (Figura 5.1.2.4.).



Figura 5.1.2.4. Preparación del equipo para el depósito de la muestra

Después de todo el proceso, que dura aproximadamente 25 minutos, el equipo imprime una tira de papel con el resultado del análisis de los gases, es decir, arroja un número por cada gas, que representa su concentración en el aceite (Figura 5.1.2.5.).



Figura 5.1.2.5. Resultados del análisis con la concentración de cada uno de los gases

La tecnología que se emplea para el análisis es tecnología de punta a nivel nacional, en palabras del ingeniero Augusto: *es la que usaban en la nasa para hacer análisis de gases en el espacio. Se le hace un vacío al envase, se le agita y éste desprende todos los gases disueltos en el aceite. Adentro del equipo, el análisis se realiza a través de una espectroscopia fotoacústica, la cual encapsula los gases en una cajita, adentro se irradia con luz infrarroja, ésta al pegarle a las moléculas las hace vibrar. Adentro del equipo hay un disco con filtros cada uno para cada tipo de gas. Irradian un infrarrojo a un filtro y esa luz le cambia la longitud de onda por lo que le afecta a un solo gas. El filtro y la longitud de onda solo va a tocar un tipo de molécula haciéndolas vibrar, y esa vibración produce un sonido y, a través de unos micrófonos moleculares se calcula la cantidad del sonido. Luego se pone otro filtro y así sucesivamente. De manera que la concentración de los gases se mide a partir del sonido de las moléculas de cada uno.*

Posteriormente, el Ing. Jorge tiene que capturar la información en la computadora y graficar la nueva concentración de cada uno de los gases, para enviarle la información al Ing. Augusto, quien, mediante la observación y el análisis de las gráficas, realiza un diagnóstico del estado del transformador, y determina si existe algún índice de falla o todo sigue en los niveles normales.

En la Figura 5.1.2.6. se muestra un ejemplo de los modelos gráficos realizados con los datos de la concentración de cada uno de los gases disueltos en el aceite.

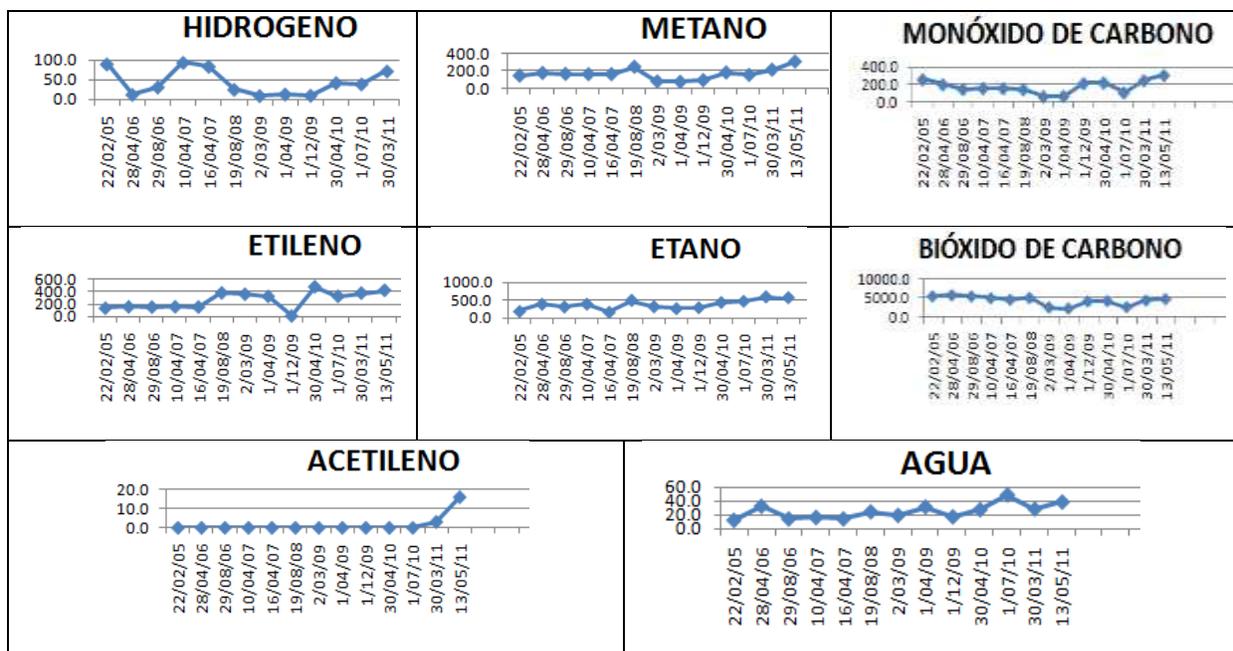


Figura 5.1.2.6. Ejemplo de los modelos gráficos

Si los niveles de todos los gases están normales, se continúa con los demás análisis sin problema y se sigue el monitoreo 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 de los gases, con el fin de conocer que tan grave es el problema y poder determinar el momento preciso para sacar de servicio al transformador. Por lo que se toman muestras diarias, cada semana, cada mes, etc. según se considere, de acuerdo a la variación inicial identificada, hasta encontrar los periodos de variación; y con base en ello, determinar la forma de proceder. Con lo anterior, y mediante la observación del tipo de gas que presenta mayor incremento en su concentración, se puede determinar el tipo de falla que se está presentando en el transformador.

Para este mismo análisis, existen algunos equipos llamados “transfixs” que realizan un monitoreo en línea. Este equipo es único en las gerencias y únicamente la GRTP cuenta con ellos. Esta tecnología, permite que desde la oficina se lleve a cabo el monitoreo de los gases, lo que proporciona que al detectar algún indicio de falla se pueda prestar especial

atención a los transformadores sin la necesidad de ir físicamente a tomar muestras de aceite. Sin embargo, es necesario continuar con el análisis semestral que se realiza, ya que éste permite verificar que el equipo tecnológico esté funcionando adecuadamente.

En la figura 5.1.2.7. se muestra un ejemplo del tipo de gráfica de las concentraciones de los gases que se obtiene mediante estos equipos.

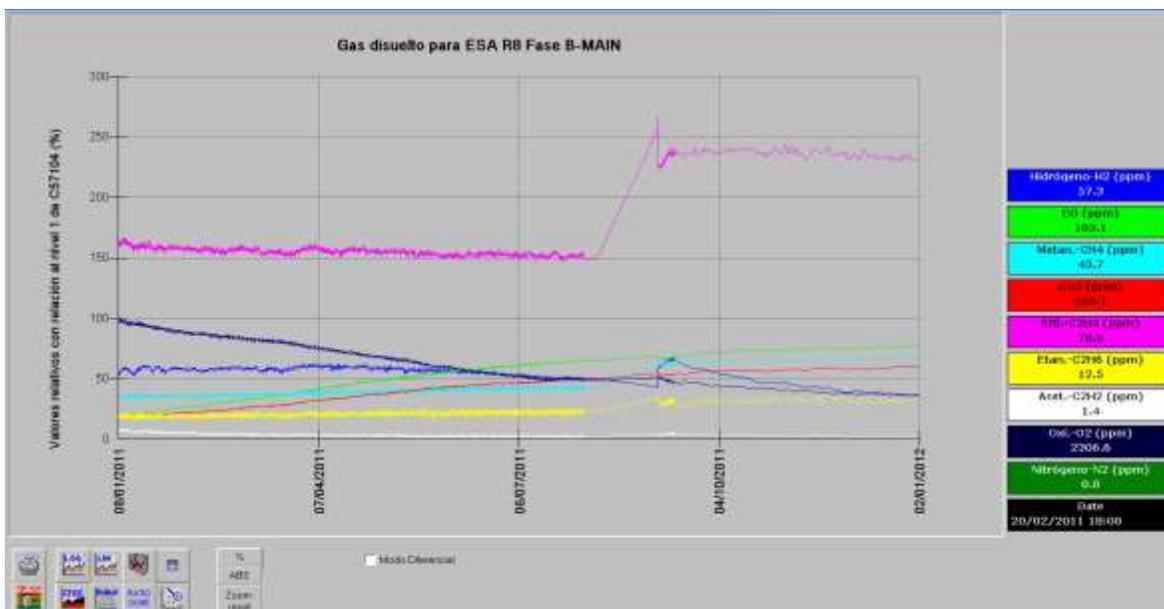


Figura 5.1.2.7. Gráficas presentadas en el análisis en línea

Una vez identificado que existe algún índice de falla, mediante la observación gráfica de un incremento en alguno de los gases, se procede a determinar dónde está ocurriendo el problema, esto es, qué parte del transformador está fallando. Para ello se necesita realizar una radiografía química. Dicha radiografía consiste en tomar una muestra de aceite de cada una de las válvulas que tiene el transformador, de manera que se determine en qué muestra hay una mayor concentración del gas que indique la ubicación del problema. Posteriormente se procede a revisar de manera interna el transformador para darle mantenimiento, reemplazar la pieza o en su defecto sacar de funcionamiento el equipo.

Hasta ahora se ha descrito de manera detallada el análisis de contenido de gases, ahora conviene describir cada uno de los métodos empleados para la realización del diagnóstico, iniciaremos discutiendo los que se encuentran en la literatura de análisis de gases disueltos

en el aceite, para posteriormente describir cómo el Ing. Augusto construyó su método de análisis gráfico y lo empleó en el diagnóstico de los transformadores.

5.1.3 Métodos de análisis: de la literatura a su propio diseño

Como se mencionó en el capítulo anterior, cuando nuestra comunidad de conocimiento iniciaba su conformación, en específico, cuando se encontraban en la creación del laboratorio, el Ing. Augusto no tenía con quien discutir los diagnósticos, por lo que se basaba únicamente en los métodos reportados en la literatura, esto le trajo algunos problemas ya que los diagnósticos no eran del todo efectivos y en algunas ocasiones sacó de servicio un transformador que no tenía problemas pero que el análisis basado en los métodos indicaba que sí.

En palabras del Ing. Augusto: *... el primer problema fue el poder crear el laboratorio sin un asesor químico. Y ahorita el laboratorio va creciendo. El segundo, el diagnóstico. A lo mejor por eso me empecé a enfocar mucho en la investigación porque no tuve quien me diga cómo se hace, entonces analicé los métodos y vi que no me reflejaban lo que yo quiero y de ahí me centré en las gráficas.*

Los métodos de análisis reportados en la literatura son:

Método de Dörnenburg, relaciona dos pares de gases, la concentración de metano entre la concentración de hidrógeno y la concentración de acetileno entre la concentración de etileno, ambas relaciones son presentadas en una gráfica (xy) con escalas logarítmicas. Dörnenburg encontró que los transformadores con problemas se agrupaban en tres diferentes áreas de la gráfica, dependiendo del tipo de falla (Figura 5.1.3.1.).

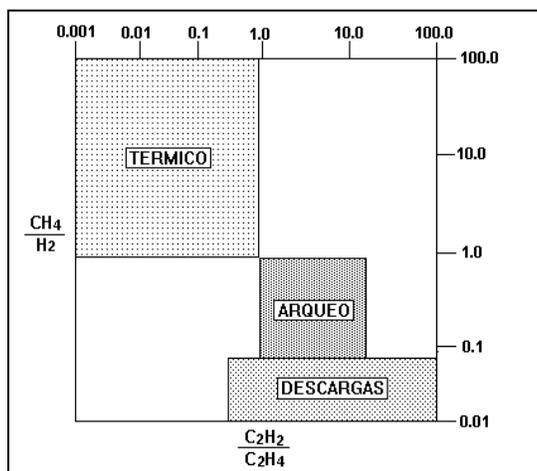


Figura 5.1.3.1. Método de de Dörnenburg

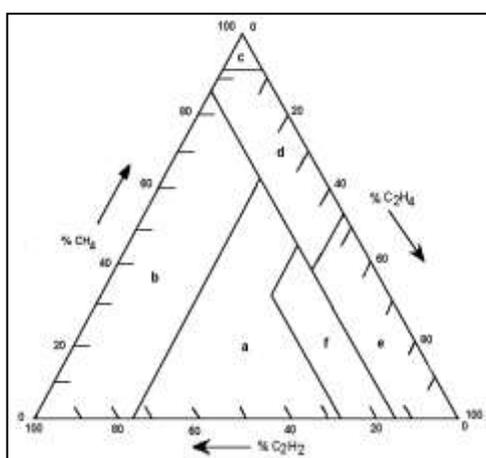
Método de Rogers, sigue el mismo procedimiento de relaciones que utiliza Dörnenburg, pero además considera la participación del etano en el diagnóstico, proporcionando información para diferenciar los problemas térmicos en varias categorías. Al incorporar este gas, Rogers propone además de las relaciones de metano/hidrógeno, acetileno/etileno; las relaciones de etano/metano, y etileno/etano. Para cada relación, fija varios límites y emplea la ayuda de códigos para facilitar la localización del diagnóstico propuesto (Figura 5.1.3.2.).

Cociente de gas	Intervalo	Código	$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_6}{CH_4}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	Diagnóstico
$\frac{CH_4}{H_2}$	< 0.1	5	0	0	0	0	Deterioro normal
	0.1 < 1.0	0	5	0	0	0	Descarga parcial
	1.0 < 3.0	1	1 ó 2	0	0	0	Sobrecalentamiento menor a 150°c
	> 3.0	2	1 ó 2	1	0	0	Sobrecalentamiento de 150° a 200°c
$\frac{C_2H_6}{CH_4}$	< 1.0	0	0	1	0	0	Sobrecalentamiento de 200° a 300°c
	> 1.0	1	0	0	1	0	Calentamiento general

$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	< 1.0	0	1	0	1	0	Corrientes circulantes en el devanado
	1.0 < 3.0	1	1	0	2	0	Corrientes circulantes en el núcleo y tanque
	< 3.0	2	0	0	0	1	Descarga no sostenida
	< 0.5	0	0	0	1 ó 2	1 ó 2	Arqueo sostenido
$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	0.5 < 3.0	1	0	0	2	2	Centelleo continuo
	> 3.0	2	5	0	0	1 ó 2	Descarga parcial con descarga superficial

Figura 5.1.3.2. Método de Rogers

Método de Duval, emplea únicamente las concentraciones de metano, etileno y acetileno para proponer una serie de condiciones del estado de un transformador. Para Duval la suma de las concentraciones de estos tres gases representa el 100% de la concentración, y calcula en qué porcentaje cada uno de ellos contribuye a esta suma. Estos porcentajes son señalados en los lados de una gráfica en forma de triángulo equilátero. A partir de cada punto se trazan líneas, de manera que las tres coinciden en un punto que representa la contribución de cada gas para formar el 100% y el área en donde se encuentra el punto, representa la condición del transformador (Figura 5.1.3.3.).



Nomenclatura:

- a.- Arcos de alta energía
- b.- Arcos de baja energía
- c.- Descargas corona
- d.- Calentamiento $T < 200^{\circ}\text{C}$
- e.- Calentamiento $200^{\circ} < T < 400^{\circ}\text{C}$
- f.- Calentamiento $T > 400^{\circ}\text{C}$

Figura 5.1.3.3. Método de Duval

Método del Nomograma, los gases se representan con líneas verticales con escalas logarítmicas y los que se deben comparar, se presentan adyacentes. El inicio de las escalas de cada uno de los gases se encuentra desplazado, es decir, los orígenes no coinciden, esto con la finalidad de que la comparación sea equitativa a su concentración. La comparación se realiza dibujando una línea que conecta las concentraciones de pares de gases en las escalas adyacentes. La pendiente de esta línea de conexión (positiva, negativa o cero) es la indicación del diagnóstico: Arqueo, Pirólisis o Corona (Figura 5.1.3.4.).

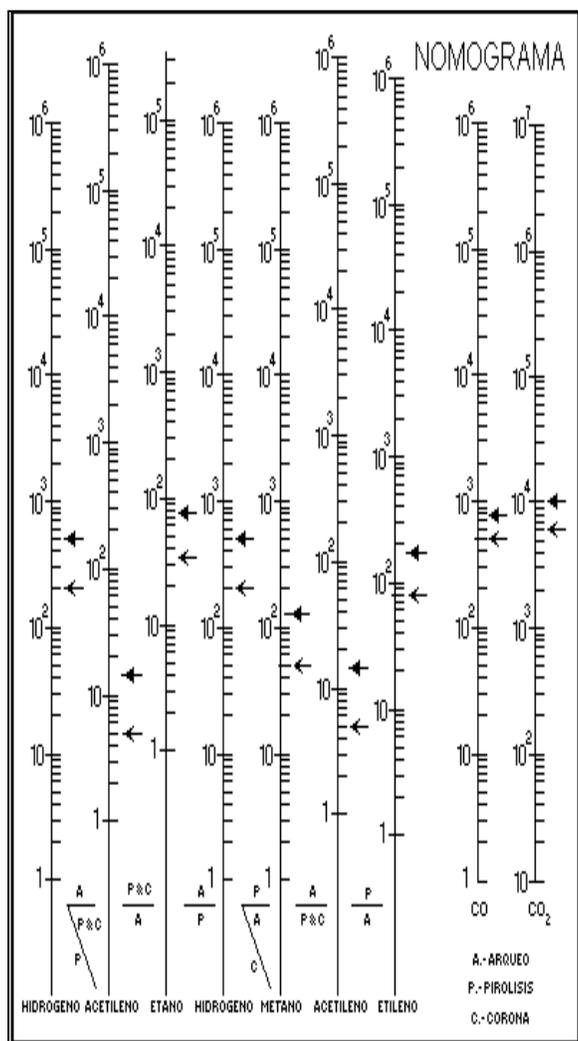


Figura 5.1.3.4. Método de Nomograma

Pese a que el ingeniero empleaba estos métodos para su diagnóstico, él los criticaba ya que comenta: *...estos métodos siempre nos van a dar un diagnóstico, aunque el equipo este nuevito, que no tenga gases, si hacemos estos cálculos matemáticos nos va a caer en algún lado. Y va a decir que tengo un problema y no es cierto. Por ejemplo, en el método de Rogers, no necesariamente nos tiene que dar las 4 combinaciones de gases porque es un algoritmo matemático, entonces ellos no razonan lo que está pasando lo único que se puede hacer es ahora sí que el que tenga más.*

En este fragmento de la entrevista, se puede identificar cómo el ingeniero desprecia los métodos debido a que son algoritmos matemáticos, en cuanto a que son logaritmos y cocientes lo que se emplea; y hay variables, que según él no se consideran.

Menciona que el último de los métodos le parece más completo ya que involucra todos los gases del análisis y los otros métodos, matemáticamente te pueden dar unos valores pero no están involucrando a todos. Además, tiene la ventaja de que también relaciona el monóxido y bióxido de carbono, lo que indica si se está quemando papel dentro del transformador.

El Ing. Augusto, respecto al último método de análisis, comenta lo siguiente:

...en esta “gráfica” se ve la relación entre ambos gases (monóxido y bióxido de carbono), los logaritmos están desfasados al 10%, por lo que los valores deben estar parejos, y se determina que se está quemando papel por medio de la pendiente; si la pendiente es positiva, es un resultado positivo, significa que no se quema papel, si es negativa entonces se está quemando papel.

Sin embargo, el ingeniero menciona que: *...es vil matemática, no toman en cuenta tantas cosas para el diagnóstico, por eso no me gusta tanto.*

Bajo estas circunstancias, el ingeniero, al mismo tiempo que empleaba los métodos como herramientas de diagnóstico, elaboraba gráficas para llevar un control estadístico de las concentraciones de los gases en cada uno de los transformadores. Con el paso del tiempo, ya que tenía varios años de elaborar las gráficas, empezó a observar que existía una relación entre éstas y los índices de fallas.

Ing. Augusto: ... *graficamente las concentraciones tienen una forma diferente por la marca, por la carga, y empecé a ver que eso (las gráficas) es lo que realmente me daba resultados, porque al final lo que se quiere hacer es salvar un transformador; tu meta como químico es salvar el transformador que no se dañe, y cuando las gráficas te empiezan a mostrar que si lo puedes salvar por medio de las gráficas pues ese es tu fin, totalmente.*

...*Cuando aplicaba el triángulo de Duval, te da un resultado, no tienes que hacerlo tú, te lo da y cuando estás en campo y llegas y no es así entonces ahí hay problemas. Entonces si es cierto, los métodos de la literatura son muy prácticos y te dan el diagnóstico pero vas en la vida real, abres un transformador y ves que no es así. Te dirá lo que quieras el diagnóstico, pero la gráfica te dice otra cosa, ya después de tener muchas fallas tienes una experiencia adicional, lo que basa la metodología.*

Investigador: pero, ¿Qué lo llevó a graficar?

Ing. Augusto: ...*El llevar un control estadístico de los resultados de las pruebas y cuando empezamos a tener una cantidad suficiente de datos, 2 o 3 años de llevar los resultados de manera gráfica, me empecé a dar cuenta que si hay una correlación entre la forma o la tendencia de las gráficas de acuerdo a su marca, años de trabajo, cargabilidad de los transformadores, ahí es que me empiezo a dar cuenta que el análisis gráfico arroja información interesante que puede servir para el diagnóstico, ahí es cuando empiezo a utilizar el diagnóstico gráficamente, antes utilizaba los métodos todo se basaba en ellos. Conforme vi que me empezaban a dar mucha información las gráficas y que los diagnósticos se podían llevar de manera más certera con las gráficas empecé a usar en su totalidad las gráficas.*

Para empezar a ver resultados tuvieron que pasar varios años de llevar una estadística, si tu llevas una estadística de solo 1 o 2 años no vas a ver nada, necesitas una graficota con muchos resultados para empezar a ver cómo se están comportando.

Por eso actualmente, yo me baso de mis gráficas, de cómo se están comportando y de la experiencia, porque si le aplico los métodos de la literatura, todas las veces va a decir que

hay un problema interno y no es cierto, por eso no se debe aplicar, salvo que ya se sepa precisamente que hay un problema y quieras darte una idea, solo para corroborar. Yo los uso como comparación.

De los fragmentos anteriores, se evidencia cómo el ingeniero critica los métodos de diagnóstico de la literatura por ser “matemáticos”. Sin embargo, acepta el análisis de las gráficas, ya que no lo considera matemático, pese a que en realidad si hay conocimiento matemático implícito en el análisis.

Además, nuestra CC tiene mucha comunicación con los ingenieros químicos de otras gerencias por lo que, cuando se presenta un problema al que no se hayan enfrentado, se comunican con sus colegas para saber si ellos ya han visto algo semejante y les platican las estrategias que emplearon para su tratamiento.

Ing. Augusto: *...si yo veo que está pasando algo muy raro en el comportamiento de las gráficas, algo que no he visto, me comunico con los que tienen más experiencia les hablo y pregunto si han tenido algo similar, les mando mis gráficas y resultados y sí, en muchos casos me han dicho que sí y que la posible falla está en cierto punto o por lo menos te dan una idea.*

A partir de hace dos años, la comunidad de ingenieros químicos a nivel nacional tiene mayor comunicación, ya que se hablan más o menos una vez a la semana, tienen un grupo en las redes sociales; tienen mucha comunicación, mucha amistad. Además de que se reúnen dos veces al año.

De lo que en este apartado se ha discutido, podemos identificar una resignificación del uso de las gráficas en nuestra comunidad de conocimiento, pues como se mencionó en el capítulo I los U(CM) se resignifican (Res) al debatir entre sus funcionamientos (Fu) y sus formas (Fo); en este sentido, el uso de las gráficas para un control estadístico, debate y permite el desarrollo del uso de las gráficas, de tal manera que se genera un nuevo uso de las gráficas en el que se identifican parámetros y una relación entre las gráficas y las fallas; pero al mismo tiempo, este nuevo uso, con sus funcionamientos y formas debate y se

genera otro uso de las gráficas, ahora, como modelos de comportamiento, que permiten analizar y diagnosticar a los transformadores eléctricos.

En la figura 5.1.3.5. se muestra la resignificación del uso de la gráfica en la actividad de la CCM(IQ), a través de un desarrollo de usos.

Método gráfico en el análisis de Aceite

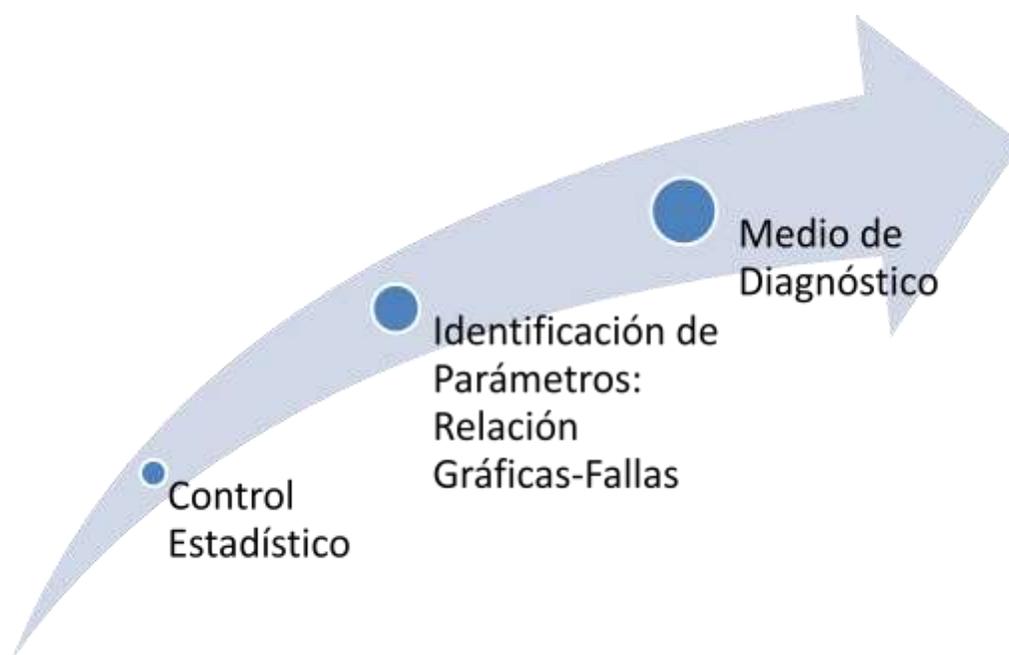


Figura 5.1.3. Resignificación de la gráfica

5.1.4. El método gráfico para el diagnóstico de transformadores

Para poder ahondar en el método gráfico que nuestra comunidad de conocimiento emplea para el diagnóstico de los transformadores, el cual es el centro de nuestro estudio por medio del que se dará cuenta del uso de la simultaneidad y la estabilidad, conviene contextualizar la relación entre los gases y las fallas del transformador, lo que conlleva mostrar cómo tal método permite anticipar fallas.

En las fallas que ocurren dentro del transformador, se forman prácticamente todos los gases, pero dependiendo del tipo de falla que se presente es el gas que se forma en mayor concentración. Por ejemplo, cuando se tiene una falla de descargas parciales el gas que en mayor proporción se forma es el hidrógeno, todos se generan pero en especial el hidrógeno debe presentar un mayor incremento. Este se presenta en cualquier falla, de cualquier tipo, por su tipo de enlace, ya que éste se forma por el enlace de dos moléculas de hidrógeno con un único enlace, por lo que es fácil de formar. Por ejemplo, por medio de chispazos de electricidad adentro del transformador.

En puntos calientes el gas que se forma es el etileno, en esta falla se forman todos los gases pero el etileno en mayor concentración. Para la formación de este gas, se requiere de una molécula de 2 enlaces, por lo que necesita el doble de energía que el hidrógeno para formarse, por lo que es una falla mayor, pues para formarse requiere mayor energía.

La falla del arco es la más grave, el gas que se forma en mayor proporción y que es el único indicador de esta falla es el acetileno; en el caso de este gas su molécula tiene 3 enlaces, por lo que la energía que necesita para formarse es mucho mayor. Requiere de temperaturas mayores a los 1500 °C dentro del transformador, en un espacio muy pequeño, lo que permite que se forme una molécula de 3 enlaces.

Ing. Augusto: ...cuando una parte metálica se empieza a calentar, como una resistencia empieza a quemar el aceite alrededor, es lo que se llama punto caliente; el arco es que ya hay un paso de corriente eléctrica muy fuerte que se forma dentro del transformador, lo que puede llevar a un problema catastrófico y que se incendie el equipo.

Por tanto, de acuerdo al tipo de falla podemos saber que tan grave es el problema, por eso se les llama gases clave. En este sentido, es importante observar en las gráficas los incrementos que sufren los gases, sobre todo los gases clave porque son la base para determinar el tipo de falla que está ocurriendo en el transformador.

Aunado a estos gases clave, el laboratorio se apoya, como mencionamos en el apartado anterior, del monóxido de carbono CO y bióxido de Carbono CO_2 que se forman de manera

natural por el desgaste del transformador, ya que aunque ambos gases se grafican a diferente escala van a niveles similares.

En palabras del ing. Augusto: *...se mueven paralelamente de manera gráfica, por ejemplo, si van para arriba ambas suben en la misma proporción; cuando se rompe esta proporción, es decir uno se produce más que el otro fuera de la proporción del 10%, quiere decir que se está quemando papel dentro del transformador. Por ejemplo, si tenemos un punto caliente, es decir que hay mucho etileno y revisamos la proporción entre el bióxido y monóxido y vemos que ésta se ha perdido, podemos saber que la pieza que se está quemando está envuelta de papel, por lo que si tú conoces como está compuesto el transformador, nos da una visión de más o menos por donde está la falla, en este caso el gas clave es el monóxido de carbono para cuando hay pirolisis de papel.*

Estos son los 4 gases clave o de falla, todos los gases se forman pero solo uno nos indica el tipo de falla. Sin embargo, es necesario analizar el comportamiento de todos los gases.

Los gases clave hidrógeno, etileno y acetileno no se deben formar porque solo se presentan cuando hay una falla, por lo que de manera ideal se deben de mantener constantes en cero; sin embargo en la realidad, por los cambios de temperatura y de cargas en el transformador se pueden producir, lo importante en estos casos es que se mantengan estables. Sin embargo, el acetileno no se debe producir.

Los otros gases bióxido de carbono, monóxido de carbono, etano, metano y agua se incrementan como parte del envejecimiento del transformador. Las 5 gráficas deben de irse paralelas con el paso de los años.

Ing. Augusto: *...si los revisas, las gráficas debieron irse para arriba pero parejitas, entre el bióxido y monóxido, estas deben tener una diferencia del 10% en un transformador trabajando de manera normal, esto significa que si tengo 1000ppm de bióxido, el monóxido debe tener el 10% de esa cantidad, esto es 100ppm de monóxido; es decir, si el bióxido sube por envejecimiento a 1200 el monóxido debe estar a 120, así se deben ir toda su vida. En el momento que se rompe esta proporción, por ejemplo, si tenemos el bióxido a 1000 y el monóxido ya no está en 100 sino en 300 esto indica que se está quemando papel y*

entonces se rompe la tendencia, por lo que sabes que algo raro está pasando en el equipo. Entonces los gases que siempre deben estar estables son el hidrógeno, etileno y acetileno.

El hidrogeno, etileno y acetileno deben estar parejitos, todas estas variables deben estar en consideración para saber si un transformador está funcionando correctamente o no.

Investigador: ...ya que lo diagnosticó, ¿se puede saber dónde está la falla?

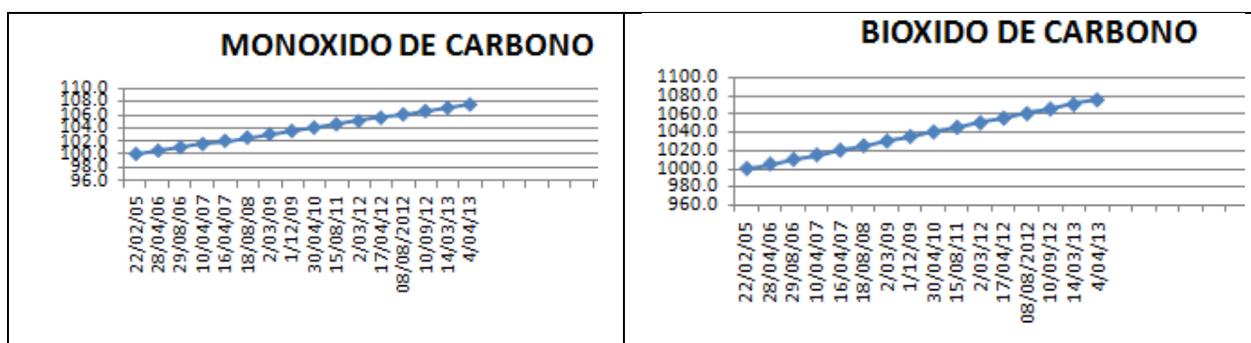
Ing. Augusto: *Ya que tienes el diagnóstico se pretende saber al final, antes de hacer una revisión interna, dónde está ocurriendo la falla, porque los tiempos son muy cortos. Para sacar un equipo de servicio hay que desenergizar la subestación, dejar sin energía un sector o sobrecargar otros equipos que compensen el equipo que está afuera. Entonces la revisión debe ser máximo de 4 horas, se le saca todo el aceite al transformador y hay que entrar a revisar. Estas revisiones son muy riesgosas porque hay material que no debe tener contacto con el aire, con la humedad, por lo que al vaciar el aceite que es protección del transformador, este se llena con nitrógeno que es un gas inerte. Pero una de sus cualidades es que desplaza el aire por su densidad, es más denso que el aire, entonces nosotros lo saturamos. Obviamente uno no puede entrar porque no hay oxígeno entonces lo que se hace es que cuando se va a entrar, se inyecta aire ultra seco para que no haya humedad en el ambiente por lo que debe ser muy rápida la revisión de manera que se evite el desmayo. Además, se entra con trajes especiales por lo que se necesita saber por dónde hay que revisar, no se puede determinar el punto específico pero si un área.*

Para hacer un diagnóstico general se basan en la experiencia, fallas similares. Además, los transformadores tienen válvulas por varios lados; por lo que, cuando hay un problema se pide muestra de todas las posibles válvulas de manera que en una de ellas se obtenga un análisis con una concentración mayor de gas, lo que indica que esa zona está más cercana a la falla, esto es, elaborar una radiografía química del transformador. Y conociendo su estructura interna, se puede determinar dónde está la falla. Por lo que cuando se sabe que hay un problema, los ingenieros piden muestras de todas las válvulas, para hacer una radiografía química, de manera que se tenga una idea del área en la que se está produciendo mayor concentración de gas.

Pero ¿cómo se determina que existe una falla en el transformador mediante el método gráfico?, como hemos reportado, la finalidad del trabajo de nuestra comunidad es que no se presenten fallas en un transformador, para ello lo monitorean y diagnostican de manera que detecten cuando va a ocurrir un problema, de manera que se puedan anticipar y darle mantenimiento al equipo. Es por ello, que se apoyan de las gráficas de las concentraciones de los 8 gases que se producen en el transformador.

Como ya hemos mencionado, de estos 8 gases, 3 son los denominados gases de falla por lo que su comportamiento debe ser *estable* respecto al eje horizontal, ya que de manera ideal se espera que no se produzcan. Entre el monóxido y bióxido de Carbono debe haber una proporción del 10% en su concentración para que se considere normal. Además, estos dos gases junto con el Metano, Etano y Agua, se producen por el propio envejecimiento del transformador por lo que es normal que se presenten en el análisis, sin embargo su comportamiento también debe ser estable, en el sentido de que su incremento sea lento y constante. Además de que es importante analizar simultáneamente el comportamiento de todos los gases, ya que los incrementos son considerados normales, si el incremento de uno de los gases es similar al de los otros.

Bajo esta idea, en la figura 5.1.4.1. se muestran los modelos gráficos del comportamiento de los gases disueltos en el aceite de un transformador que presenta desgaste natural en condiciones ideales por lo que no presenta algún tipo de problema:



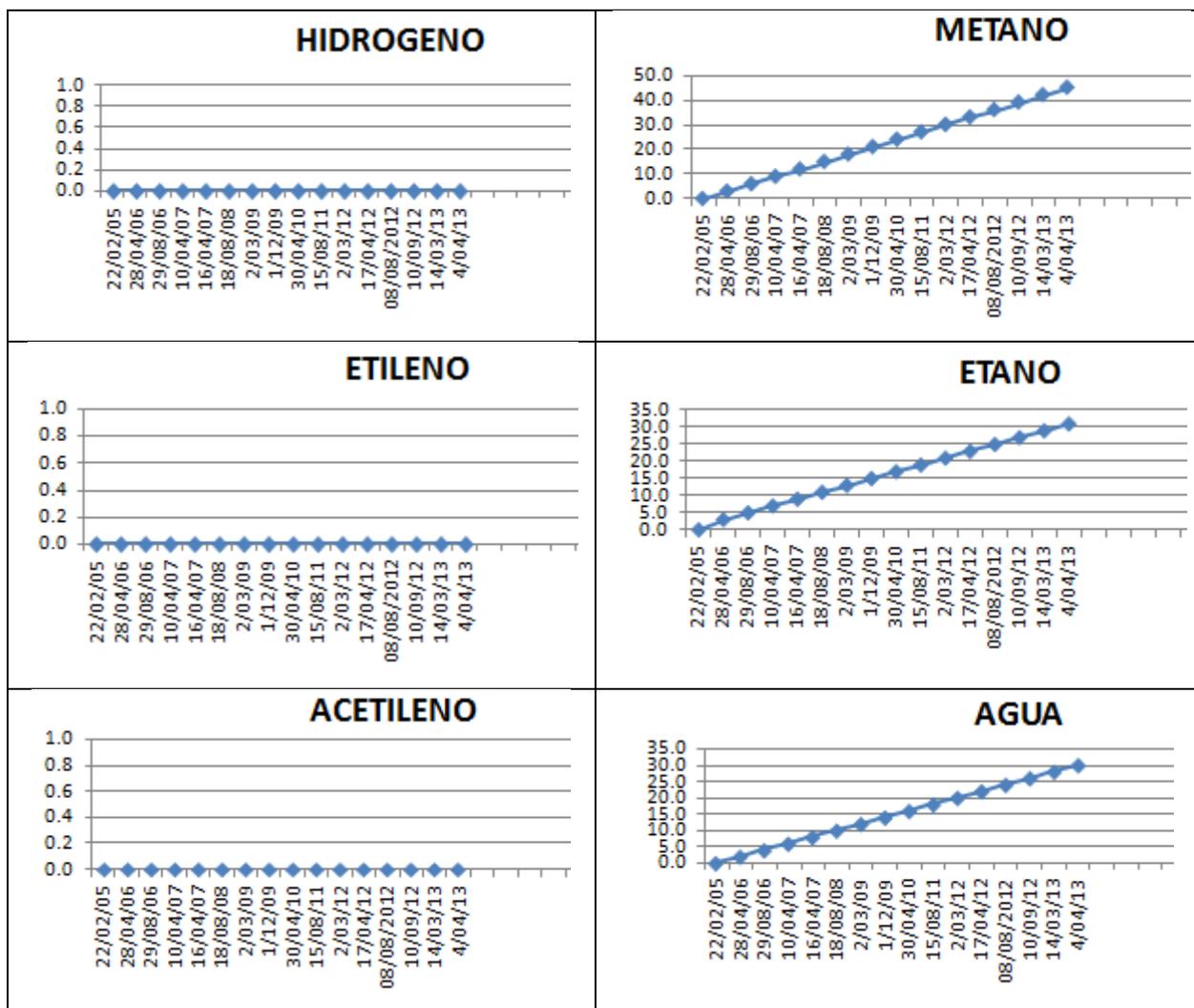


Figura 5.1.4.1. Modelos gráficos del desgaste de un transformador en condiciones ideales

En ellos se puede observar 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 bióxido y monóxido de Carbono. Cabe mencionar que estas gráficas no son reales, son solo una simulación de las gráficas según las condiciones ideales que se esperarían en un transformador, por lo que las fechas y niveles de concentración son únicamente supuestos, lo que realmente importa es el comportamiento de las curvas y su tendencia, en la que se muestra la estabilidad del transformador.

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, en la figura 5.1.4.2. se presenta un ejemplo de modelos gráficos del desgaste de un transformador en condiciones reales, en el cual el equipo no presenta problemas pero si variaciones:

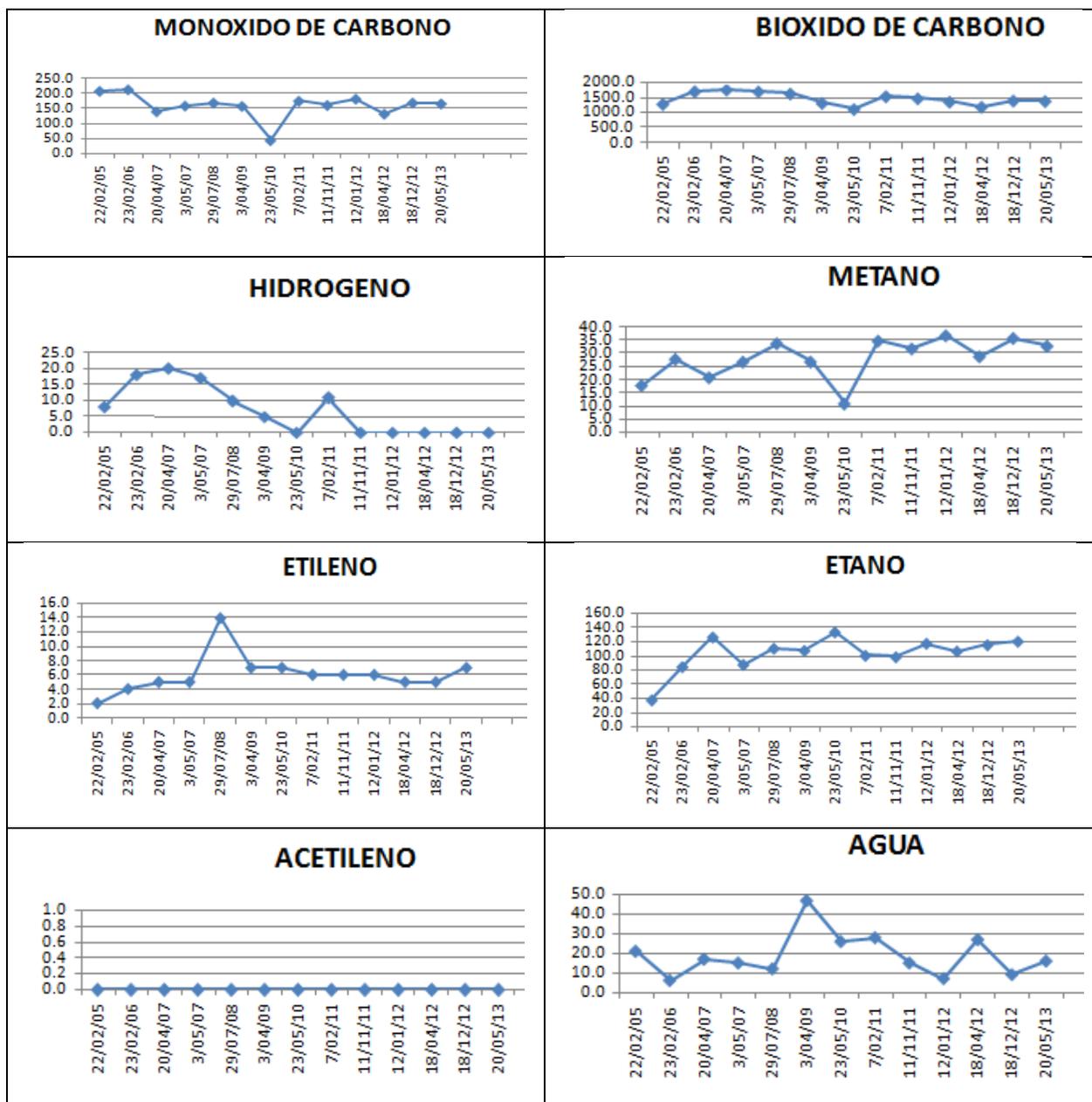


Figura 5.1.4.2. Modelos gráficos del desgaste de un transformador en condiciones reales

En el reporte del ing. Augusto respecto al estado del transformador asociado a este conjunto de gráficas, se lee: *Transformador en condiciones normales de operación.*

A pesar de que a primera vista se pudiera pensar que por las variaciones el transformador está presentando algún problema, en el diagnóstico se lee que no es así. Por tal motivo, conviene que analicemos como es el comportamiento de las gráficas y recordemos que no las podemos ver de manera aislada sino que tenemos que considerar las 8 gráficas de manera simultánea, es importante mencionar también que no existe un límite en las concentraciones de gases que se presentan, ya que depende mucho de la marca del transformador, las condiciones en las que opere el equipo y las condiciones ambientales, por lo que el enfoque está en el comportamiento y la tendencia.

Si consideramos primero las gráficas de monóxido y bióxido de carbono (figura 5.1.4.2.a), se puede observar que tienen variaciones y que no en toda la gráfica se puede identificar la proporción del 10%.

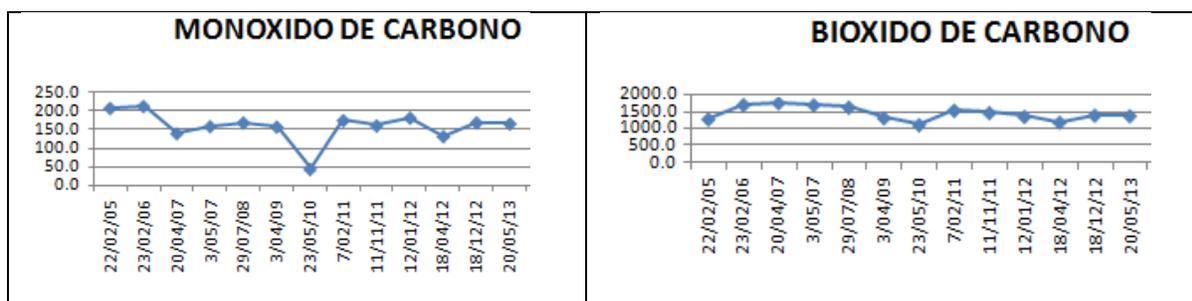


Figura 5.1.4.2.a Gráficas de Monóxido y Bióxido de Carbono

Sin embargo, las variaciones de ambas gráficas son similares entre ellas; esto es, por ejemplo, la gráfica del monóxido presenta un decrecimiento el 23/05/10 que también se puede observar en la gráfica del bióxido. Lo mismo ocurre el 18/04/12, los comportamientos alrededor de ese punto en ambas gráficas son similares. Además, la tendencia de ambas gráficas es a estabilizarse una en 150 ppm y la otra en 1500 ppm lo que indica que las concentraciones están tendiendo a un comportamiento normal, en el que se conserva la proporción del 10%, entonces podemos identificar que no se está presentando una pirolisis de papel en el transformador y por tanto estos gases se encuentran estables.

Ahora, si consideramos las gráficas de los 3 gases clave, Hidrógeno, Etileno y Acetileno (figura 5.1.4.2.b), podemos observar que únicamente el acetileno presenta el comportamiento ideal y esto es bueno ya que si este gas se presenta, es indicador de un problema serio dentro del transformador. Sin embargo, el hidrógeno y el etileno presentan muchas variaciones:

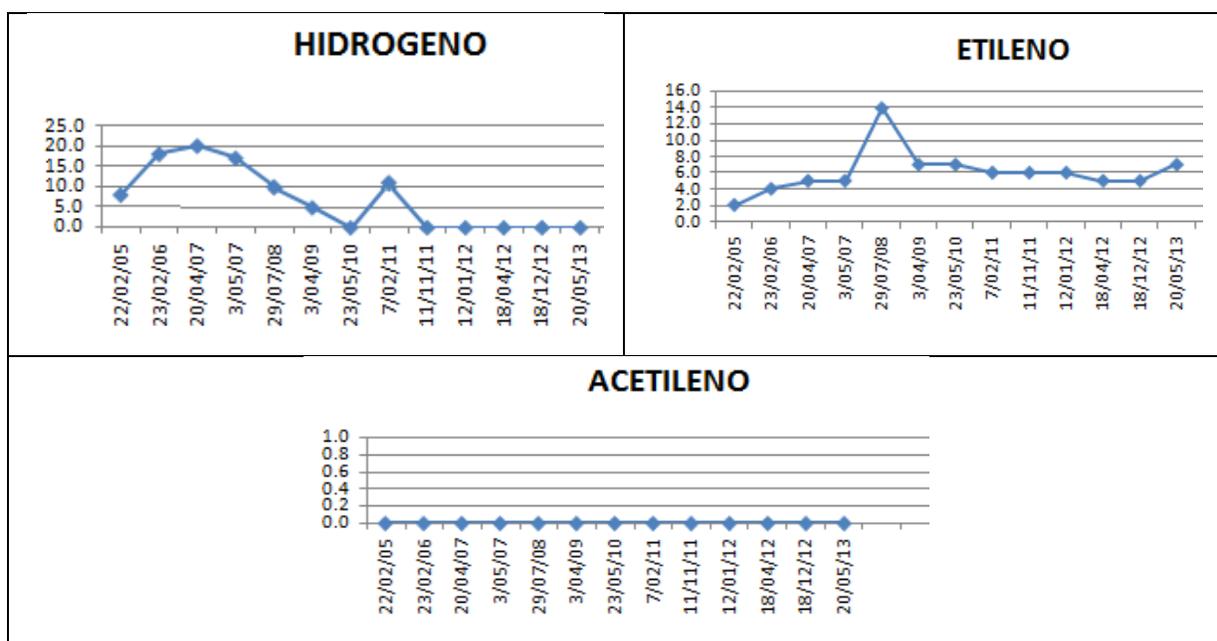


Figura 5.1.4.2.b Gráficas de los gases clave o gases de falla

Se puede ver que el hidrógeno presenta variaciones, en la primera parte de la gráfica, se incrementa, pero posteriormente disminuye hasta llegar a cero que es su punto 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 Augusto 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.

En este análisis podemos ver la idea de la simultaneidad de la derivada, ya que en él se 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, es importante saber cómo es el comportamiento de los otros gases, para determinar con mayor certeza que el transformador se encuentra estable. Para ello, en la figura 5.1.4.2.c se muestran las gráficas del metano, etano y agua.

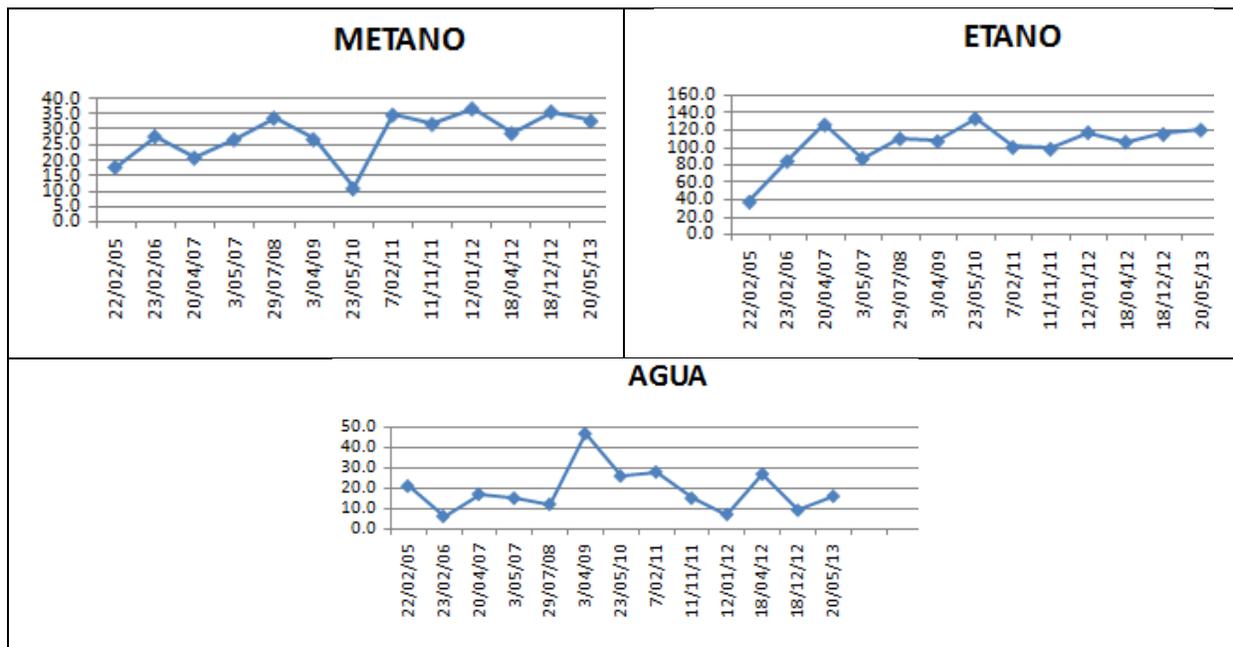


Figura 5.1.4.2.c Gráficas de los gases metano, etano y agua

En estas tres gráficas lo que podemos observar es que las tres presentan muchas variaciones y en ellas se identifica que se van incrementando lo cual es normal, ya que en ellas se observa el desgaste natural del transformador. Además, la tendencia de las 3 gráficas más o menos tiende a una estabilidad ya que los últimos valores graficados son cercanos, lo que muestra que estos gases también están estables dentro del equipo.

Entonces, después de pensar en un análisis por partes de los gases, necesitamos una mirada global para determinar si el transformador está estable, es decir en condiciones normales o necesita de un monitoreo más continuo. Por tal motivo, retomamos la figura 5.1.4.2. de los modelos gráficos del desgaste de un transformador en condiciones reales.

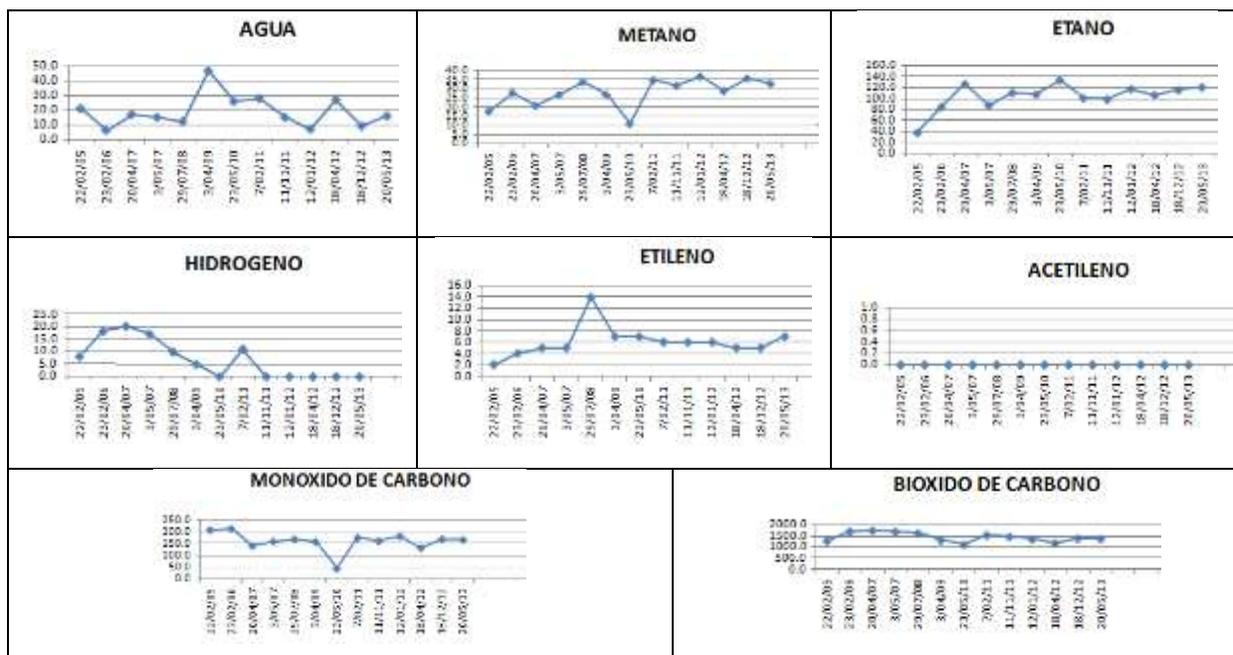


Figura 5.1.4.2. Modelos gráficos del desgaste de un transformador en condiciones reales

Se puede observar que las gráficas presentan muchas variaciones, sin embargo todas tienden a estabilizar su comportamiento conforme pasa el tiempo, y las variaciones que ocurren no son muy grandes, por tal motivo se puede concluir que el transformador está estable y puede seguir con un monitoreo ordinario.

En palabras del ingeniero Augusto:

De este análisis se determina que el equipo se encuentra estable, pero ¿cómo determino esto?, es porque, por lo menos lleva unos 3 años sin cambio, este equipo lleva 5 años sin generar gases, por eso está considerado como estable y trabajando de manera correcta, los análisis anteriores solo nos sirven como un histórico.

Se puede ver que en el periodo de 2007 al 2008 se presentó un incremento de 5 ppm a 14 ppm de etileno, pero no se considera a esta generación como alarmante simplemente por el tipo de gas de falla que estamos midiendo (etileno), ya que en puntos calientes en los equipos, los niveles de generación de gas son mucho más elevados (esto por experiencia en problemas similares). Siendo que un incremento de 9 ppm de etileno en más de un año es muy poco.

Haciendo cuentas rápidas estaríamos hablando de que cada 2 meses aproximadamente se generaron 2 ppm de gas, casi nada, por lo que la velocidad de generación de los gases es muy lenta.

Si por ejemplo esta generación de gas fuera de acetileno, la tolerancia sería menor ya que 9 ppm en un año si sería preocupante, esto por el tipo de falla que representa. Si tuviéramos un punto caliente evolutivo la diferencia en un año tendría que rondar en unas 100 ppm como mínimo por el tiempo entre muestra y muestra.

Con base en lo anterior, el ingeniero considera que el transformador está estable, y que existe una estabilidad en el comportamiento de las gráficas, esto basado en un análisis simultáneo de las tendencias y de las curvas. El ingeniero muestra que en su práctica realiza diferencias para analizar las variaciones, siempre con la idea de la estabilidad. Esto nos permite identificar que tanto la simultaneidad como la estabilidad son conocimientos importantes en el diagnóstico.

Consideremos ahora un análisis en el que el transformador presenta un problema, analicemos los modelos gráficos y comparemos con el caso anterior en el que todo se mantenía estable. Para ello, en la figura 5.1.4.3. se presentan los modelos gráficos de un transformador en condiciones reales que presenta un índice de falla.

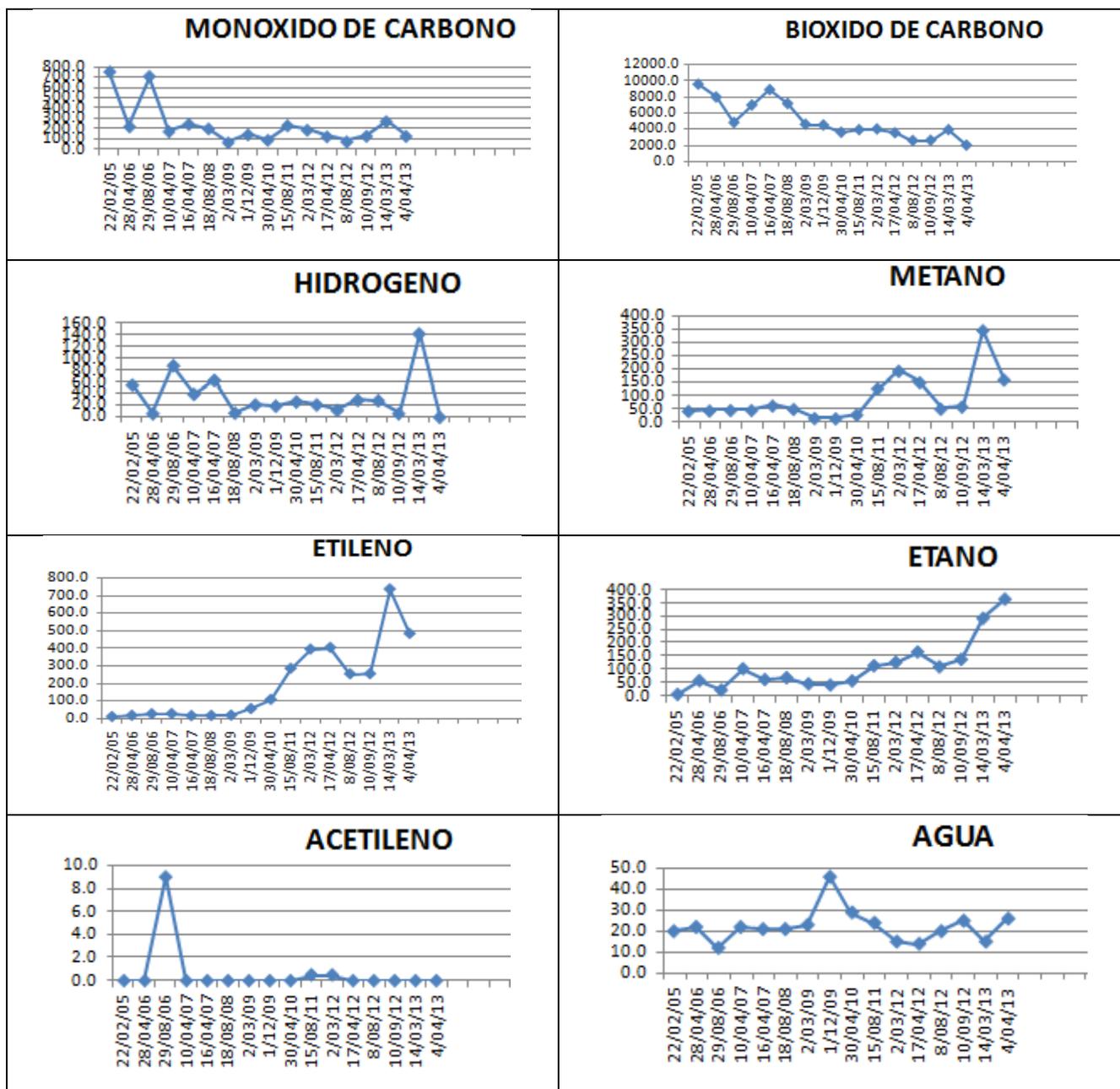


Figura 5.1.4.3. Modelos gráficos de un transformador en condiciones reales que presenta un índice de falla

Analicemos qué está ocurriendo con los gases de falla, es decir, Hidrógeno, Etileno y Acetileno para determinar si está ocurriendo una falla en el transformador y de qué tipo es ésta.

En las gráficas podemos ver que hay variaciones, el acetileno tiene un incremento de 9 ppm sin embargo, no continúa el incremento sino que regresa a la estabilidad, lo que indica que no hay un problema de arqueo en el transformador ya que su concentración se mantiene estable. Ahora el hidrógeno, que indica descargas parciales, presenta incrementos no muy grandes, esto es, al principio de la gráfica tiene un crecimiento entre 100 y 160 ppm, sin embargo, los comportamientos de las demás gráficas como el bióxido, monóxido, etano, metano tienen un comportamiento similar, además que no presenta un incremento en varios periodos de muestra. En contraste, el etileno si presenta incrementos en diferentes periodos de muestra seguidos, por lo que éste gas se incrementó conforme pasaba el tiempo, además que hubo un notable incremento, el 30/04/10 tenía una concentración de 100 ppm y en la siguiente muestra 15/08/11 tenía 300 ppm por lo que en un poco más de un año el incremento fue de 200 ppm, lo cual es un incremento considerable, esto indica un punto caliente en el transformador; además, siguiendo con el monitoreo del equipo se observa que los incrementos continúan, ya que en la siguiente muestra, a los 7 meses, hay un nuevo incremento de 100 ppm. Al siguiente mes se hace otro análisis y en este no hay mucha variación por lo que parece que la velocidad de generación no es tan rápida. Cuatro meses después (8/08/12) se toma una nueva muestra y al mes siguiente otra y en estas parece que hay un descenso en la concentración. Sin embargo, si observamos, en las gráficas de todos los gases hay un descenso en la concentración, por lo que se considera que éste es ajeno al problema del transformador ya que ocurre de manera simultánea en todos los gases. No obstante, en la siguiente muestra, seis meses después hay un incremento de 500 ppm. Por tal motivo el laboratorio químico, que es la comunidad de conocimiento a la que estudiamos, determina que es momento de revisar el transformador por dentro ya que hay un punto caliente en el mismo.

Observaciones de departamento químico GRTP:

En este equipo se está presentando un punto caliente, por la presencia de gas etileno, el cual se incrementó en el último análisis del mes de marzo.

El día 17 de abril del 2013 se realiza inspección interna en transformador aprovechando tener fuera la unida 2 por paro programado por mantenimiento encontrándose una carbonización interna derivada de un posible falso contacto en las terminales del cambiador de taps del vad-ta2.

En la figura 5.1.4.4. se muestran unas fotografías del problema interno del transformador.



Figura 5.1.4.4. Imágenes de la presencia de carbonización por punto caliente dentro del transformador

Ante esto el departamento químico comenta:

En agosto del 2011 se presenta una falla similar en la que se detectó la presencia de acetileno en las muestras de aceite, el cual ya representaba por el contenido de acetileno una falla interna más severa en la que se tiene incremento de temperatura muy alta producido por el punto caliente que se presenta. Es decir, podemos determinar por la experiencia obtenida que esta falla, de no ser atendida en este momento derivaría en una falla mayor, la cual podemos evitar atendiendo de inmediato el transformador para evitar que se presente una falla con un daño mayor; por lo cual se recomienda realizar vaciado de transformador así como una inspección interna y corregir el punto caliente que ya se tiene; esto con la finalidad de prevenir una falla mayor.

En este ejemplo, de una situación en la que se presenta una falla, podemos observar qué es lo que problematiza nuestra comunidad, ya que más allá de mirar gráficas y diagnosticar transformadores, lo que en realidad interesa es prevenir daños graves en los equipos, para

ello cuestiona los modelos gráficos, es decir los comportamientos que presentan las gráficas, en otras palabras, qué ocurre en las concentraciones de aceite.

En este sentido y como comentamos antes, las gráficas ya no son únicamente un medio de representación de la información, sino que son modelos que permiten leer e interpretar, hacer conjeturas y diagnósticos.

Ahora es interesante abordar un ejemplo en el que ocurre un problema fuera de lo ordinario en el transformador, lo cual implica que la comunidad tenga que poner mayor atención al monitoreo. En este ejemplo, le cayó un rayo al transformador, por lo que fue necesario monitorearlo para ver las consecuencias en la concentración de los gases y en la velocidad de generación.

Como hemos mencionado, nuestra comunidad antes de realizar las gráficas de las concentraciones, incorpora la nueva información de las muestras en una tabla, para tener el registro de las diferentes concentraciones de los gases, en las cuales pone el diagnóstico obtenido a través del análisis gráfico. En este ejemplo, al ser un problema extraordinario que se le presenta a nuestra comunidad, se considera necesario incluir la tabla en la que se incluyen algunos comentarios por parte de la comunidad (Tabla 5.1.4).

GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISIÓN PENINSULAR LABORATORIO DE ACEITES AISLANTES									
HISTORIAL DE GASES DISUELTOS EN ACEITES AISLANTES									
S.E. TICUL EQUIPO:AT1 N° D SERIE: 24-6991 MARCA: IEM ACEITE (LTS): *									
	H_2	CH_4	CO	CO_2	C_2H_4	C_2H_6	C_2H_2		
FECHA	200	120	700	10000	80	100	15	35.0	COMENTARIO
	Hidrógeno	Metano	Monóxido de Carbono	Bióxido de Carbono	Etileno	Etano	Acetileno	Agua	
16/08/04	22.0	64.0	248.0	2079.0	4.0	133	3.0		
16/02/06	0.0	51.2	199.6	2006.0	3.3	82.8	0.0		
27/03/06	12.0	1446	299.0	2628.0	4019	1242	0.0	10.0	Le cayó un rayo al equipo y genero gases internamente
15/06/06	15.0	1528	305.0	2960.0	4272	1305	0.0	13.0	
13/08/06	16.0	1608	275.0	2817.0	4453	1346	0.0	10.0	
14/08/06	22.0	1880	325.0	2991.0	4926	1412	0.0	17.0	
22/08/06	15.0	1330	236.0	2551.0	3812	1146	0.0	5.0	
28/08/06	15.0	1347	261.0	2494.0	3850	1167	0.0	9.0	
27/03/07	11.0	1111	263.0	2883.0	3249	1087	0.0	45.0	
9/04/07	18.0	1255	341.0	3213.0	3693	1294	0.0	86.0	
3/01/08	5.0	18.0	4.0	490.0	48.0	9.0	0.0	30.0	Recirculación para desgasificar
3/06/08	14.0	132.0	58.0	1127.0	451.0	173.0	0.0	22.0	
20/03/09	10.0	159.0	41.0	1171.0	481.0	195.0	0.0	9.0	
3/09/09	5.0	185.0	41.0	1187.0	533.0	188.0	0.0	19.0	

15/12/09	179	190.0	106.0	1079.0	620.0	266.0	0.0	35.0	
9/04/10	229	195.0	114.0	1038.0	624.0	276.0	0.0	55.0	
22/06/10	6.0	236.0	61.0	1547.0	651.0	233.0	0.0	28.0	
5/07/10	15.0	159.0	98.0	1285.0	449.0	176.0	0.0	35.0	
26/07/10	10.0	23.0	68.0	1393.0	435.0	67.0	0.5	23.0	
20/08/10	0.0	219.0	54.0	1459.0	602.0	229.0	0.0	18.0	
21/02/11	0.0	187.0	63.0	1398.0	557.0	209.0	0.0	25.0	
18/08/11	...	...	..	..	..	..	..	..	Se le realizo mantenimiento mayor
27/03/12	0.0	6.00	3.00	147.0	4.0	3.0	0.0	24.0	Equipo fuera de servicio y en mantenimiento
27/03/12	5.0	6.00	11.00	125.0	4.0	6.0	0.0	25.0	Fuera de servicio y en mantenimiento
8/05/12	5.0	5.0	16.0	157.0	5.0	6.0	0.5	25.0	Fuera de servicio y en mantenimiento
30/05/12	6.0	3.0	23.0	106.0	4.0	5.0	0.0	23.0	Antes de energizar
1/06/12	21.0	3.0	31.0	215.0	5.0	7.0	0.0	40.0	Primera muestra a las 48hrs después de energizar
08/06/12	0.0	4.0	31.0	295.0	5.0	3.0	0.0	16.0	Segunda muestra a las 72hrs
14/06/12	17.0	7.0	39.0	414.0	39.0	8.0	0.0	21.0	Tercer muestra a la semana
14/06/12	...	...	...	282.3	...	...	...	...	Muestra a los 15 días
5/07/12	0.0	16.0	64.0	505.0	19.0	14.0	0.0	20.0	Muestra realizada en cromatógrafo
23/01/13	143	91.0	143.0	1111.0	102.0	49.0	0.5	13.0	
1/02/13	138	93.0	143.0	1119.0	100.0	46.0	0.5	12.0	Condiciones normales de operación

Tabla 5.1.4. Datos de las concentraciones de un transformador en condiciones extraordinarias

En la figura 5.1.4.5. se muestran las gráficas correspondientes a la tabla anterior asociadas a un transformador en condiciones extraordinarias.

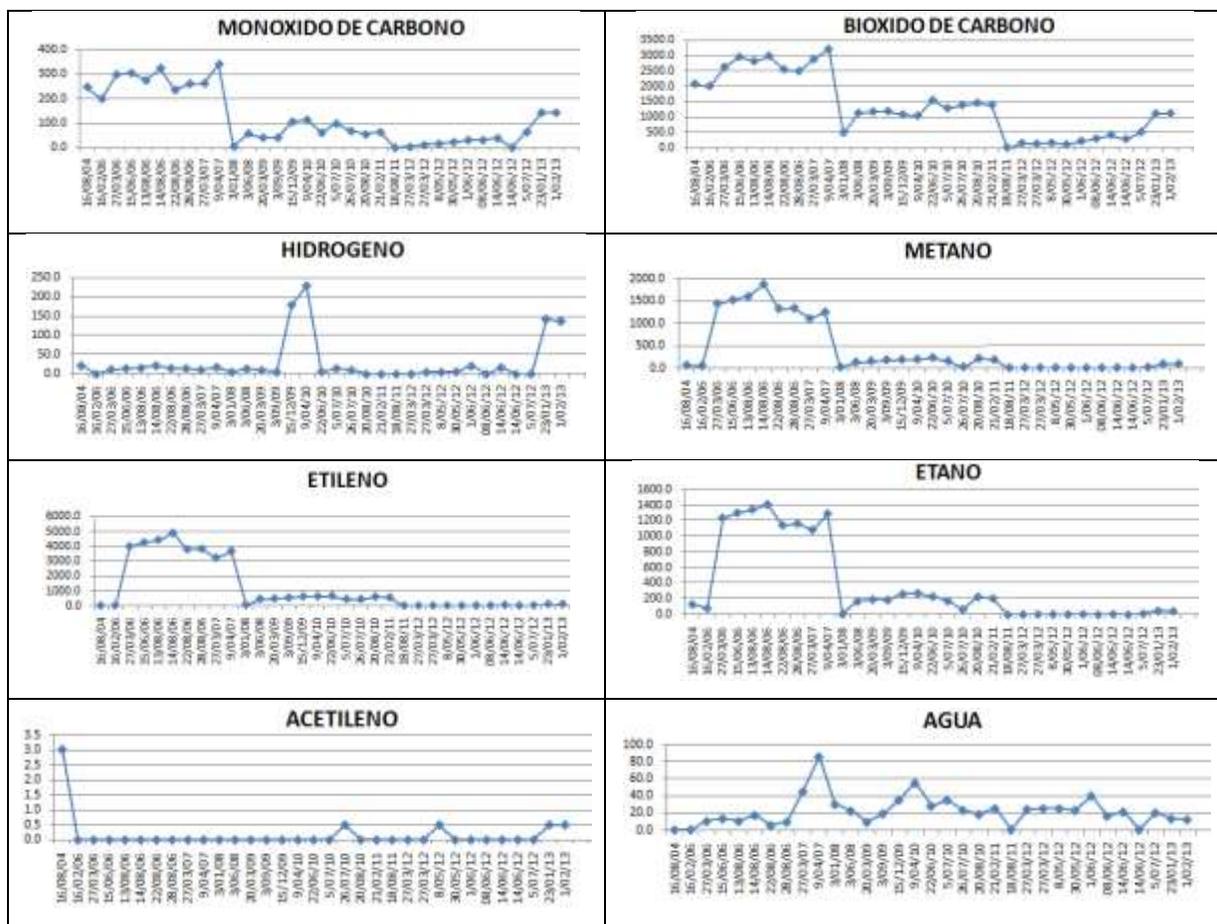


Figura 5.1.4.5. Modelos gráficos de un transformador en condiciones extraordinarias

Con base en las gráficas se observa que hay mucha variación, sin embargo, se identifica que hay tres fechas importantes en los sucesos ocurridos con el transformador:

- 27/03/06 Le cayó un rayo al equipo que produjo un incremento muy grande en la producción de gases
- 03/01/08 Se realizó recirculación al equipo para desgasificar, se presenta un decrecimiento importante en la concentración
- 18/08/11 Se realizó mantenimiento mayor, los gases tienden al eje horizontal.

Estas fechas se identifican de manera clara en las gráficas, ya que se observa un cambio en la tendencia de las concentraciones. El acetileno, que es el gas que nos indica una falla grave en el transformador, se mantiene estable a pesar de los sucesos. Sin embargo, en las demás gráficas hay un incremento considerable en la concentración de los gases, y se

identifican las variaciones por los procesos empleados por el laboratorio, como la recirculación, para que las concentraciones nuevamente tiendan a la estabilidad.

Entonces podemos observar que el énfasis del análisis está en la estabilidad ya que al mantenerla, los equipos se encuentran trabajando de manera normal, sin el indicio de que puedan presentar algún problema. Sin embargo, también es interesante rescatar que una vez que la estabilidad se rompe, es necesario mirar las variaciones de las gráficas, sobre todo las de los gases de falla, para determinar qué, cómo y cuánto varia, es decir analizar las variaciones simultaneas de cada uno de los gráficos; 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 y no necesariamente a una posible falla, o considerar que los equipos presentan algún posible problema.

Lo que hemos discutido hasta ahora, son las actividades que realiza la comunidad, sus análisis para llegar al diagnóstico y algunas interpretaciones y reflexiones que tenemos alrededor de ello. Sin embargo conviene regresar a nuestra pregunta de investigación:

¿Con una situación específica de variación, propia del trabajo de unos ingenieros químicos industriales, en un laboratorio químico de control, en la CFE, región peninsular, cómo usan la simultaneidad de la derivada y la estabilidad?

5.2 EL USO DE CONOCIMIENTO MATEMÁTICO EN UNA COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO DE LA INGENIERÍA QUÍMICA

En el apartado anterior, discutimos cuatro ejemplos de diferentes situaciones que se le presentan a nuestra comunidad en el análisis de los transformadores eléctricos. De éstas podemos rescatar algunos elementos que nos parecen interesantes acerca del conocimiento matemático que ponen en juego durante su práctica en el trabajo. Estos elementos son:

- Estabilidad
- Variación
- Simultaneidad
- Gráficas

- Tendencia

Conviene ahora discutir sobre cada uno de ellos para posteriormente ahondar ya con una mirada mucho más profunda y enmarcada en una epistemología de usos.

Respecto a las gráficas, se observa que estas son el elemento primordial para los diagnósticos, ya que son éstas las que permiten el análisis de los comportamientos. Sin embargo, más allá de considerarse como gráficas que en el dME hacen referencia a representaciones de funciones, en la actividad de nuestra comunidad dichas gráficas son modelos de comportamiento, que permiten leer, interpretar e inferir información acerca del estado de los transformadores.

Además, como se ha mencionado, un elemento importante en el análisis que realiza nuestra comunidad es la estabilidad, ya que lo que se espera en todas las pruebas es determinar que el transformador se encuentra estable y esto se determina cuando el comportamiento tendencial de las concentraciones de los gases se mantiene estable, es decir, no presenta muchas 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.

La estabilidad se identifica a nivel local como una regularidad en cada una de las gráficas, es decir los comportamientos de las concentraciones tienden a cierto valor, de manera que en diferentes muestras tienen concentraciones similares. A nivel global, se mira a la estabilidad simultáneamente en todas las gráficas, es decir, a pesar que las curvas presenten variaciones se considera estable el equipo si las variaciones son similares.

Sin embargo, a la par que nos interesa la estabilidad, nos interesa la variación ya que es importante analizar qué tanto varía la concentración de los gases para poder determinar si existe alguna posibilidad de falla. En este sentido, entra en juego la simultaneidad la cual, al igual que la estabilidad se observa desde dos niveles: el primero, la simultaneidad de la derivada, donde lo que interesa es determinar qué, cómo y cuánto varía, la cual se observa cuando el ingeniero hace un análisis puntual de las gráficas, es decir, 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 determina si puede ocurrir alguna falla.

Por ejemplo, cuando planteamos una situación real en la que no se presenta falla, el ingeniero comenta:

...Se puede ver que en el periodo de 2007 a 2008 se presentó un incremento de 5 ppm a 14 ppm de etileno, pero no se considera a esta generación como alarmante. ... dado que un incremento de 9 ppm de etileno en más de un año es muy poco. Haciendo cuentas rápidas estaríamos hablando de que cada 2 meses aproximadamente se generaron 2 ppm de gas, casi nada, por lo que la velocidad de generación de los gases es muy lenta.

En este fragmento, se evidencia que el ingeniero a partir de una variación en el comportamiento del gas, identifica la concavidad positiva por lo que éste se incrementa y por tanto tiene la necesidad de analizar la velocidad de generación de gases. En este sentido, podemos considerar que implícitamente el ingeniero está analizando la simultaneidad de la derivada, primera y segunda derivada, a partir de su análisis gráfico. Sin embargo, este análisis no se puede quedar en lo local, sino que interesa y es necesario el análisis global, ya que el analizar las variaciones de los modelos de manera simultánea permite determinar si el problema que ocurre en el equipo es interno o tales variaciones son producto de factores externos a él. Por tanto, el segundo nivel de la simultaneidad, simultaneidad de variaciones, es el análisis global que se realiza, en el cual se observan todas las gráficas de manera simultánea para determinar si las variaciones en los comportamientos gráficos son debido a factores ajenos al transformador, o son problemas dentro del mismo.

De lo anterior, se identifican los siguientes usos de la Estabilidad y la Simultaneidad:

- Simultaneidad de variaciones (local):
 - Fu: Determinar fallas específicas en el transformador, así como el momento preciso para sacar los equipos de servicio y darles mantenimiento.

- Fo: Análisis de las variaciones en cada una de las gráficas, mediante interpretaciones de los modelos gráficos.
- Simultaneidad de variaciones (global):
 - Fu: Determinar si las variaciones en el los comportamientos gráficos se deben a factores externos al equipo o son problemas internos.
 - Fo: Análisis simultáneo de las variaciones en todas las gráficas, mediante la lectura de los modelos gráficos.
- Estabilidad (local):
 - Fu: Determinar que no hay indicios de fallas específicas en los gases de falla del transformador, pese a que pudieran existir variaciones.
 - Fo: Análisis del comportamiento tendencial de cada uno de los modelos gráficos de los gases disueltos en el aceite del transformador.
- Estabilidad (global):
 - Fu: Determinar que el transformador opera en condiciones normales.
 - Fo: Análisis simultáneo de los modelos gráficos.

En la figura 5.2.1 se muestra de manera sintética lo discutido en este apartado, acerca del uso de la estabilidad y la simultaneidad en la actividad de nuestra CCM(IQ).



Figura 5.2.1. La estabilidad y simultaneidad en la práctica de la CCM de la IQ

5.3 SITUACIÓN ESPECÍFICA: MODELO GRÁFICO DE COMPORTAMIENTO DE LOS GASES DISUELTOS EN EL ACEITE DE UN TRANSFORMADOR ELÉCTRICO

Las actividades de la CCM(IQ) de alguna manera expresan el uso de un modelo gráfico de comportamiento de los compuestos químicos de un transformador. El comportamiento es problematizado por diferentes experiencias prácticas que suceden en su ámbito de trabajo. Conviene formular una situación específica con base en la epistemología de usos según su modelo gráfico de comportamiento.

De esta manera apreciaríamos las argumentaciones que nuestra comunidad de conocimiento pone en juego; esto, debido a que justamente las argumentaciones expresarán la resignificación de los usos del conocimiento matemático de nuestra comunidad de conocimiento de la ingeniería química.

Como se mencionó en el capítulo I, el Cálculo como obra matemática contiene conceptos y definiciones explícitas, mientras que el Cálculo como un saber intencional contiene categorías implícitas. Para el primero, los componentes principales son los objetos matemáticos, tales como la función, el límite, la derivada y la integral, mientras que para el segundo son los significados situacionales de tales objetos matemáticos, tales como la predicción, la graficación y la analiticidad (Cordero, 1998, 2001, 2003, 2008).

Una socioepistemología del cálculo reconoce varias construcciones del mismo, donde cada una genera argumentos que permiten construir un nuevo conocimiento (Cordero, 2001 y 2008; y Morales & Cordero, s.f.). Sin embargo, reconocer que estos argumentos son distintos y seleccionar uno dependiendo de la situación es la parte esencial de la construcción. Por ejemplo, el concepto de derivada por lo común se reconstruye a través de situaciones de aproximación, donde se construye la idea de la recta tangente a una curva. Sin embargo, el mismo concepto puede ser reconstruido a través de tres situaciones distintas: aproximación, variación y transformación (Cordero, 2001). En cada una se desarrollan procedimientos distintos, sobre procesos y objetos también distintos, para generar argumentos propios de cada situación, que provoquen la resignificación del uso del conocimiento matemático.

Cada una de estas situaciones componen un marco epistemológico del cálculo, pero las tres situaciones están obligadamente articuladas, todas ellas en conjunto componen una epistemología del Cálculo cuya base son ciertas prácticas sociales (predicción y graficación-modelación) que han venido a ofrecer un producto material continuo, a saber el Calculus (Cordero, 2008).

En la figura 5.3.1. se muestra la relación entre la situación, argumentación y conocimiento matemático, los cuales son los elementos que entran en juego para la resignificación del uso del conocimiento.

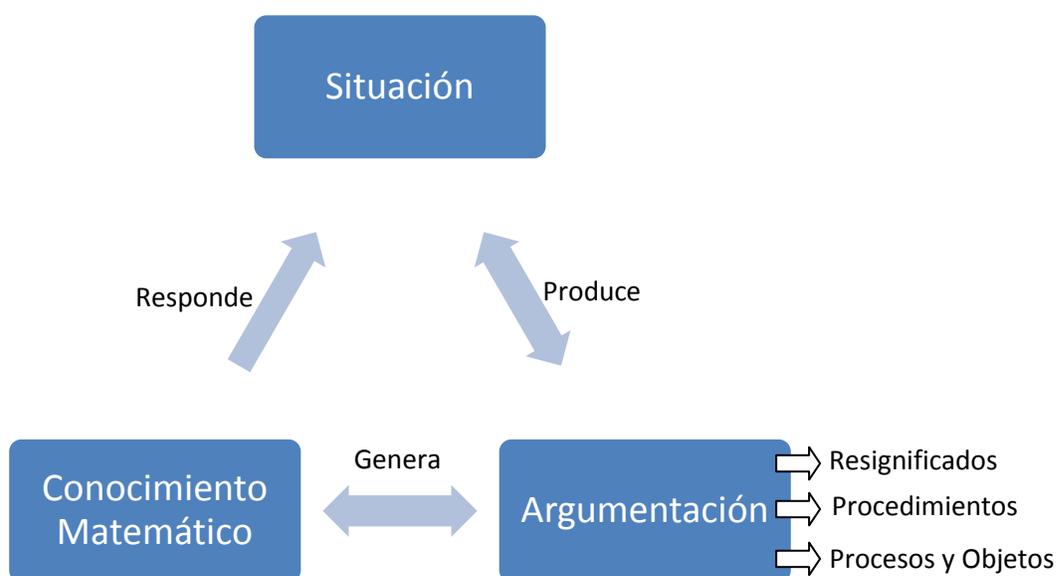


Figura 5.3.1. Relación entre la situación, argumentación y CM para la resignificación

Bajo estas ideas, se han identificado tres argumentaciones, analiticidad, predicción y comportamiento tendencial, cada una de los cuales proviene de una construcción del cálculo; sin embargo, también podríamos decir que los tres provienen de una construcción en conjunto. Por un lado, tales argumentaciones se pueden producir por la situación específica que se desarrolle, en donde se reconstruyen significados y procedimientos de acuerdo con las experiencias de los participantes; y por otro, como las construcciones son distintas, su selección depende del argumento que ayude a enfrentar las nuevas situaciones.

En la tabla 5.3. se muestran las distintas situaciones de construcción del cálculo con sus resignificados, procedimientos, procesos y objetos y argumentación, reconocidos y desarrollados dentro de la Socioepistemología.

	Situaciones		
	Transformación	Variación	Aproximación
Resignificados	Patrones de comportamiento gráficos y analíticos	Flujo, movimiento, acumulación, estado permanente	Variable, límite, derivada, integración, convergencia
Procedimientos	Variación de parámetros	Comparación de dos estados	Razón de cambio
Procesos y Objetos	Instrucción que organiza comportamientos	Cantidad de variación continua	Función
Argumentación	Graficación-modelación Comportamiento Tendencial	Predicción	Analiticidad de las funciones

Tabla 5.3. Socioepistemología del cálculo y del análisis (Cordero 2001, 2008)

La Socioepistemología, hasta ahora, nos brinda tres situaciones del cálculo, cada una de las cuales tiene su argumentación. Este hecho provoca reflexionar con respecto a la situación que está inmersa en la actividad de nuestra comunidad de conocimiento y cuáles son sus argumentaciones.

Para iniciar la reflexión, es importante hacer énfasis en que nuestro estudio se basa en el método que emplea la comunidad para el diagnóstico de los transformadores eléctricos, dicho método tiene como herramienta principal modelos gráficos de las distintas concentraciones de los gases disueltos en el aceite. Tales gráficas no son únicamente representaciones, sino que se consideran modelos de comportamiento, son herramientas que

permiten analizar las tendencias de las concentraciones y con base en ello, se toman decisiones.

En Cordero (2008), se menciona que la graficación puede llevar a cabo múltiples realizaciones y hacer ajustes en su estructura para producir un patrón o generalización deseable, es un medio que soporta el desarrollo del razonamiento y de la argumentación. En sí misma es un tipo de modelación que trasciende y se resignifica transformando al objeto en cuestión.

En este sentido, consideramos que nuestra comunidad se ve envuelta en una situación de transformación, cuya argumentación se centra en la graficación-modelación y en el comportamiento tendencial; dado que, lo que interesa de los modelos gráficos son las tendencias, los patrones de comportamiento, los cuales nos van a evidenciar una estabilidad en las concentraciones indicando que el transformador esta estable o en su defecto las variaciones que ocurren en los comportamientos tendenciales.

Sin embargo, la situación de transformación no logra englobar toda la actividad de nuestra comunidad de conocimiento, ya que otro elemento fundamental de sus análisis es la simultaneidad de las variaciones, es decir, es sumamente importante el estudio de las variaciones que ocurren en las tendencias de las concentraciones, ya que estas permiten que se anticipen posibles fallas en los transformadores. Sobre esta idea, consideramos que la actividad de nuestra comunidad también 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. Para ello, realizan comparaciones entre las diferentes muestras de aceite del transformador de manera que se analicen los incrementos en las concentraciones.

Consideramos que en esta situación de variación se analiza la simultaneidad de la derivada, ya que mediante el procedimiento de comparación de estados, se analiza la velocidad de incremento de los gases, así como la concavidad de la curva. Lo que es un análisis de la función y sus dos derivadas (primera y segunda), que nos lleva a pensar que implícitamente en el análisis que realiza nuestra comunidad está presente la analiticidad de las funciones.

Sin embargo, estas dos situaciones Transformación y Variación no son independientes en el trabajo de nuestra comunidad, sino que la argumentación del comportamiento tendencial, genera herramientas para la argumentación de la predicción; ya que a partir 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.

Podemos resumir el análisis de la actividad de nuestra comunidad en la figura 5.3.2.



Figura 5.3.2. Actividad de nuestra comunidad a la luz de la Socioepistemología

Por tanto, los modelos gráficos que emplea la comunidad, permiten 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.

En este sentido, podemos robustecer nuestro modelo de Comunidad de Conocimiento Matemático de la Ingeniería Química que formulamos en el capítulo anterior, de tal forma que entren en juego las dos categorías de conocimiento que identificamos, comportamiento tendencial y predicción centradas en los usos de conocimiento matemático empleados en el trabajo del ingeniero, la estabilidad y la simultaneidad.

En la figura 5.3.3. se muestra el modelo de CCM(IQ) robustecido.

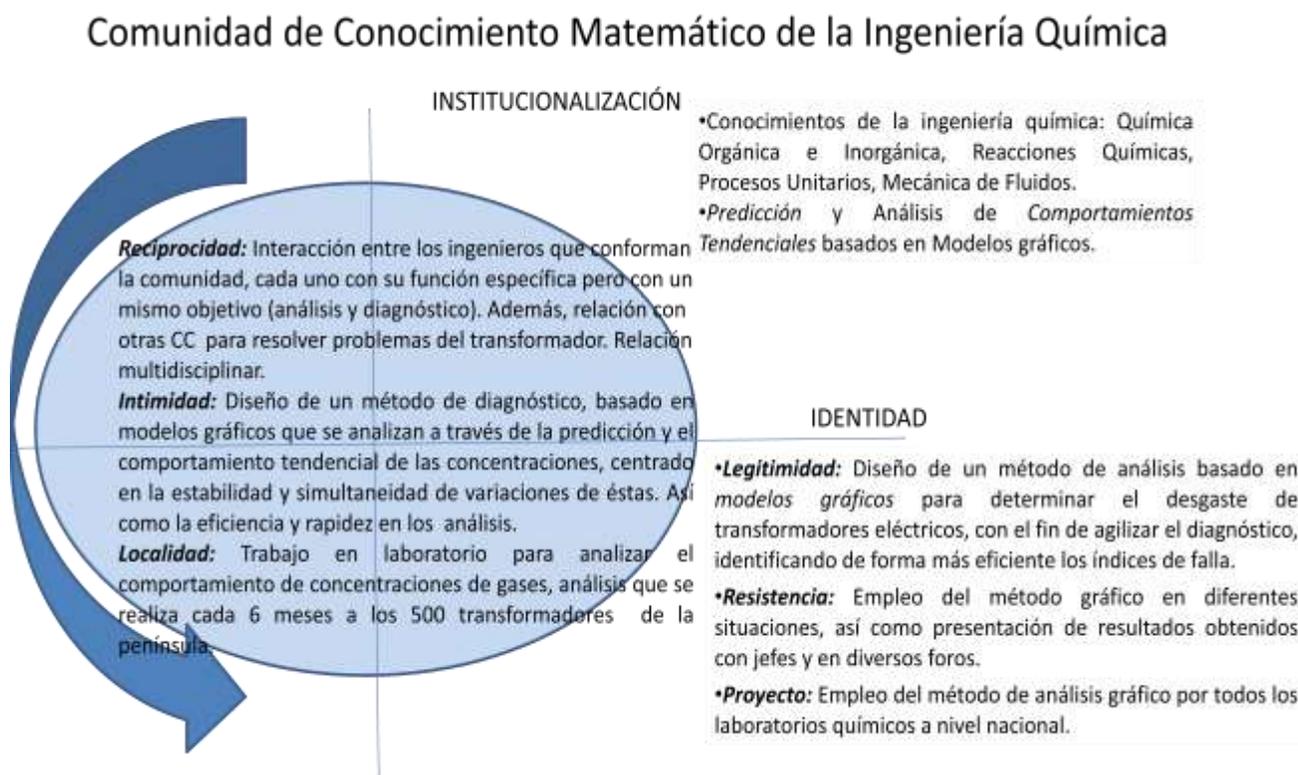


Figura 5.3.3. Modelo de CCM de la IQ robustecido

Con base en el modelo anterior, podemos observar que los conocimientos matemáticos empleados por nuestra Comunidad de Conocimiento Matemático de la Ingeniería Química en su trabajo de diagnosticar el estado de los transformadores eléctricos de la península de Yucatán son: la Simultaneidad de variaciones y la Estabilidad. Sin embargo, estos conocimientos no son aislados, sino que se encuentran enmarcados en la categoría de

modelación-graficación, ya que es a partir de modelos gráficos que modelan las concentraciones de los gases disueltos en el aceite, de donde se realiza el análisis de comportamientos tendenciales para hacer predicciones cuyo foco son tales conocimientos matemáticos.

CAPÍTULO VI:

Conclusiones y Reflexiones



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

6.1 CONCLUSIONES

Con base en los usos exhibidos en el capítulo anterior, se concluye que nuestra unidad de análisis expresada en el modelo de CCM nos permite identificar y evidenciar $U(CM)$ desde una comunidad de conocimiento específica.

Además, se identificó que las categorías, comportamiento tendencial, modelación-graficación y predicción están íntimamente relacionadas, tanto que en el trabajo específico de una comunidad de ingenieros químicos se pudieron evidenciar. Del mismo modo, con base en los resultados que se obtuvieron, se propone a la simultaneidad como un elemento que se puede incluir en la categoría modelación-graficación, ya que se considera que ésta, sería el paso de la categoría de modelación-graficación a la categoría de predicción.

Esto se propone de esa manera porque en los resultados se muestra cómo el análisis de la simultaneidad de variaciones, presentada en los modelos gráficos, permite a la comunidad realizar predicciones respecto al estado de los transformadores. Dado que el uso de la simultaneidad de variaciones, está en la determinación de la posible falla del transformador.

En la figura 6.1. se expresa la relación que proponemos entre la modelación-graficación y la predicción pasando por un análisis de la simultaneidad de variaciones.

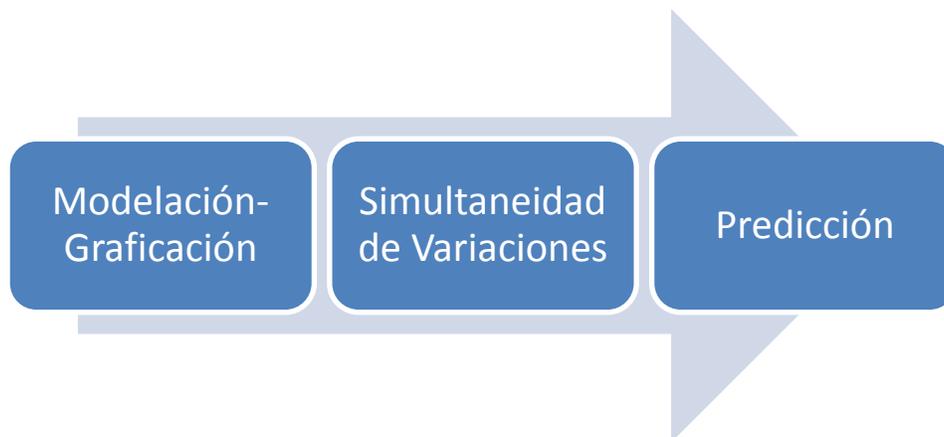


Figura 6.1. Propuesta de incluir a la simultaneidad como enlace entre las dos categorías

Por otro lado, en el primer capítulo nos planteamos como objetivos del estudio:

- a) *Caracterizar a una Comunidad de Conocimiento de la Ingeniería Química, de manera que se identifique su uso del conocimiento matemático en una situación específica propia de su trabajo.*
- b) *Formular que esas caracterizaciones e identificaciones de usos componen elementos para la construcción de Marcos de Referencia para el RdME.*

Considerando como pregunta de investigación:

¿Con una situación específica de variación, propia del trabajo de unos ingenieros químicos industriales, en un laboratorio químico de control, en la CFE, región peninsular, cómo usan la simultaneidad de la derivada y la estabilidad?

Después de caracterizar a la CCM y de analizar el trabajo que realiza, se pudo identificar que la simultaneidad de la derivada, no engloba todo el conocimiento de la simultaneidad que emplea nuestra comunidad, ya que como se mencionó, al mismo tiempo que se analiza cada una de las gráficas, se hace un análisis en simultaneo de todas las gráficas analizando los comportamientos en conjunto, en este sentido, consideramos que el nombre más adecuado sería simultaneidad de variaciones, ya que este engloba los dos niveles de la simultaneidad.

Así, podemos concluir que en el escenario del trabajo, sí se consideran las variaciones de manera simultánea y éstas están íntimamente relacionadas con la estabilidad; a diferencia del escenario escolar en el que el dME al abordar el tema de derivadas, presenta técnicas de derivación y derivadas de diferente orden como una iteración, sin considerar que se puede hablar de todas las variaciones de manera simultánea. En el estudio evidenciamos las dos primeras derivadas, a través del análisis de modelos gráficos en los que se analizan comportamientos.

Al mismo tiempo, en lo que respecta al uso de las gráficas por parte de la CCM se identifica un desarrollo de usos, ya que en un principio eran empleadas como control

estadístico, y posteriormente, las gráficas se resignifican a través del uso de modelos gráficos para la realización de los diagnósticos.

En este sentido, la simultaneidad y la estabilidad se resignifican también a través del análisis de modelos gráficos, donde no se mira movimiento pero sí se hace un análisis profundo de las variaciones, en donde los argumentos de predicción y comportamiento tendencial se desarrollan en torno a dichos conocimientos.

Además, del trabajo analizado, diagnóstico de transformadores, se pudo identificar cómo en una misma actividad conviven dos situaciones generadoras del cálculo, transformación y variación, así como las categorías de comportamiento tendencial y predicción, las cuales como menciona Cordero (2001 y 2008), no son consideradas en el dME. Evidenciando que la situación de aproximación que es la que promueve dicho discurso no se presenta en la actividad de nuestra comunidad.

Dichas categorías, surgen en el trabajo al buscar explicaciones sobre el estado de un transformador eléctrico, en donde se presentan diferentes tipos de modelos gráficos que responden a diferentes situaciones y a diferentes gases, en donde los usos referentes a la estabilidad y simultaneidad surgen cuando se intenta diagnosticar los equipos.

La identificación de los usos se logra, al hacer a un lado la atención del objeto matemático y centrarse en las prácticas que lo generan. Dichos usos, son los elementos que deben considerarse como marco de referencia para el RdME.

Finalmente, se evidenció que nuestra CCM(IQ) pone en juego las tres acciones principales de la ingeniería propuestas por Herrera y Cajas, Diseño, Ejecución y Control; esto a través del diseño y ejecución del método gráfico y del control del estado de los transformadores.

6.2 REFLEXIONES

Se considera que el trabajo realizado abre brecha para la realización de nuevos estudios en el escenario del trabajo, ya que los resultados que se obtuvieron fueron muy interesantes, pues a pesar de que nuestra comunidad no consideraba que empleaba conocimiento matemático, se pudo identificar que si hay conocimiento matemático involucrado, pero no

el conocimiento como se presenta en la escuela, sino un conocimiento matemático funcional. En este sentido, la comunidad no logra identificar los usos de conocimiento que realizan como matemáticos.

Bajo esta idea, el diseñar situaciones en las que se involucre los usos que hemos identificado, permitirá un acercamiento de la matemática funcional al escenario escolar.

Lo que sigue en la investigación

Consideramos que, con base en los usos del conocimiento que se identificaron a partir del presente estudio, sería interesante diseñar situaciones en las que se reconozcan las argumentaciones de predicción y comportamiento tendencial, en las que se pongan en juego los conocimientos de estabilidad y simultaneidad.

Además, como se mencionó en el capítulo I y capítulo III, la Teoría Socioepistemológica pretende construir un nuevo marco de referencia para el rediseño del discurso Matemático Escolar (RdME). Esto, mediante el estudio y la identificación del uso del conocimiento matemático en diferentes escenarios como son, la escuela, el trabajo y la ciudad, todo ello con la idea de proveer de suficiente evidencia que nos permita entender los elementos del uso del conocimiento matemático, como son funcionamientos y formas.

En la presente investigación nos centramos en el uso de la simultaneidad de variaciones y de la estabilidad en el trabajo de una Comunidad de Conocimiento de Ingenieros Químicos ubicada en la GRTP de la CFE. Sin embargo, aun no conocemos cuál es el uso de esos conocimientos matemáticos en el escenario escolar de los ingenieros químicos y mucho menos, cómo usa la simultaneidad y la estabilidad un ingeniero químico en su cotidiano.

En este sentido, consideramos interesante estudiar cuáles son los usos de conocimiento que ocurren en tales escenarios, con el fin de robustecer la presente investigación y poder hacer un análisis transversal de los usos del conocimiento en los tres escenarios, escuela, trabajo y ciudad. De manera que se puedan realizar diseños más fundamentados en los que se pongan en juego las categorías y los conocimientos matemáticos que hemos identificado.

Referencias



REFERENCIAS

- Adams, R., Evangelou, D., English, L., Dias de Figueiredo, A., Mousoulides, N., Pawley, A., Schifellited, C., Stevense, R., Svinickif, M., Martin, J. y Wilson, D. (2011). Multiple Perspectives on Engaging Future Engineers. *Journal of Engineering Education*. 100(1), 48–88.
- Arendt, H. (2005). *La condición humana*. España: Paidós.
- Bucay, B. (2001). Apuntes de la historia de la química industrial en México. *Journal of the Mexican Chemical Society*. 45(003), 136-142.
- Bucciarelli, L. (1994). *Designing engineers*. Boston: MIT Press.
- Buendía, G. y Cordero, F. (2005). Prediction and the periodical aspect as generators of knowledge in a social practice framework. A socioepistemological study. *Educational Studies in Mathematics*, 58(3), pp. 299-333.
- Cabrera, L. (2009). *El Pensamiento y Lenguaje Variacional y el desarrollo de Competencias. Un estudio en el marco de la Reforma Integral de Bachillerato*. Tesis de Maestría no publicada. Departamento de Matemática Educativa, Cinvestav-IPN, México.
- Cajas, F. (2001). The Science/Technology Interaction: Implications for Science Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*. 38, 1 –15.
- Cajas, F. (1999). Public understanding of science: using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*. 21(7), 765–773.
- Cajas, F. (2006). *Construyendo Ingenierías Relevantes*. Ponencia presentada en el Congreso Venezolano de Educación de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo Venezuela.
- Cajas, F. (2008). *Mejorando el aprendizaje de ingeniería*

- Cantoral, R. (2004). Desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional. Una mirada socioepistemológica. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. 17, 1-9. México D.F.: Clame.
- Cantoral, R. y Farfán, R. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. 6 (1), 27-40.
- Carraher, T., Carraher, D. y Schliemann, A. (1991). En la vida 10, en la escuela 0. En siglo XXI editores.
- CFE y la electricidad en México*. (s.f.). Recuperado el 15 de marzo de 2013, de http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx
- Cordero, F. (1998). El entendimiento de algunas categorías del conocimiento del cálculo y análisis: el caso del comportamiento tendencial de las funciones. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. 1(1), 56-74.
- 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), pp. 103-128.
- Cordero, F. (2003). Lo social en el conocimiento matemático: los argumentos y la reconstrucción de significados. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. Clame. 16(1), 73-78.
- Cordero, F. (2006). La modellazione e la rappresentazione grafica nell'insegnamento apprendimentodella matematica. *La Matematica e la sua Didattica*. Anno 20, n.1, 59-79.
- Cordero, F. y Flores, R. (2007). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Un estudio socioepistemológico en el nivel básico a través de los libros de texto. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(1), pp. 7-38.

- 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. y Suárez, L. (2008). Elementos teóricos para estudiar el uso de las gráficas en la modelación del cambio y de la variación en un ambiente tecnológico. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*. 3(1), 51-58.
- Cordero, F.; Cen, C. y Suárez, L. (2010) Los funcionamientos y formas de las gráficas en los libros de texto: una práctica institucional en el bachillerato. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 13(2):187-214
- 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.
- García, E. (2008). Un estudio sobre los procesos de institucionalización de las prácticas en ingeniería biomédica. Una visión socioepistemológica. Tesis de Maestría no publicada, Departamento de Matemática Educativa, CINVESTAV- IPN. México, DF.
- Gómez, K. (2009). Los procesos de difusión del conocimiento matemático en el cotidiano. Un estudio socioepistemológico. Tesis de Maestría no publicada, Departamento de Matemática Educativa, CINVESTAV- IPN. México, DF.
- 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.

- González, L. (s.f.). Aproximación a la filosofía de Hegel. Recuperado el 25 de Julio de 2013 en <http://www.uca.edu.sv/facultad/chn/c1170/aproximacionahegel.html>
- Herrera, R. (1989). La practica tecnológica. *Revista de Filosofía, Universidad de Costa Rica*, 17(66), 349-359.
- Herrera, R. (1996). Ingeniería. 5(1): 39-51. *Revista de la universidad de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Kastenberg, W., Hauser-Kastenberg, G. y Norris, D. (2006). An Approach to Undergraduate Engineering Education for the 21st Century. 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.
- Lappalainen, P. (2011). Development cooperation as methodology for teaching social responsibility to engineers. *European Journal of Engineering Education*. 36(6), 513-519.
- Layton, E. T. (1986). *The revolt of the engineers: Social responsibility and the American engineering profession*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- López, S. (2012). *La matemática del ciudadano*. Tesis de maestría no publicada, Cinvestav-IPN, México.
- Marx, C. (1867). *El capital*. Londres, Inglaterra: Autor.
- Mirón, H. y Cantoral, R. (2000). Sobre el estatus de la noción de derivada: de la epistemología de Joseph Louis Lagrange al diseño de una situación didáctica. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. 3(003), 265-292.
- Morales, A. & Cordero, F. (s.f.). La graficación-modelación y la serie de Taylor. Una socioepistemología del cálculo. Artículo aceptado en la *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, en proceso de publicación.
- Morales, C., Velásquez, C., Grijalva, C., Coyoy, E., Ordoñez, A., Rivera, J., Hernández, O., Flores, E., Hernández, V. y Cajas, F. (S.f.). *Prácticas iniciales: un nuevo reto para ingeniería*.

- Noguera, J. (2002). El concepto de trabajo y la teoría social crítica. *Papers*. 68, 141-168.
- Pafko, W. (2000). "Chemical Engineering Then & Now." *Chemistry In Australia*. Royal Australian Chemical Institute. 67(6), 17-22.
- Parra, T. (2008). El uso de las gráficas en la ingeniería. Una resignificación de la derivada. Tesis de Maestría no publicada, Departamento de Matemática Educativa, cinvestav-IPN. México, DF.
- Richter, J. (2011). El concepto ampliado de trabajo: los diversos trabajos. *Gaceta Laboral*. 17(2), 169-189.
- Seminario sobre Divulgación de la Ciencia y la Tecnología (1999). Primer seminario sobre divulgación de la ciencia y la tecnología. Auditorio Bruno Mascanzoni, México, D.F., enero. Instituto Mexicano del Petróleo.
- Silva, H. (2010). Matemática Educativa, identidad y Latinoamérica: el quehacer y la usanza del conocimiento disciplinar. Tesis de maestría no publicada, Cinvestav-IPN, México, D.F, México.
- Soto, D. & Cantoral, R. (2011). Exclusión en el discurso matemático escolar. El caso del teorema de L'Hospital. Memoria de la XIV Escuela de Invierno en Matemática Educativa, Zacatecas, Zacatecas, México. 82-89.
- Soto, D., Gómez, K., Silva, H. y Cordero, F. (2012). Exclusión, cotidiano e identidad: una problemática fundamental del aprendizaje de la matemática. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 25, 1041-1048.
- Tuyub, I, Cordero, F. y Cantoral, R. (2009). Un estudio socioepistemológico en la práctica toxicológica. En P. Lestón (Ed.). *Actas Latinoamericanas de Matemática Educativa*. 22,1245-1254, México.
- Tuyub, I. y Cantoral, R. (2012). Construcción Social del Conocimiento Matemático durante la Obtención de Genes en una Práctica Toxicológica. *Bolema*, Rio Claro. 26(42A), 311-328.

- Valencia, A. 2004. La relación entre la ingeniería y la ciencia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. Colombia. 031, 156-174.
- Vázquez, E. (2011) Funcionalidad de la estabilidad en la Biología. Un estudio socioepistemológico. Tesis de maestría no publicada, Cinvestav, México.
- Zaldivar, J. y Cordero, F. (2011). Un estudio de la construcción de conocimiento matemático en escenarios de divulgación de la ciencia [Resumen]. Documento presentado en XIV escuela de invierno de Matemática Educativa, Zacatecas, Zacatecas, México.